

REGIONE ABRUZZO



COMUNE DI CARPINETO SINELLO

(PROVINCIA DI CHIETI)

LAVORI DI BONIFICA E/O MESSA IN SICUREZZA EX DISCARICA COMUNALE DI CARPINETO SINELLO IN LOCALITA' COLLE MULINO

PROGETTO DEFINITIVO

D.P.R. 05.10.2010 n° 207

PROGETTISTA E D.LL.	IL COMMITTENTE
EUROS S.R.L. - Società di Engineering <i>Direttore Tecnico Dott. Arch. Giampiero Garzarella</i>	COMUNE DI CARPINETO SINELLO <i>(Sig. Antonio Colonna)</i>
Geol. Fabio Ferri	IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
	Dott. Arch. Bologna Alessandro
Collaborazione: Geol. Fabio Ferri	

NOME ALLEGATO	TITOLO ALLEGATO
ALL. C	RELAZIONE GEOLOGICA

eodos s.r.l. <small>SOCIETÀ DI INGENNERING</small> euroengineering@virgilio.it recapito fisso 0871 801146-407049 fax 0871 801758 Il Direttore Tecnico Dott. Arch. Giampiero Garzarella			 <small>SISTEMA DI GESTIONE CERTIFICATO UNI EN ISO 9001:2008 certificato n° 9320-A</small>		 <small>ACCREDIA LENTI ITALIANO DI ACCREDITAMENTO</small>		CODICE PROGETTO	FASE PROGETTUALE	SIGLA ALLEGATO	
					<div>12437</div>		<div>PD</div>	<div>GEOL</div>		
DATA	REVISIONE	SCALA	FASE REDAZIONE		DIREZIONE LAVORI		APPROVATO RESP. DI COMMESSA			
	DATA						GG1			
Marzo 2013	NUMERO						VERIFICATO RESP. TECNICO			
	-						GG1			
							CONTROLLATO RESP. D'ITINERARIO			
							GG1			
							ELABORATO RESP. DI SVILUPPO			
							FF			

PROGETTO DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA
EX – DISCARICA COMUNALE IN LOCALITA' COLLE MULINO

RELAZIONE GEOLOGICA

INDICE:

1	Premessa.....	5
2	Metodologia di studio.....	5
3	Riferimenti cartografici	6
4	Geologia.....	6
4.1	Descrizione del programma di indagine e caratteristiche geologiche dell'area di intervento.....	7
5	Aspetti geomorfologici dell'area di intervento e morfometria del dissesto.....	12
6	Idrografia e idrogeologia.....	19
7	Sismicità.....	21
8	Ricostruzione del quadro morfoevolutivo dell'area e cause dei dissesti.....	31
9	Raccomandazioni progettuali ed esecutive.....	32
10	Conclusioni.....	32
	Bibliografia.....	33

1 PREMESSA

Il presente elaborato, raccoglie i risultati dello studio geologico per il progetto di bonifica e messa in sicurezza permanente dell'area della ex-discarica comunale in località Colle Mulino del comune di Carpineto Sinello (CH) i cui risultati sono raccolti e descritti nel presente elaborato.

Scopo del presente studio è quello di definire il modello geologico del sito e valutare la compatibilità delle opere con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche dell'area per accertare la fattibilità dei lavori in progetto.

2 METODOLOGIA DI STUDIO

In una prima fase, si è provveduto al reperimento e alla consultazione della cartografia topografica e geologica del sito oggetto di interventi.

Successivamente, attraverso rilevamenti geologici e geomorfologici dell'area in esame, si è provveduto ad identificare le formazioni geologiche presenti e i rapporti stratigrafici delle stesse, inoltre sono state rilevate le forme, i depositi e i processi di natura geomorfologica. Nelle precedenti fasi di studio dell'area della ex- discarica comunale, sono state condotte due campagne di indagine geologico – ambientale descritte nelle seguenti sessioni dell'elaborato presente. Le indagini sono state eseguite al fine di accertare la natura ed i rapporti stratigrafici dei litotipi costituenti il sottosuolo per la formulazione di un modello geologico – tecnico, indispensabile all'esame delle problematiche studiate per accertare la compatibilità delle opere in progetto.

I risultati dello studio sono stati raccolti e riportati nel presente elaborato che fa riferimento alla seguente normativa:

- Legge nr. 64 del 02/02/1974
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- L.R. n. 18 del 12 aprile 1983 – art. 25
- D.M. 16 gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- L.R. n. 138 del 17 dicembre 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- UNI ENV 1997–1 EUROCODICE 7
Progettazione geotecnica.
- UNI ENV 1998–5 EUROCODICE 8
Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 - 20 marzo 2003
Criteri per l'individuazione delle zone sismiche - Individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 - 20 marzo 2003
Norme per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni.
- Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica, Linee guida (A.G.I., 2005, Ed. provvisoria)
- D.M. 14.09.2005
Testo Unico – Norme tecniche per le costruzioni
- D.L. 03.04.2006, n 152
Norme in materia ambientale
- D.M. 14.01.2008
Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617
Istruzioni per le applicazioni delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14.01.2008

3 RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

Il sito in esame è localizzato in catasto sul Foglio n. 10, Particelle n. 100, 101, 102 e 104, è raggiungibile percorrendo circa m 300 dal centro di Carpineto Sinello sulla Strada Comunale per il cimitero (a nord del paese). L'area è collocata a circa m 292 s.l.m., prossima ad un corpo di frana (colamento) in stato di quiescenza.

La cartografia di riferimento è riportata sui Fogli 371 E e 371 O (scala 1 : 25.000).

Le coordinate geografiche (WGS 84) sono le seguenti:

	Gradi sessagesimali	Decimal degrees
Latitudine:	42°00'54" N	42.01
Longitudine:	14°30'05" E	14.5

La cartografia topografica di riferimento, è rappresentata dal Foglio 148, III quadrante, scala 1 : 25.000 a cura dell'I.G.M..

Per quanto riguarda la cartografia geologica, i riferimenti sono il Foglio 148 "Vasto" ([A. MALATESTA](#), 1968) della Carta Geologica d'Italia e la Carta Geologica Dell'Abruzzo ([L. VEZZANI](#) & [F. GHISETTI](#), 1997) tutte a scala 1 : 100.000.

Sono state consultate le cartografie tematiche allegate al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico "*Fenomeni gravitativi e processi erosivi*" a cura della Regione Abruzzo, in particolare la Carta Geomorfologica (Tavola GM, Foglio 371E) e la Carta Della Pericolosità (Tavola P, Foglio 371E).

Ulteriore contributo allo studio, è stato apportato dalla Carta Delle Caratteristiche Morfometriche Dell'Abruzzo Sud – Orientale ([L. D'ALESSANDRO](#) e [A. PANTALEONE](#), 1987).

4 GEOLOGIA

L'area in esame si sviluppa nel settore a sud est del Monte Maiella che rappresenta la più esterna tra le unità carbonatiche presenti nel segmento centro meridionale della catena appenninica. Dal punto di vista tettonico questa zona si inquadra nello schema strutturale abruzzese, con scaglie tettoniche embricate a vergenza orientale ([R. CASNEDI et alii](#), 1981), con accavallamenti evidenti in superficie in corrispondenza della catena, ma pure presenti in profondità nell'avanfossa ([U. CRESCENTI et alii](#), 1980).

Per quanto riguarda il contesto geologico strutturale, l'area esaminata è caratterizzata dalla presenza di affioramenti delle formazioni geologiche sotto descritte (da [L. VEZZANI](#) & [F. GHISETTI](#), 1997):

Depositi alluvionali attuali (1): affiorano presso i corsi d'acqua e sono costituiti da materiale limoso, sabbioso e ghiaioso. Olocene.

UNITA' SICILIDI INDIFFERENZiate

Argille varicolori (12): affiorano diffusamente ad ovest del centro storico e a nord del fiume Sinello, si tratta di argille scagliose da rosse a verdi con intercalazioni di micriti calcaree e calcari marnosi e radiolariti in associazione tettonica calciruditi, calcareniti, calcari micritici, gessi e calcarei evaporitici. L'età della formazione risale all'Oligocene inferiore ed è posta in contatto con le formazioni messiniane tramite un fronte di accavallamento orientato circa NNW – SSE delle Unità Sicilidi sulle Unità Molisane, l'Unità Casoli e le Unità dei depositi dell'avanfossa adriatica.

UNITA' DI COLLE DELL'ALBERO – TUFILLO

Flysch di Roccapinalveti (71): si rinvencono ad ovest e a sud dell'abitato di Carpineto Sinello; la formazione è costituita marne argillose e arenarie strutturalmente si presentano in strati centimetrici con intercalazioni di calcareniti fini torbiditiche. La formazione presenta generalmente immersioni a sud e sud ovest, con valori di inclinazioni tra i 10 e i 35 gradi. L'età è messiniana.

Marne ad Orbulina (72), Formazione Tufillo (72b): la formazione affiora estesamente presso il centro storico di Carpineto Sinello ed è costituita da calcilutiti biancastri con intercalazione di marne argillose di colore bluastr e di calcareniti; la formazione verso il basso presenta anche banchi massicci di calciruditi.

Strutturalmente si presentano in strati di spessore variabile da centimetrico a decimetrico, intensamente fratturati (particolarmente nella porzione superiore) con immersione generalmente a nord – est e valori di inclinazione prossimi ai 40°.

La formazione, di età messiniana – tortoniana, è posta ad est in contatto tettonico sulle altre tramite un piano di sovrascorrimento dall'andamento arcuato e orientato NW – SE; si rinvencono *Klippen* della formazione (affioramenti perimetrati da contatto di tipo sovrascorrimento che rappresentano "testimoni" tettonici della formazione originaria con cui hanno perso continuità tramite fenomeni ad

esempio dovuti ad erosione) presso le aree comprese tra l'abitato di Capineto Sinello e Gissi. Ad ovest è in contatto stratigrafico sul Flysch di Roccaspinaveti.

UNITA' DEI MONTI FRENTANI

Successione evaporitica (74): affiorano diffusamente presso l'abitato di Gissi, ad est del sito in esame depositi in prevalenza conglomeratici con gessi passanti verso l'alto a gessareniti. La formazione è di età messiniana.

Formazione di Vallone Ferrato (75): gli affioramenti della formazione si rinvennero ad est dell'abitato di Capineto Sinello, si tratta di litologie marnose e marnose – argillose di colore grigiastro con intercalazioni di arenarie giallastre. La formazione risale al Messiniano – Tortoniano. La formazione è in contatto con la successione evaporitica tramite una superficie di discontinuità per “scollamento”.

Dal punto di vista strutturale, si è riscontrata la presenza di una piega sinforme con asse orientato NO – SE che interessa i depositi della formazione Tuffillo. Analisi di tipo micropaleontologico condotte in precedenza in occasione di studi passati, hanno permesso l'individuazione di una faglia inversa che pone in contatto i depositi della formazione Tuffillo con quelli della formazione Agnone.

L'intensa attività tettonica registrata nell'area, la presenza di depositi argillosi che favoriscono l'innesco di fenomeni gravitativi, hanno determinato la genesi di evidenti sistemi di fratturazione dei depositi litoidi. Il principale sistema presenta orientazione NE – SO con inclinazione subverticale; questo sistema è perpendicolare all'asse della piega.

4.1 DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DI INDAGINE E CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area in esame, è stata oggetto di indagini geologico – ambientali finalizzate alla ricostruzione del modello geologico del sito e alla sua caratterizzazione ambientale. Le indagini sono state eseguite in fasi distinte dall'anno 2008 al 2013 articolate come nel seguente diagramma:

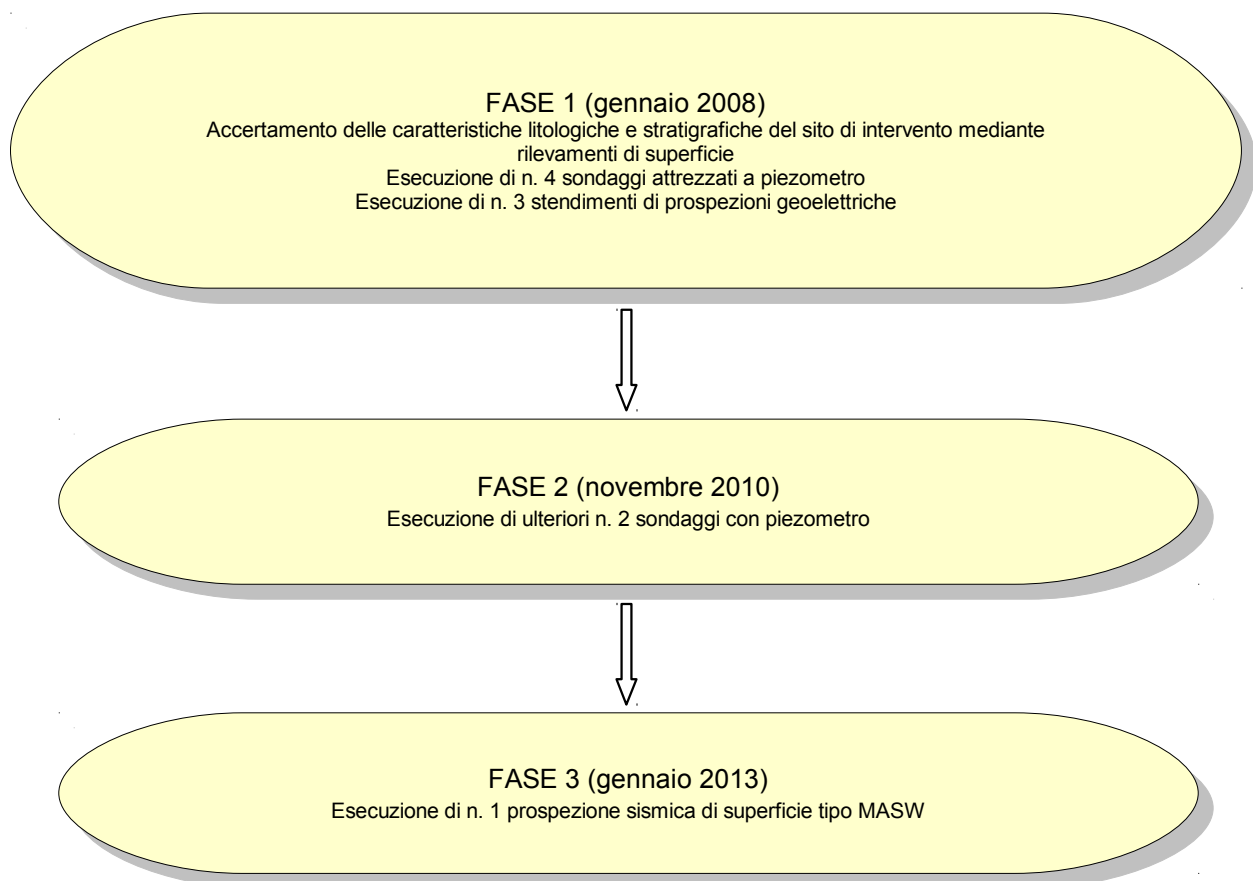


Diagramma 1 – Schema progettazione indagini

Si sintetizza di seguito la campagna di indagine condotta:

CAMPAGNA DI INDAGINE ESEGUITA NEL SITO DI INTERVENTO

<i>Tipologia indagine</i>	<i>Finalità delle indagini</i>
N. 6 sondaggi geognostici	Individuazione diretta della natura litologica dei terreni costituenti il sottosuolo e determinazione dei rispettivi assetti stratigrafici
Installazione di n. 6 tubi piezometrici nei fori di sondaggio	Monitoraggio della falda idrica
Prospezioni geoelettriche di superficie	Determinazione della elettrostratigrafia, individuazione delle morfologie sepolte
Prospezioni sismiche di superficie MASW, REMI	Determinazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche, del parametro Vs30 (ai sensi del D.M. 14.01.2008) e ricostruzione della sismostratigrafia

Tabella 1 – Sintesi indagini svolte nell'area in esame

Le prospezioni elettriche, sono state eseguite con la seguente disposizione elettrodisca:

<i>NOME LINEA</i>	<i>LUNGHEZZA (M)</i>	<i>NUMERO ELETTRODI</i>
CS1	46.0	24
CS2	23.0	24
CS3	23.0	24

I risultati elaborati, hanno consentito di individuare:

- orizzonte superficiale con spessore compreso tra 1 m e 2 m contraddistinto da valori di resistività molto variabili tra 15 – 400 ohm*m. tale orizzonte corrisponde alla parte sommitale della discarica fortemente alterata con grado di umidità variabile
- secondo orizzonte con resistività molto bassa 5 – 10 ohm*m e spessore di circa 5 metri tali valori di resistività e di geometria indicherebbero questo livello come il corpo di accumulo del materiale di discarica
- il terzo orizzonte contraddistinto da valori resistività medio alti 150 – 1500 ohm*m potrebbe indicare il passaggio al substrato di appoggio del corpo di discarica. tale livello non è stato riscontrato nelle linee 2 e 3 a causa della limitata estensione della stessa.

La prospezione MASW – REMI, ha individuato i seguenti sismostrati:

<i>Sismostrato (n)</i>	<i>Profondità base strato (m)</i>	<i>Densità (kg/m³)</i>	<i>Modulo Poisson ν</i>	<i>Velocità onde di taglio (m/s)</i>
1	2	1800	0,35	173,04
2	4	1850	0,35	249,99
3	6	1900	0,35	361,15
4	10	1950	0,25	566,35
5	14	2000	0,20	677,50
6	19	2000	0,20	763,00
7	24	2000	0,20	801,48
8	30	2000	0,20	844,23
9	Non rilevata	2000	0,20	963,93

Tabella 2 – Sintesi sismostratigrafie prospezioni sismiche MASW - REMI

Si riportano di seguito le stratigrafie dei sondaggi effettuati in data 28.09.2007 e 01.10.2007:

Sondaggio geognostico SP1:

<i>Profondità base strato (m)</i>	<i>Descrizione litologica</i>
0,4	Riporto limoso – argilloso bruno
1,7	Riporto sabbioso, ghiaioso e ciottoloso
3,2	Limo argilloso, sabbioso marrone
3,8	Calcareniti con livelli limoso – argillosi
4,3	Limo argilloso, sabbioso marrone
4,9	Livelli ghiaiosi in matrice limosa grigia intercalati da livelli di limo argilloso
10,0	Limo argilloso grigio con livelli ghiaiosi, calcarenitici e arenacei

Sondaggio geognostico SP2:

<i>Profondità base strato (m)</i>	<i>Descrizione litologica</i>
1,5	Riporto sabbioso, ghiaioso e ciottoloso
4,7	Limo argilloso, sabbioso di colore da marrone a grigio
7,0	Ghiaia in matrice limosa grigia
10,0	Limo argilloso di colore da grigio a nerastro

Sondaggio geognostico SP3:

<i>Profondità base strato (m)</i>	<i>Descrizione litologica</i>
1,7	Riporto limoso, sabbioso, ghiaioso e ciottoloso
3,4	Limo argilloso di colore nocciola con livelletti sabbiosi ocracei
4,2	Sabbia giallastra con livelli ossidati ocracei e livelli limosi da nocciola a grigi
6,5	Limo bruno – grigiastro con livelli di sabbia grigi e ocracei (ossidati) e livelli di ghiaia in matrice limosa
10,0	Ghiaia in matrice limoso – argillosa grigia

Sondaggio geognostico SP4:

<i>Profondità base strato (m)</i>	<i>Descrizione litologica</i>
0,6	Copertura vegetale: limo sabbioso bruno con elementi vegetali
1,8	Sabbia limosa giallastra con livelli ossidati ocracei e livelli limosi da nocciola a grigi
3,0	Limo argilloso di colore da nocciola a grigio con livelli sabbiosi giallastri concrezioni calcistiche e ghiaia carbonatica
10,0	Ghiaia prevalentemente carbonatica in matrice limoso – sabbiosa biancastra

La fase di caratterizzazione, ha previsto in data l'esecuzione di ulteriori n. 2 sondaggi geognostici (realizzati in data 23.11.2010) di cui si riportano le stratigrafie:

Sondaggio geognostico SP5:

<i>Profondità base strato (m)</i>	<i>Descrizione litologica</i>
0,4	Riporto: limo sabbioso con ghiaia e ciottoli
5,0	Limo argilloso, sabbioso avano e nocciola con livelletti ossidati ocracei e livelli di calcarenite e rocce fratturate
5,6	Sabbia grossolana marrone con livelli arenacei e rari clasti calcarei
10,0	Argille limose e marnose grigie azzurre con livelli sabbiosi e livelletti biancastri di concrezioni carbonatiche e di calcareniti avano - biancastre fratturate

Sondaggio geognostico SP6:

<i>Profondità base strato (m)</i>	<i>Descrizione litologica</i>
1,0	Riporto: limo sabbioso con clasti calcarei e ciottoli
3,0	Limo argilloso avano con livelletti grigi. Presente rara ghiaia e livelli calcarenitici
4,8	Limo argilloso marrone con livelletti grigi e clasti calcarei eterometrici fino a circa 10 cm; lieve odore di sostanze bituminose a m 3,4 circa.
10,0	Argille limose grigie azzurre consistenti con sottili livelli sabbiosi e livelletti biancastri di concrezioni carbonatiche

I depositi attraversati dalle indagini puntuali condotte, appartengono alla formazione geologica nota come “*Marne ad Orbulina* (72), *Formazione Tufillo* (72b)” descritta in precedenza.

Le indagini eseguite hanno consentito di ricostruire il modello del sottosuolo relativo all'area in esame; sono stati individuati:

AMBIENTE CONTINENTALE

- *Rif - Accumuli di rifiuti* – presentano spessore fino a m 5 circa, collocati all'interno del perimetro di discarica.
- *Rip - Riporto* – derivante dalla coltivazione della discarica, distribuito presso la sua superficie a copertura dei rifiuti.
- *All – Depositi alluvionali* – rilevabili presso l'alveo del fiume Sinello, costituiti da ghiaie prevalentemente carbonatiche, eterometriche, in matrice generalmente sabbiosa di colore da biancastro ad avano, localmente limosa (Olocene – Pleistocene superiore).
- *DF – Depositi di frana* – si rinvengono diffusamente sul versante esaminato, a valle dell'area di discarica; presentano tessiture differenti da limi sabbiosi a ghiaie e coinvolgono sia i depositi superficiali, sia parte del substrato.

AMBIENTE PELAGICO

- *TF – Depositi Formazione Tufillo* – affiorano nell'area di intervento, costituita da calcilutiti biancastri con intercalazione di marne argillose di colore bluastre e di calcareniti; la formazione verso il basso presenta anche banchi massicci di calciruditi; strutturalmente si presentano in strati di spessore variabile da centimetrico a decimetrico, intensamente fratturati (particolarmente nella porzione superiore) con immersione generalmente a nord – est e valori di inclinazione prossimi ai 40°. La formazione è di età messiniana – tortoniana.

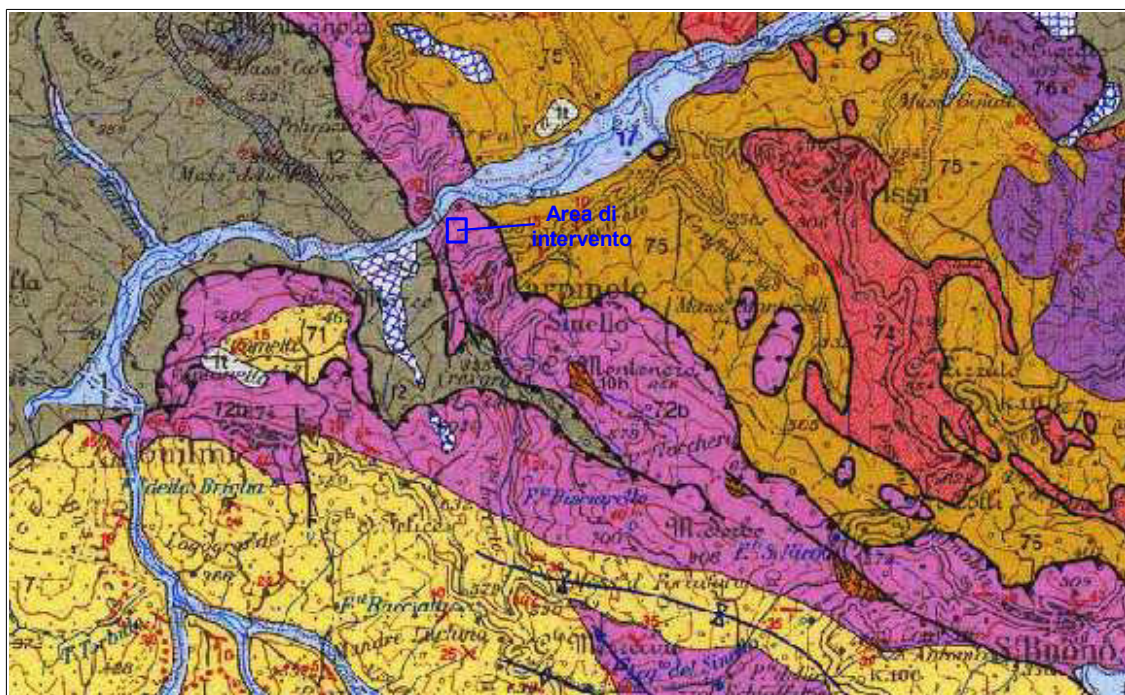
La successione stratigrafica descritta è il risultato successive fasi sedimentarie, di variazioni climatiche e di paleoambienti.

In un dominio pelagico (mare profondo), nell'intervallo di tempo Pliocene superiore – Pleistocene inferiore, si assiste alla deposizione di litotipi caratterizzati da granulometria da fine a finissima (limi e argille) in un contesto di bassa energia.



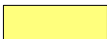



In seguito a sollevamenti tettonici dell'area e alla variazione del livello marino (anche ad opera delle glaciazioni), si passa, nel Pleistocene, ad un ambiente “di transizione” tra il continentale e il pelagico (delta fluviali) caratterizzato da elevata energia di sedimentazione che permette il deposito di materiali a granulometria media e grossolana (sabbie e ghiaie). Si assiste, successivamente, alla mobilitazione di volumi di terreno ad opera di estesi fenomeni gravitativi, originatisi in condizioni morfoclimatiche differenti dalle attuali, successivamente

parzialmente occultati da depositi alluvionali e coperture detritiche. La cartografia tematica e la sezione interpretati va allegata, forniscono una ricostruzione del modello geologico dell'area esaminata.

Si riporta di seguito uno stralcio della Carta Geologica Dell'Abruzzo (L. VEZZANI & F. GHISETTI, 1997) al fine di fornire un quadro generale dell'assetto geologico dell'area:



Legenda:

-  (1) Depositi alluvionali attuali.
-  (12) Argille Varicolori – Oligocene inferiore.
-  (71) Flysch di Roccaspinale – Messiniano.
-  (72b) Formazione Tuffillo – Messiniano – Tortoniano.
-  (74) Successione Evaporitica. Messiniano.
-  (75) Formazione di Vallone Ferrato – Messiniano – Tortoniano.

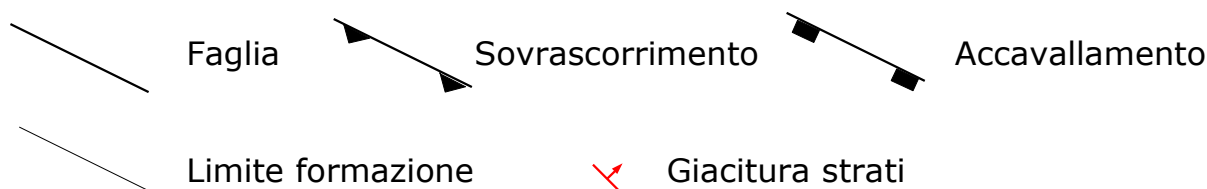


Figura 1 – Carta Geologica Dell'Abruzzo
(da L. VEZZANI & F. GHISETTI, 1997)

5 ASPETTI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA DI INTERVENTO E MORFOMETRIA DEL DISSESTO

L'assetto geomorfologico del territorio esaminato, è notevolmente influenzato dalle caratteristiche litotecniche delle formazioni geologiche affioranti, dalla azione modellante operata dalle acque di ruscellamento superficiale e dalle attività antropiche esercitate.

L'assetto geomorfologico dell'area esaminata, è fortemente influenzato dalle caratteristiche litotecniche delle formazioni geologiche affioranti e dalla azione modellante operata dalle acque di ruscellamento superficiale.

Nel corso dello studio è stata consultata la carta delle caratteristiche morfometriche dell'Abruzzo sud – orientale redatta da [L. D'ALESSANDRO](#) e [A. PANTALEONE](#) (1987) in cui sono riportate le acclività dei versanti:

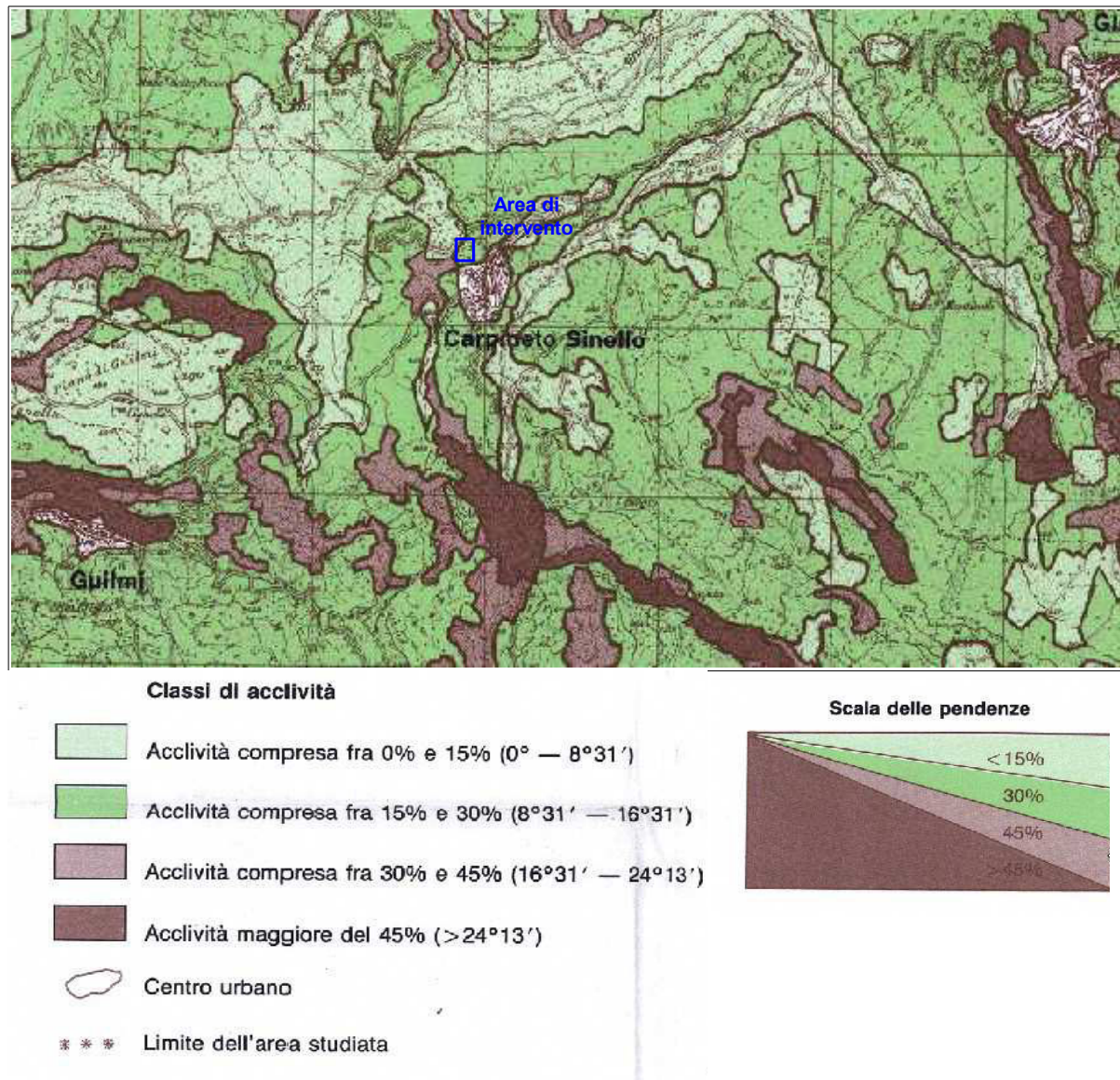


Figura 2 – Carta delle acclività

(da Carta Delle Caratteristiche Morfometriche Dell'Abruzzo Sud – Orientale,
[L. D'ALESSANDRO](#) e [A. PANTALEONE](#) ,1987)

Dai sopralluoghi e dalla visione di cartografie topografiche di dettaglio, si evince che l'area della discarica, presenta, pendenze fino a 16° circa.

La notevole differenza di pendenza è dovuta alle caratteristiche meccaniche dei terreni: presso il castello ducale, affiorano termini più competenti, costituiti da calcareniti e calcari marnosi del complesso flyschioide miocenico; ad est, prevalgono litologie più argillose.

Per la comprensione delle problematiche in esame, si è proceduto ad un rilevamento geomorfologico di dettaglio condotto alla scala 1 : 5.000.

In generale, i principali processi morfogenetici vengono raggruppati in:

- Processi endogeni: tettonici, sismici e vulcanici.
- Processi esogeni (di erosione e di accumulo): gravitativi (movimenti di massa), per acque correnti superficiali, lacustri, eolici, marini, ecc.
- Processi antropici.

Attraverso l'osservazione diretta del paesaggio, sono state analizzate e descritte le forme e i depositi ad esso connessi, in relazione alle caratteristiche litostratigrafiche e strutturali del substrato, cercando di stabilirne la genesi e la successione temporale.

L'analisi geomorfologica dell'area è stata effettuata attraverso:

Analisi aerofotografica preliminare dell'area: con l'utilizzo delle foto aeree della Regione Abruzzo, si è ottenuto un quadro morfologico d'insieme dell'area studiata, con l'individuazione delle zone rilevate, delle zone depresse, delle zone pianeggianti ed altre più acclivi, della distribuzione del reticolo idrografico, della presenza di scarpate ed incisioni.

L'osservazione delle foto aeree ha avuto lo scopo di fornire una visione generale dell'aspetto morfologico del territorio, in modo da stabilire un programma di lavoro da seguire in campagna, finalizzato alla rilevazione, interpretazione e attribuzione delle varie forme e depositi relativi, al proprio agente morfogenetico.

Rilevamento di campagna: dall'osservazione diretta delle forme, dei relativi depositi superficiali e dei processi in atto si è giunti alla rappresentazione dei dati raccolti su carta geomorfologica.

L'analisi in campagna ha permesso il riconoscimento diretto delle forme e dei processi legati a diversi agenti morfogenetici; in particolare si è rilevata la presenza predominante delle forme generate dall'azione della forza di gravità e dall'erosione delle acque correnti superficiali.

In seguito all'individuazione di queste forme, si è prestata una particolare attenzione allo stato di attività, fondamentale nella formulazione di ipotesi attendibili circa la futura evoluzione geomorfologica del territorio.

In riferimento alle definizioni dello stato di attività si sono stabilite le condizioni di attività del territorio di Civitaluparella, effettuando osservazioni e confronti tra le diverse forme presenti.

Lo stato di attività delle forme si distingue in:

Attiva quando rientrano in questa definizione tutte quelle forme e depositi legati a processi in atto all'epoca del rilevamento e/o ricorrenti a cicli stagionali.

Quiescenti quando le forme e i depositi sono messi in luce da evidenze geomorfologiche o testimonianze storiche di funzionamento nell'attuale sistema morfoclimatico e morfodinamico e che, non avendo esaurito la loro evoluzione hanno una concreta possibilità di riattivarsi.

Inattive se le forme e i depositi sono riferibili a condizioni morfoclimatiche e morfodinamiche diverse dalle attuali, ed hanno portato a termine la loro evoluzione.

L'attività è stata stabilita dall'osservazione dell'evoluzione della forma considerata, anche in tempi brevi, soprattutto per quanto riguarda i fenomeni connessi con l'azione delle acque correnti superficiali, infatti, in corrispondenza di solchi di erosione, degli alvei in approfondimento, dei calanchi si è notata un'evoluzione, talvolta anche vistosa, soprattutto in corrispondenza dei calanchi.

ANALISI FOTOGRAMMETRICA PRELIMINARE

In fase preliminare, al fine di individuare le principali emergenze geomorfologiche e morfoevolutive dell'area in esame, si è proceduto alla analisi di fotogrammi aerei che hanno coperto un intervallo temporale di 55 anni; in particolare si fa riferimento ai seguenti fotogrammi:

- Volo IGM 1954 – Strisciata n. 72;
- Volo IGM 1976 – Strisciata n. XVIII;
- Volo IGM 1985 – Strisciata n. 136;
- Volo IGM 1991 – Strisciata n. 55;
- Volo Regione Abruzzo 2009 – Strisciata n. 1216.

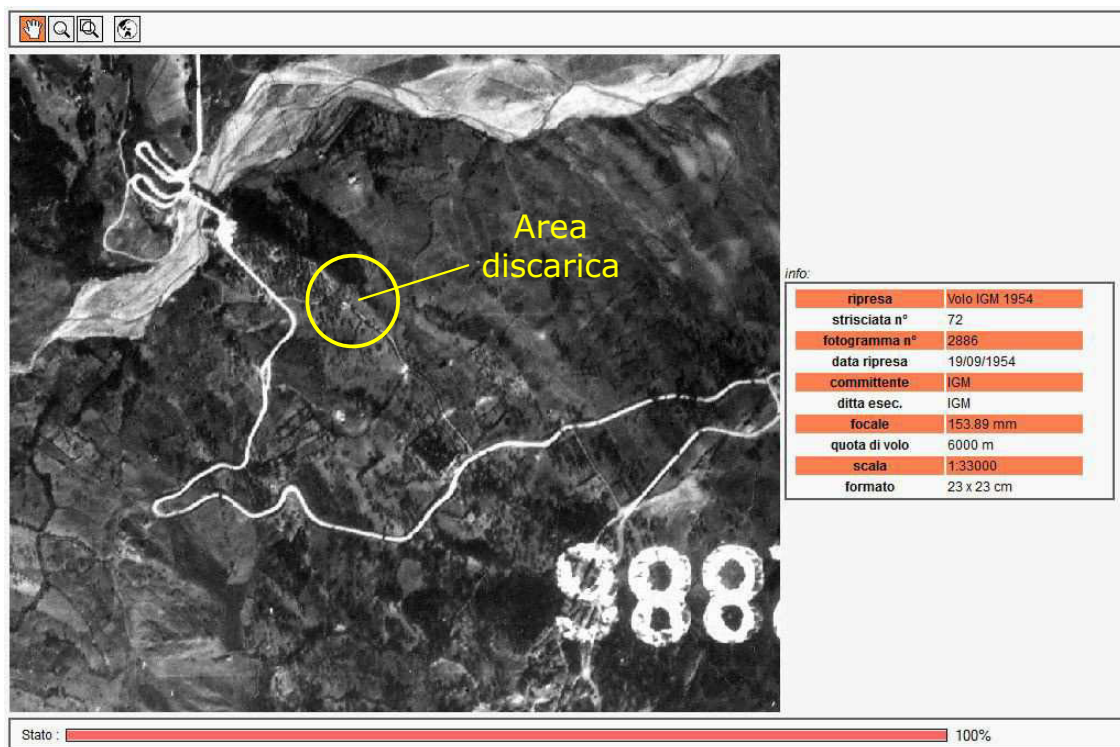


Foto 1 – Fotogramma IGM 1954

Il fotogramma del 1991, mostra l'inizio della realizzazione dell'impianto di discarica:

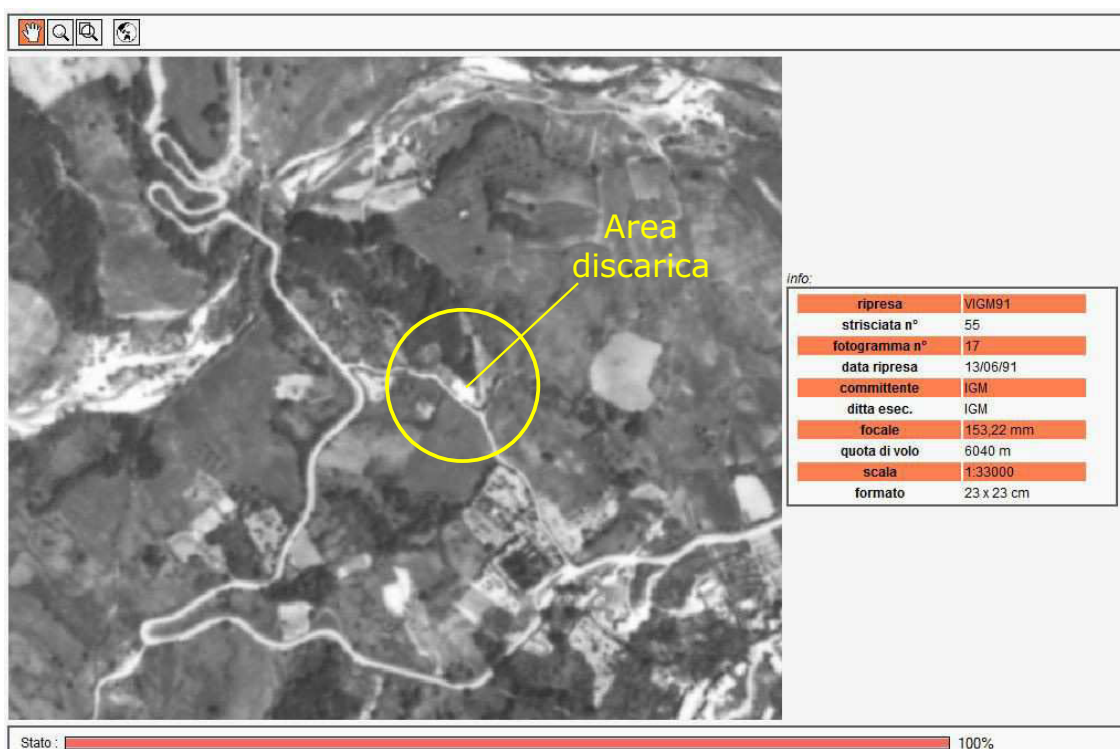


Foto 2 – Fotogramma IGM 1991

L'ultimo fotogramma disponibile (2009), riporta le condizioni morfologiche attuali:

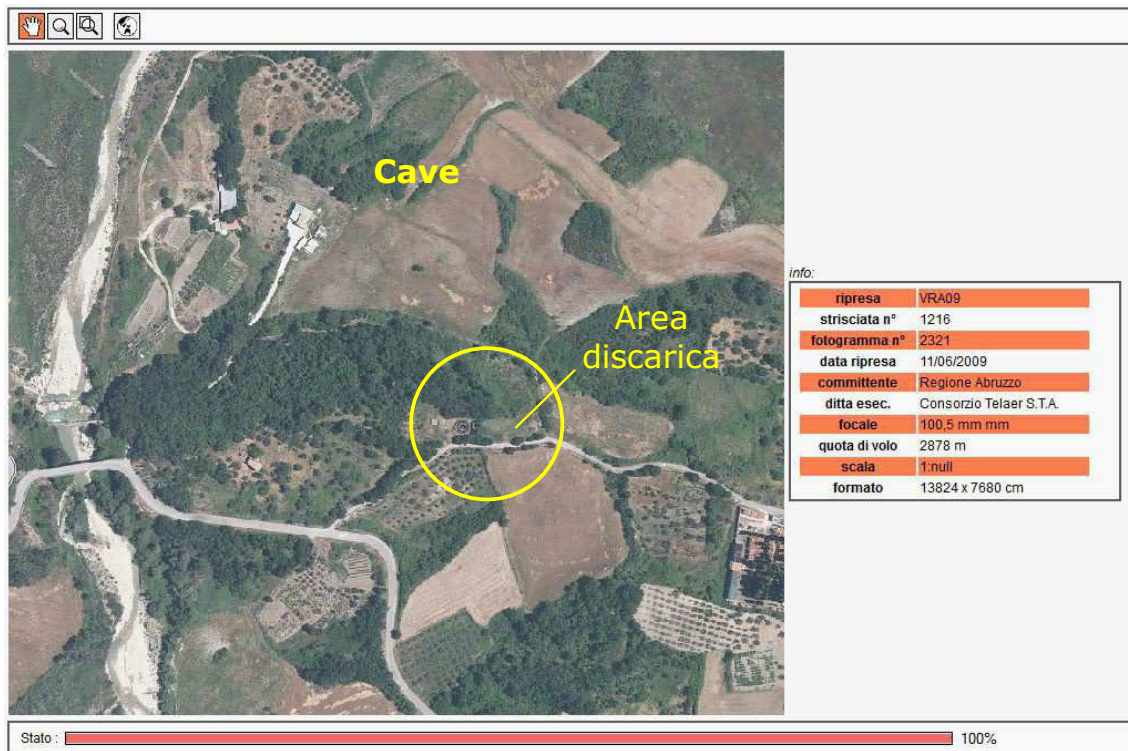


Foto 3 – Fotogramma Volo Regione Abruzzo 2009

Dalla analisi dei fotogrammi, è emerso che le principali modifiche morfologiche, nell'arco del periodo considerato (1954 – 2009) sono imputabili a fattori antropici (realizzazione della discarica, del depuratore e di reti viarie). Non sono emerse variazioni significative imputabili a fenomeni gravitativi in atto (il fenomeno gravitativo a valle della discarica è in stato di quiescenza).

Il modesto dissesto rilevato presso la scarpata della discarica in esame, non è apprezzabile da foto aeree:



Foto 4 – Particolare del tratto di scarpata dissestata a valle della discarica

RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO

Nella fase successiva alla analisi di fotoaeree, è stato condotto un rilevamento geomorfologico di dettaglio che ha permesso di individuare forme, processi e depositi geomorfologici con la conseguente rappresentazione grafica degli stessi.

FORME E PROCESSI LEGATI ALL'ATTIVITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Le acque superficiali incidono in maniera determinante sulla stabilità dei versanti e sulla evoluzione geomorfologica del territorio innescando, molte volte, fenomeni erosivi e di scalzamento al piede con formazione di fenomeni franosi.

Le forme, i processi e i depositi legati a questo tipo di erosione sono in questa zona molto sviluppate, in relazione, naturalmente anche alla natura litologica delle aree interessate; per questo motivo si procederà, di seguito, ad una loro descrizione completa.

Scarpate di erosione fluviale

Rappresentano un elemento geomorfologico piuttosto diffuso nel territorio in esame. Si rilevano presso l'alveo dei corsi d'acqua maggiori quali il Fiume Sinello.

Queste scarpate, rappresentano la azione erosiva esercitata dai corsi d'acqua, sono presenti principalmente sia in forma inattiva (in quanto hanno portato a termine la loro evoluzione, dato che non possono essere più raggiunte dall'azione erosiva delle acque fluviali), a testimonianza dell'evoluzione che ha interessato i corsi d'acqua in seguito al sollevamento generale delle aree mesoadriatiche, sia in forma attiva in prossimità dei corsi d'acqua.

Presso il ciglio delle scarpate, è possibile il verificarsi di fenomeni di crollo di materiale ghiaioso e ciottoloso che si accumula al piede delle scarpate stesse.

PROCESSI, FORME E DEPOSITI LEGATI ALLA GRAVITÀ

L'azione dell'attività gravitativa nell'area in esame interessa le zone che insistono sia su formazioni lapidee, sia su formazioni argillose sabbiose. I fenomeni di instabilità hanno in genere carattere stagionale e le zone interessate possono essere caratterizzate da fenomeni di soliflusso e da fenomeni franosi.

Dissesto presso la scarpata della discarica

Dopo la chiusura della discarica, un dissesto localizzato, ha interessato la scarpata di NE a margine dell'impianto (Foto 4). Il tratto della scarpata interessato è di circa m 15 e presenta altezza comprese tra 3 e 5 metri. L'accumulo di frana è rilevabile presso il piede della scarpata, dove è stato ulteriormente modellato da attività antropiche (realizzazione pista di accesso). Le cause del franamento sono imputabili alla elevata pendenza del tratto di scarpata, al dilavamento superficiale ad opera di agenti meteorici, alle proprietà fisico – meccaniche dei terreni.

Frane

Le frane sono distribuite su buona parte dei versanti come manifestazione più intensa della loro degradazione, coinvolgendo le parti meno superficiali di un pendio fino ad interessare il substrato argilloso. Le azioni che alterano gli equilibri naturali di un versante sono molteplici, le principali cause predisponenti sono quelle connesse ai fattori geologici, morfologici e idrogeologici come la forma e le dimensioni dei corpi geologici, la diversità litologica, la giacitura degli strati, l'alterazione, la permeabilità e la pendenza e quelle determinanti legate alla combinazione di più fattori, compresi quelli dovuti al decadimento delle proprietà meccaniche dei terreni interessati anche a seguito di un evento sismico.

CLASSIFICAZIONE DELLE FRANE PROPOSTA DA VARNES

VARNES propose nel 1978 la classificazione di seguito illustrata che viene da noi applicata nel presente studio.

Detta classificazione, si basa sulla tipologia della superficie di scorrimento e subordinatamente sul tipo di materiale coinvolto nella frana.

DEFINIZIONE DI FRANA SECONDO VARNES: movimento controllato dalla gravità che può essere superficiale o profondo, rapido o lento, in roccia o in terra.

In questa trattazione si terrà conto esclusivamente delle tipologie che coinvolgono l'area esaminata.

Colamenti

La discarica è ubicata immediatamente a monte di un accumulo di frana in stato di quiescenza, cioè non manifesta indizi di movimento, ma non ha terminato il proprio ciclo evolutivo ed in occasione di eventi meteorici e/o sismici può subire riattivazioni.

Il fenomeno individuato è classificabile come "colamento": come indica la parola stessa tali frane danno origine a vere e proprie colate che possono essere in roccia o in terra. In quest'ultimo caso, frequentemente la colata si ha per raggiungimento del limite liquido dei terreni coinvolti (argille, argille limose e limi argillosi). La superficie di scorrimento non è mai ben definita, si parla infatti di "banda di scorrimento".

Tra le cause predisponenti si annotano: substrati argillosi, arenaceo – sabbiosi alterati e coltri eluvio – colluviali accompagnati a morfologia acclive e presenza di acqua; le cause determinanti: incremento delle pressioni interstiziali e raggiungimento del limite plastico.

Il dissesto rilevato, si estende per una superficie di circa m^2 62.500, da quota m 320 s.l.m. circa (presso il cimitero comunale) fino a m 250 s.l.m.. La frana presenta una direzione di movimento principale NNO - SSE ed una lunghezza di circa m 500.

Il dissesto, ha interessato parte della scarpata su cui insiste la discarica determinando un locale franamento della scarpata stessa generando un potenziale rischio di dissesto della discarica con conseguente mobilitazione dell'accumulo di rifiuti.

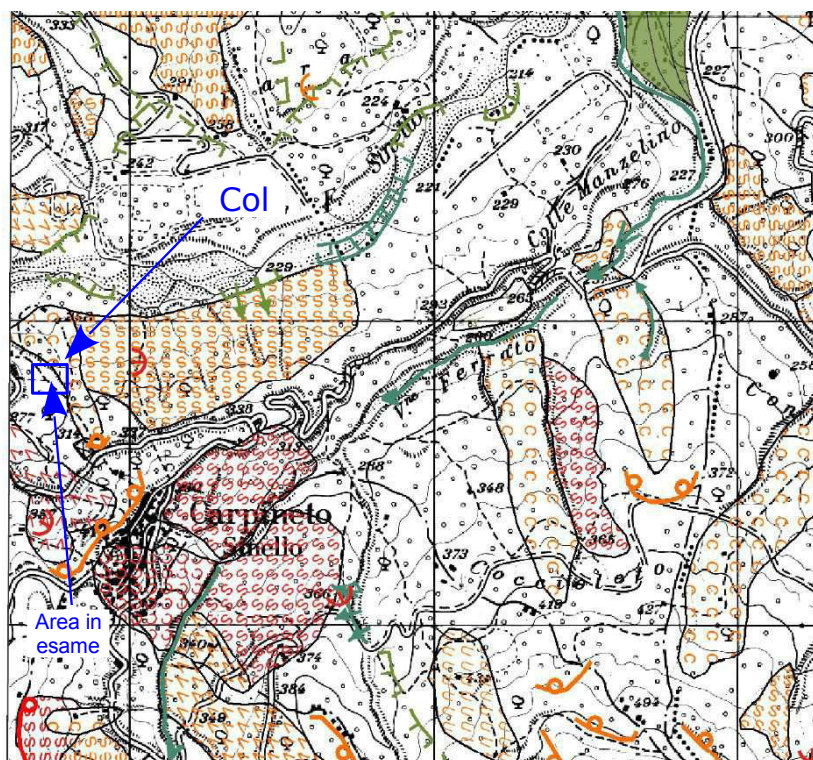


Figura 3 – Stralcio carta geomorfologica PAI (Foglio 371E) con codice identificazione frana Col – frana per colamento

FRANA	FRANA	STATO DI ATTIVITA'		
		ATTIVO	QUIESCENTE	NON ATTIVO
FRANA SEMPLICE	Orto di scarpata di fondo			
	Orto di scarpata con influenza strutturale			
	Orto di scarpata di linea di fuga			
	Orto di scarpata con influenza strutturale provocata da causa di scavo			
FRANA, FRONTO E SPINCHI QUANTO A MOVIMENTO	Orto di scarpata di degradazione s.l.o. di frana			
	Tiriche o fessure			
	Frattura di trazione			
	Verante visibilmente interessato da deformazione profonda			
	Verante interessato da deformazione superficiale locale			
	Corpo di frana di crollo e ribaltamento			
	Corpo di frana di scorrimento			
	(A) Fradici			
	Emersione			
	Corpo di frana di colamento			
	Corpo di frana di genere complesso (ribalti e fenomeni di trasporto di massa)			
	Piccola frana o gruppo di piccole frane non classificate			
FRANA, FRONTO E SPINCHI QUANTO A MOVIMENTO	Orto di scarpata di scissione fluviale o torrentizia			
	Alvei con erosione laterale o spondine in erosione			
	Alvei con tendenza all'approfondimento			
	Solco da raccoglimento concentrato			
	Superficie a valenti e forme ambite			
	Superficie con forme di slivamento prevalentemente glittici			
	Superficie con forme di slivamento prevalentemente convettati			
	Conoidi alluvionali			
	Cono di origine mista			
	Depressione palustre			
FRANA LINEARE	Orline			
	Corpi di doline			
	Inghitività			
FRANA LINEARE	Forme di erosione			
	Forme di accumulo			
FRANA LINEARE	Orto di scarpata			
	Orto di orro			
FRANA LINEARE	Orto di scarpata di erosione recente			
	Orto di scarpata artificiale			
	Tamassamento agrario			
	Stati annessi			
FRANA LINEARE	Lazo artificiale			
	Canali sotterranei naturali s.l.o. antropici			

RIFERIMENTI MOVIMENTO FRANOSO			
Codice identificazione:	Col	Ubicazione:	Comune: Carpineto Sinello (CH) Località: Colle Mulino Note: destra idrografica fiume Sinello
MORFOMETRIA FRANA			
CLASSIFICAZIONE EVENTO FRANOSO E STATO DI ATTIVITA'	COLAMENTO – QUIESCENTE		
Quota massima corona Hc slm (m)	315 circa		
Andamento e orientazione corona	Prevalente E – O		
Quota unghia Hu slm (m)	235 circa		
Lunghezza orizzontale L (m)	485 circa		
Larghezza massima La _{max} (m)	190 circa		
Superficie Totale S _T (m ²)	48.500 circa		
Dislivello (Hc-Hu) Dh (m)	80 circa		
Pendenza massima I _{max} (°)	60 circa, più elevata in corrispondenza delle scarpate		
Pendenza media I _{med} (°)	12 circa		
Azimut movimento a (°)	330°		
Profondità superficie di scorrimento D (m)	Stimata tra m 5 e m 10		
Volume coinvolto nel movimento V (m ³)	Stimato non inferiore a 2.300.000 circa		
Velocità del movimento	Fenomeno in stato di quiescenza con velocità medio elevata in caso di riattivazioni.		
Elementi di identificazione della frana	Presenza coronamento, irregolarità versante, lesioni strade e cimitero comunale		
Posizione della frana sul versante	Testa parte medio - alta del versante, unghia piede del versante		
CARATTERISTICHE DEL VERSANTE			
Profilo (concavo,convesso, regolarizzato, irregolare, cuesta, terrazzo, falesia, altro)	Porzione sommitale a cresta porzione mediana e inferiore piuttosto irregolare con presenza di irregolarità dovute al fenomeno franoso	Rappresentazione schematica versante 	
Inclinazione media (°)	10 - 15		
Esposizione	NNO		
ASPETTI GEOLOGICI			
Litologie coinvolte e aspetti litotecnici	Coltri superficiali limose, sabbiose e ghiaiose, depositi argillosi e calcarenitici		
IDROGEOLOGIA			
Permeabilità litologie (corpo di frana e substrato)	Corpo di frana altamente permeabile per porosità, substrato argilloso praticamente impermeabile, litotipi calcarei fratturati, molto permeabili		
Sorgenti: presenza, caratteristiche e ubicazione nel corpo di frana e nel versante	Non individuate		
Falda: presenza e ricostruzione deflussi idrici	Falda rilevata nel corso delle indagini all'esterno dell'area in frana a profondità comprese tra i m 3,75 e m 8,80 dal piano campagna. Deflusso idrico sotterraneo orientato N, NE e O.		
USO DEL SUOLO			
Cedui matricinati			

Tabella 3 – Scheda morfometrica frana

6 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Uno dei contributi più importanti per la comprensione dei fenomeni legati all'evoluzione geomorfologica e del reticolo idrografico dell'Abruzzo interno è dato da [J. DEMANGEOT](#) nel 1965. Secondo l'Autore, particolare interesse desta l'organizzazione del reticolo fluviale della regione abruzzese; egli ritiene infatti, che i corsi d'acqua della regione possiedano un particolare reticolo idrografico legato a fenomeni di "antecedenza", cioè si parla di un rigonfiamento della superficie della regione abruzzese e della successiva formazione delle catene montuose della zona, contestualmente i corsi d'acqua già esistenti hanno inciso la superficie man mano che essa si sollevava.

Dal punto di vista idrologico, l'equazione che definisce il bilancio è la seguente:

$$P = E + I + R$$

dove:

P = quantitativi di acqua di precipitazione;

E = quantitativi di acqua di evapotraspirazione;

I = quantitativi di acqua di infiltrazione;

R = quantitativi di acqua di ruscellamento superficiale.

L'aspetto del reticolo idrografico impostato sulle formazioni limoso – argillose, è generalmente di tipo dendritico, le aste dei corsi d'acqua non sono gerarchizzate (rapporto di biforcazione non uniforme) ed i corsi idrici dell'area esaminata, subiscono notevoli variazioni di portata in funzione degli apporti meteorici che determinano periodi di deflusso quasi nullo (stagioni asciutte) ad eventi di piena improvvisa in occasione di fenomeni meteorici intensi. Tale regime idraulico conferisce un carattere torrentizio ai corsi d'acqua minori dell'area. I processi, i depositi, le forme legate alla dinamica fluviale e la mancata gerarchizzazione del reticolo idrografico, testimoniano il non raggiunto equilibrio dei corsi d'acqua dell'area studiata.

Pur essendo la precisa modellazione idrogeologica dell'area non semplice, data la granulometria non omogenea dei depositi, è ipotizzabile un modello con depositi di frana, coperture eluvio – colluviali e alluvioni che rappresenterebbero l'*acquifero* la cui entità è correlata direttamente alle precipitazioni meteoriche; ed un substrato impermeabile costituito dalle limi e argille plioceniche definito *acquiclude*.

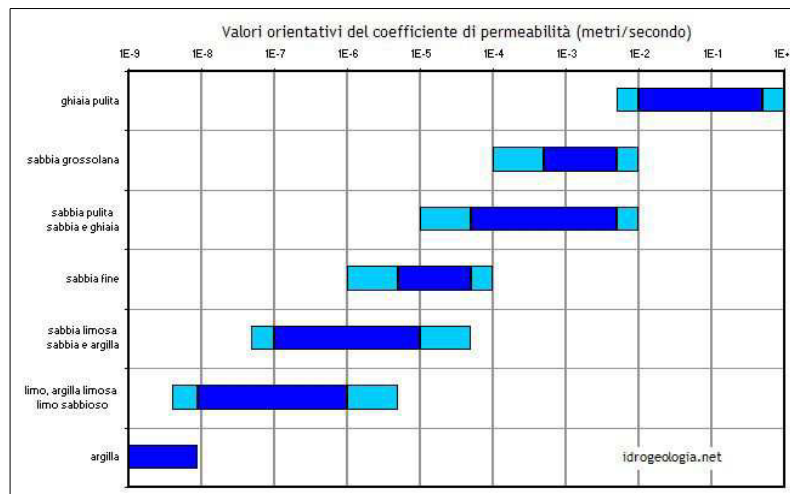


Figura 4 – Valori orientativi del coefficiente di permeabilità K in funzione della granulometria

Le formazioni investigate, presentano caratteristiche idrogeologiche molto differenti che rendono estremamente difficoltosa la ricostruzione del modello idrogeologico. Si distinguono i seguenti unità idrogeologiche dal comportamento piuttosto omogeneo:

- riporto di varia natura generalmente dotato di un basso grado di addensamento e conseguente elevata permeabilità;
- copertura vegetale costituita da limi e sabbie, la cui permeabilità per porosità risulta $10^{-2} < k < 10^{-9}$ m/s in funzione della granulometria e dell'addensamento;
- accumuli di frana in prevalenza formati da depositi limosi e sabbiosi alterati e poco addensati dotati di valori di permeabilità per porosità simili alla copertura vegetale;

- limi sabbiosi con livelli sabbiosi e ghiaiosi permeabili per porosità, la permeabilità risulta $10^{-2} < k < 10^{-9}$ m/s in funzione della granulometria e dell'addensamento;
- calcareniti, calciruditi, calcari marnosi, marne argillose sono caratterizzati da valori di permeabilità molto bassi, ma, come nel caso in esame, in occasione di fratturazione e/o fessurazione la circolazione idrica diviene velocissima (in funzione della presenza e tipologia del riempimento $k > 10^{-2}$ m/s);
- depositi argillosi e limosi con livelli di calcari e marne, la permeabilità, è generalmente molto bassa con valori $k < 10^{-9}$ m/s.

Al fine di ricostruire la geometria della falda idrica, monitorarne le escursioni e ricostruire le direzioni di deflusso, tutti i sei sondaggi eseguiti sono stati attrezzati a piezometro in PVC atossico, aventi diametro di 3 pollici e dotati di fondello cieco impermeabile.

Tra il piezometro e le pareti del foro di sondaggio, è stato posato un filtro drenante in ghiaietto calibrato.

Il tratto finale dei piezometri, è stato cementato e dotato di chiusino di protezione.

Il monitoraggio dei livelli di falda nei piezometri installati, ha consentito di rilevare le quote della falda idrica:

<i>Codice piezometro</i>	<i>Quota piezometro (m s.l.m.)</i>	<i>Profondità falda in data 13.12.2010 (m)</i>	<i>Quota falda in data 13.12.2010 (m s.l.m.)</i>
SP1	290	Non rilevata	--
SP2	291	6,70	284,30
SP3	290	6,90	283,10
SP4	286	assente	--
SP5	290	3,75	286,25
SP6	273	8,80	264,20

Tabella 4 – Livelli di falda idrica rilevati nei piezometri installati

La scarica sorge in corrispondenza di un crinale che funge da spartiacque idrografico: la ricostruzione delle isofreatiche, mette in evidenza tale motivo anche in profondità (spartiacque idrogeologico) in corrispondenza del sito di scarica.

Da tale morfologia, si evince che il deflusso idrico avviene secondo vettori orientati verso a N, NE e O in accordo con l'assetto topografico dell'area.

Si rimanda agli elaborati in allegato (Carta idrogeologica e sezione interpretativa, Livelli falda e carta isofreatiche).

7 SISMICITA'

L'area in esame è collocata in un contesto strutturale complesso, da cui deriva una potenziale intensa attività sismica documentata principalmente dalle informazioni di sismologia storica, che per l'area abruzzese coprono un intervallo di tempo di quasi 2000 anni (*GRUPPO DI LAVORO CPTI, 1999*).

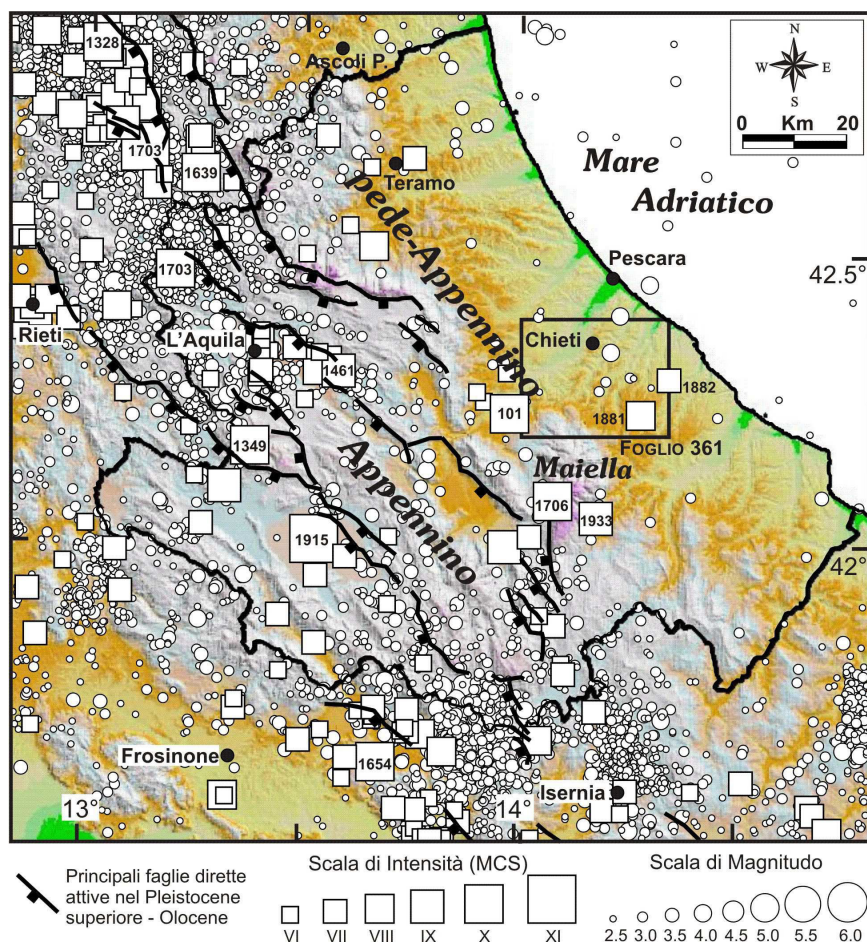


Figura 5 – Epicentri dei terremoti storici relativi al periodo 217 a.C. - 1992 (quadrati) con Intensità maggiore o uguale al VI grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS) (dal Catalogo CPTI, Gruppo di Lavoro CPTI, 1999) e dei terremoti strumentali (cerchi) registrati dal 1983 al 2003 dalla Rete Sismica Nazionale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). In figura sono riportate le tracce di superficie delle principali faglie attive dell'area appenninica.

I dati di sismologia strumentale, che coprono l'ultimo ventennio, non mostrano attività sismica di rilievo o particolari concentrazioni di terremoti. Si osservano alcuni eventi sismici di piccola magnitudo ($M \leq 4.0$), localizzati fra la Maiella, Chieti e la costa, attribuibili principalmente al periodo di attività sismica del febbraio e luglio 1992. E' bene tenere presente che questo settore dell'Italia centrale non è mai stato ben coperto dal monitoraggio sismico, sia a scala nazionale (Rete Sismica Nazionale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) che a scala locale (Rete Regionale dell'Abruzzo). E' quindi possibile che parte dell'attività sismica locale non compaia nei cataloghi dei terremoti strumentali, perché sfuggita all'osservazione sismologica o per difficoltà di localizzazione degli ipocentri. Ad ogni modo, è verosimile ritenere che se parte delle informazioni sono mancanti, queste sono relative a terremoti di piccola magnitudo ($M < 4.0$) e microsismicità ($M < 3.0$), poiché terremoti o sequenze sismiche di energia superiore non sarebbero passati inosservati.

Fra i terremoti storici, quelli di maggiore rilievo sono sicuramente gli eventi sismici della Maiella del 3 novembre 1706, con intensità epicentrale (I_0) pari al IX-X grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS) e magnitudo macrosismica (M_a nel catalogo CPTI di Figura 10) pari a 6.6, e del 26 settembre 1933 (I_0 = VIII-IX grado MCS, M_a = 5.6). Le zone epicentrali di questi eventi sismici sono localizzate a sud dell'area in studio. La zona epicentrale dell'evento del 1706 è localizzabile nella porzione centrale della montagna della Maiella. L'area epicentrale dell'evento del 1933 è posta poco più a sud-est, nei pressi di Lama dei Peligni. Entrambi questi terremoti hanno provocato gravi danni in tutta l'area circostante la Maiella, inclusi i centri abitati ed in particolare la fascia compresa fra Lettomanoppello-Turrivalignani ed Orsogna.

Dalla distribuzione degli epicentri dei terremoti storici, si osserva un terzo terremoto di intensità elevata (I_0 = IX-X grado MCS, M_a = 6.3) posizionato immediatamente ad ovest (San Valentino in Abruzzo Citeriore). Si tratta di un evento di età romana, databile al 101 d.C., la cui localizzazione è basata su una sola osservazione macrosismica: un'epigrafe, attualmente conservata nell'abbazia di San Clemente a Casauria, che ricorda la ricostruzione di una "pesa pubblica" nei pressi di San Valentino in Abruzzo Citeriore, distrutta da un terremoto. La posizione dell'epicentro non è ben vincolata; secondo alcuni studiosi, l'area epicentrale potrebbe essere più a sud-ovest di quella riportata nel catalogo, nella zona di Sulmona.

Lo stato delle conoscenze sismotettoniche sui terremoti distruttivi della Maiella è ancora scarso e ad oggi non esiste una interpretazione sulla geometria, profondità e cinematica delle strutture responsabili di questi eventi. Ciò che si può dire dall'osservazione delle carte di sismicità a scala regionale è che la loro posizione è esterna rispetto a quella dei terremoti appenninici. La genesi di questi ultimi è riconducibile ad una tettonica estensionale, che ha la sua espressione in superficie nei sistemi di faglie normali che post-datano le strutture compressive, bordano bacini sintettonici quaternari e spesso dislocano morfologie e depositi di età tardo-quaternaria (ad es. [BARCHI et alii](#), 2000 *cum bibl.*). E' quindi plausibile che i terremoti della Maiella, esterni all'area appenninica in distensione, siano riconducibili ad un contesto tettonico diverso, ma la natura di tale contesto deve essere approfondita con studi mirati.

Fra i terremoti meritano di essere ricordati due eventi del XIX secolo che a distanza di 5 mesi colpirono la zona compresa fra la Maiella e la costa adriatica, a sud di Chieti. Si tratta del terremoto del 10 settembre 1881 (I_0 = VIII grado MCS, M_a = 5.4), noto nei cataloghi come terremoto di Lanciano, e quello del 12 febbraio 1882 (I_0 = VII grado MCS, M_a = 4.9), noto come terremoto di Chieti. Il primo provocò il massimo danneggiamento ad Orsogna (VIII grado) e Lanciano (VII-VIII grado) ed ebbe una vasta area, compresa fra le pendici orientali della Maiella (Guardiagrele) e la costa adriatica (Ortona), con risentimenti pari al VII grado. Il secondo fu anch'esso caratterizzato da una vasta area di VII grado, compresa fra Castel Frentano-Orsogna-Chieti e la costa adriatica. Sebbene si tratti di terremoti relativamente piccoli ($M < 5.5$), le informazioni macrosismiche a disposizione sono numerose, soprattutto per l'evento del 1881, e di conseguenza l'area epicentrale è piuttosto ben vincolata.

Come per gli eventi della Maiella, anche per i terremoti del 1881 e 1882 non si dispone di informazioni sulle caratteristiche delle strutture tettoniche che li hanno originati.

Storie più ricche sono quelle di L'Aquila e Sulmona, ma Avezzano subì la distruzione totale (XI grado della scala Mercalli) nel 1915. Il catalogo macrosismico DBMI08, indica che i terremoti che hanno recato i danni più significativi a L'Aquila (IX grado della scala Mercalli) sono avvenuti nel 1349, 1461 e 1703. Il primo evento si inserisce in realtà in un periodo sismico complesso, rappresentato da più scosse che hanno interessato il Lazio settentrionale, l'Aquilano, l'Abruzzo e il Lazio meridionali, nonché la zona di Venafrò. Poiché si tratta di terremoti medievali, le informazioni disponibili non possono essere paragonate a quelle che oggi consentono di caratterizzare gli effetti di eventi di età moderna o contemporanea. Oltre che a L'Aquila, il catalogo riporta danni a Bazzano e parametrizza la scossa con una magnitudo circa 5.9 ± 0.3 .

Il terremoto del 1461 ha causato danni anche a Onna e a Sant'Eusanio Forconese (X grado), a Castelnuovo (IX-X grado), a Poggio Picenze e a Castelvechio Calvisio (IX grado). La magnitudo stimata è 6.4 ± 0.3 .

Anche il terremoto aquilano del 1703 si inserisce nell'ambito di una sequenza sismica; la prima scossa con effetti distruttivi interessò la zona di Norcia il 14 gennaio (parametrizzata con M 6.7 ± 0.1), causando danni pari al VII grado a L'Aquila e all'VIII a Paganica. Un terremoto colpì due giorni dopo una zona poco più a sud, con danni pari all'VIII grado a Roio Piano. Poi, il 2 febbraio, una nuova forte scossa (M 6.7 ± 0.2) colpì l'alta e media valle dell'Aterno danneggiando nuovamente L'Aquila e recando distruzione ad alcuni abitati come Arischia, Pizzoli, Colle, Scoppito e Castelnuovo (X grado Mercalli).

Altri terremoti hanno interessato L'Aquila e i dintorni con effetti al di sopra della soglia del danno, in particolare nel 1762 ($M 6 \pm 0.3$), nel 1916 ($M 5.2 \pm 0.3$) e nel 1958 ($M 5.2 \pm 0.3$). Per altri eventi, invece, si hanno notizie soltanto di effetti a L'Aquila: si tratta ad esempio dei terremoti del 1315, 1466, 1750, 1786, 1791 e 1809, responsabili di danni valutati tra il VI e l'VIII grado Mercalli. Infine, L'Aquila ha subito danni anche a causa di terremoti originati in altri settori appenninici: il caso più noto è quello del già citato evento del 1915 che causò danni stimati con intensità pari al VII-VIII grado della scala Mercalli.

La storia dell'area di Sulmona è caratterizzata da un numero minore di eventi sismici rispetto a L'Aquila. Essa è dominata dal terremoto del 1706 - epicentro sulla Maiella, magnitudo pari a 6.8 ± 0.2 - che ha causato danni consistenti al capoluogo peligno, valutati nel IX-X grado della scala Mercalli. L'altro evento responsabile di danni ingenti è il già citato terremoto del 1349. L'intensità stimata a Sulmona è pari all'VIII-IX grado. A differenza del 1706, tuttavia, è probabile che questo terremoto non abbia avuto origine nella zona peligna. I danni potrebbero riferirsi alla scossa aquilana oppure a quella originatasi nella zona di Venafro.

Ebbe origine nel settore meridionale della Maiella, invece, il terremoto del 1933 ($M 5.6 \pm 0.4$), i cui effetti più forti furono osservati a Lama dei Peligni e a Taranta Peligna (IX grado). L'intensità attribuita a Sulmona è pari all'VIII grado della scala Mercalli. Simili effetti sono da riferirsi ad altri due eventi sismici - i già citati terremoti del 1456 e del 1915 - che non ebbero origine nella zona di Sulmona. Origine locale, ma ipocentro piuttosto profondo, ebbe invece il terremoto del 1905 che causò danni pari al VII grado Mercalli nel capoluogo peligno. Molti, infine, ricordano l'evento sismico del Parco Nazionale d'Abruzzo, avvenuto il 7 maggio 1984 ($M 5.5$), responsabile di danni valutati col VI-VII grado.

Per l'area di Sulmona si hanno altresì informazioni da fonti archeologiche su un grande terremoto dell'Antichità, avvenuto intorno al 150 d.C. Questo evento è ricordato in un'epigrafe conservata a San Clemente a Casauria, che cita le riparazioni ad una pesa pubblica nel cosiddetto Pagus Interpromium. Tracce archeologiche sono presenti in molte stratigrafie da scavi dell'area peligna, soprattutto in Sulmona, Corfinio e Cansano.

Avezzano e la Marsica non sono caratterizzate dallo stessa frequenza di eventi sismici responsabili di danni che invece scandiscono la storia di L'Aquila e Sulmona con continuità. Tuttavia è indubbio che il terremoto marsicano del 1915 sia stato il più forte dell'Appennino abruzzese: con magnitudo pari a 7, fu responsabile della distruzione totale di Avezzano (XI grado della scala Mercalli) e della morte di più di 30.000 persone. Si tratta di un evento di gran lunga più forte della scossa del 6 aprile, che cambiò sostanzialmente la storia di un'intera regione: basti citare che l'XI grado Mercalli è riferito ad altri tre abitati (Cappelle, San Benedetto dei Marsi e Gioia dei Marsi) e che a nove abitati è stato attribuito il X-XI grado.

Prima del 1915, nel 1904, Rosciolo e Magliano dei Marsi erano stati colpiti da un terremoto con $M 5.6 \pm 0.3$, responsabile di danni pari al IX e all'VIII-IX grado Mercalli rispettivamente, ma con effetti trascurabili ad Avezzano. Danni moderati a questa città sono, infine, attribuibili ai terremoti del 1778, 1859 (entrambi con $M 4.9 \pm 0.3$, e intensità VI-VII ad Avezzano) e 1927 ($M 5.3 \pm 0.4$; intensità VI-VII ad Avezzano). Quest'ultimo evento sismico, originatosi nella Val Roveto, fu responsabile di danni a Civitella Roveto e Luco dei Marsi, stimati col VII grado Mercalli.

Come per la zona di Sulmona, anche per l'area fucense (Avezzano, San Benedetto dei Marsi, Alba Fucens) sono disponibili informazioni archeologiche, in questo caso relative ad un terremoto della Tarda Antichità. Per questo evento si hanno anche dati geologici acquisiti nel corso delle indagini svolte negli anni novanta lungo le faglie responsabili del terremoto del 1915. L'evento tardoantico potrebbe essere lo stesso che causò danni al Colosseo nel 484 o nel 508 d.C. Esso è oggi considerato come l'equivalente nell'Antichità del terremoto del 1915.

Alcuni terremoti storici citati, oltre a quello del 1915, sono associabili a specifiche faglie. Ad esempio, la scossa del 2 febbraio 1703 fu almeno in parte dovuta all'attivazione della faglia dell'Alta Valle dell'Aterno, che si sviluppa lungo i versanti occidentali dei Monti Pettino e Marine; il terremoto del II secolo d.C. è stato attribuito all'attivazione della faglia del Monte Morrone, che interessa il versante occidentale di questo rilievo montuoso.

Per altre faglie attive (intendendo con ciò faglie per cui si ha evidenza geologica di movimenti negli ultimi circa 20.000 anni), invece non si hanno tracce di attività nei secoli passati: cioè non è possibile attribuire ad esse alcun forte terremoto storico. E' il caso, ad esempio, della faglia della Laga, potenzialmente responsabile di terremoti con $M 6.5$ ma che non ha eventi storici associabili con tale magnitudo. Ancora, è il caso della faglia della Media Valle dell'Aterno e della Valle Subequana (tra San Demetrio ne' Vestini e Goriano Sicoli) che forse si è attivata l'ultima volta in età romana. Potrebbe essere il caso della faglia che si sviluppa tra Campo di Giove e il Monte Porrara, qualora non fosse associato ad essa il terremoto del 1706.

Le indagini geologiche hanno mostrato che in genere l'attivazione delle faglie più lunghe avviene con tempi di ricorrenza superiori ai mille anni, spesso anche superiori ai duemila anni.

Sempre in tema di tempo di ricorrenza per l'attivazione di una faglia sismogenetica, è opportuno tornare ancora sul terremoto del 6 aprile. Fin dalle ore immediatamente successive alla scossa, tra le varie attività scientifiche di supporto all'organizzazione dell'emergenza, ricercatori di vari enti condussero rilievi finalizzati all'attribuzione dell'intensità macrosismica ai vari abitati danneggiati. In base al confronto delle distribuzioni dei danni, il terremoto è stato paragonato all'evento che interessò la stessa zona nel 1461.

STORIA SISMICA ED EVENTI REGISTRATI NEL TERRITORIO COMUNALE

La ricerca bibliografica condotta ha consentito di verificare che nell'intervallo di tempo compreso tra il 1881 e il 2004, sono stati registrati n. 5 eventi di intensità rilevante (magnitudo M_w compresa 4,50 e 5,95):

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io M_w
5	1933 09 26 03:3	Maiella	326	9 5.95 ± 0.09
5	1984 05 07 17:4	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ± 0.09
3-4	2002 11 01 15:0	Subapp. Dauno	645	5.72 ± 0.09
3	2002 11 12 09:2	Subapp. Dauno	177	5-6 4.64 ± 0.09
4-5	2003 06 01 15:4	Molise	516	5 4.50 ± 0.09

Figura 6 – Storia sismica di del territorio comunale esaminato (da I.N.G.V.)

Scendendo nel particolare, si desume che, da dati storici raccolti dall'anno 1000 ad oggi, la massima intensità sismica registrata nel territorio comunale è dell'ottavo grado della scala Mercalli:

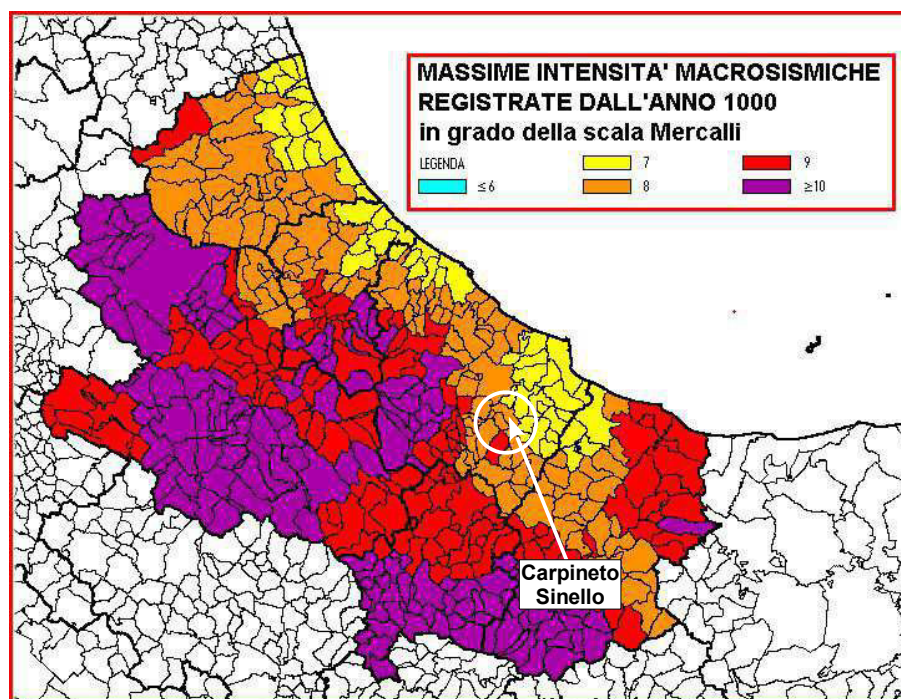
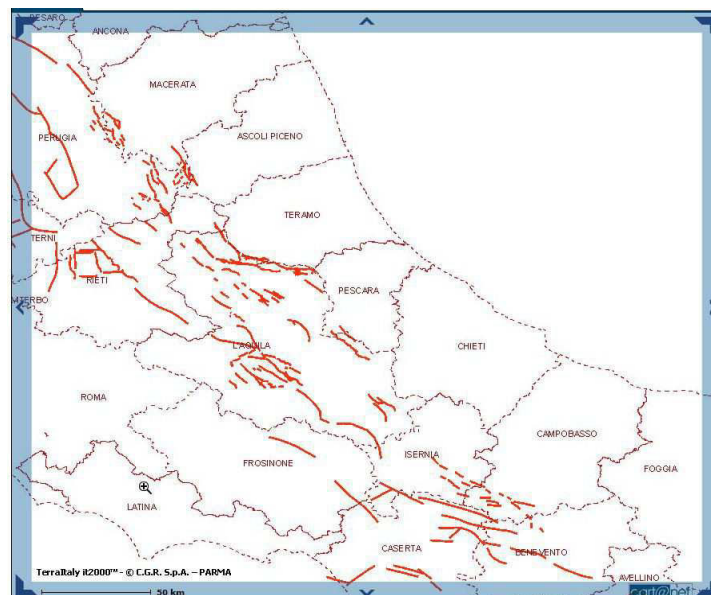


Figura 7 – Mappa delle massime intensità macrosismiche registrate in Abruzzo e Molise dall'anno 1000

Non si rilevano strutture tettoniche attive nelle aree della provincia di Chieti, in particolare faglie capaci (definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie):

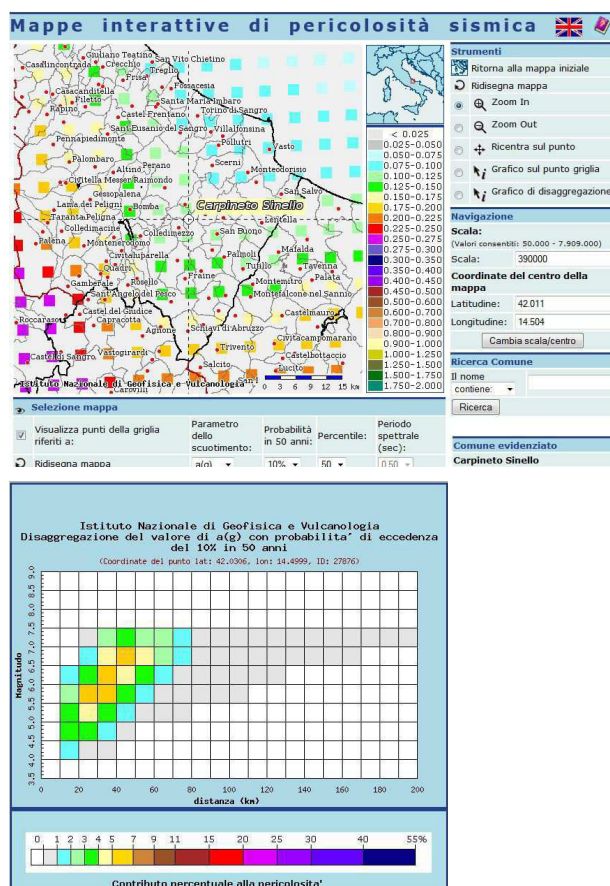


Legenda:  Faglia capace

Figura 8 – Catalogo delle faglie capaci – Progetto ITHACA (da ISPRA)

Consultando la Mappa Interattiva di Pericolosità Sismica (INGV), si nota come il territorio comunale di Carpineto Sinello, presenti una accelerazione al *bedrock* con valori compresi tra 0,100 *g* e 0,150 *g* (dove con *g* si indica l'accelerazione gravitazionale, pari a circa 9,8 m/s²); tali valori di accelerazione riportati nella Figura 9, possono subire sensibili variazioni in funzione di diversi fattori (quali ad esempio la natura litologica e lo stato di addensamento dei terreni, la morfologia del sito).

Dalla analisi degli elaborati del Progetto S1 (INGV) di cui si riportano di seguito i grafici, si evince che la Magnitudo attesa per il territorio comunale in esame è pari a 6,120 (per un tempo di ritorno di $T_r = 475$ anni):



Distanza in km	Disaggregazione del valore di <i>a</i> (<i>g</i>) con probabilità' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.0306, lon: 14.4999, ID: 27876)									
	Magnitudo									
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5
0-10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.230	3.540	3.490	2.730	1.470	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.762	3.360	4.770	5.020	3.720	1.040	0.391	0.000	0.000
30-40	0.000	0.025	1.100	3.570	5.420	5.840	4.480	2.060	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.040	1.190	3.240	4.750	5.030	3.080	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.168	1.530	3.070	4.000	2.850	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.007	0.542	1.830	2.910	2.390	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.119	0.956	1.890	1.760	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.352	0.934	0.957	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.102	0.437	0.478	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.260	0.296	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.149	0.188	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	0.121	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038	0.077	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.049	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.026	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.009	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.120	41.800	1.500

Figura 9 – Mappa interattiva di pericolosità sismica (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>)

Procedendo nel dettaglio, dalla consultazione del Database of Individual Seismogenic Sources (DISS) elaborato da INGV, si evince che le sorgenti sismogenetiche più vicine al sito in esame, sono tre, più precisamente: i sovrascorrimenti basali, superficiale e profondo dell'Abruzzo citeriore (G. LAVECCHIA, R. DE NARDIS, P. BURRATO e U. FRACASSI, 2010) con direzione NO-SE e la struttura Tocco Da Casauria – Tremeti con allineamento O – E (U. FRACASSI, 2010):

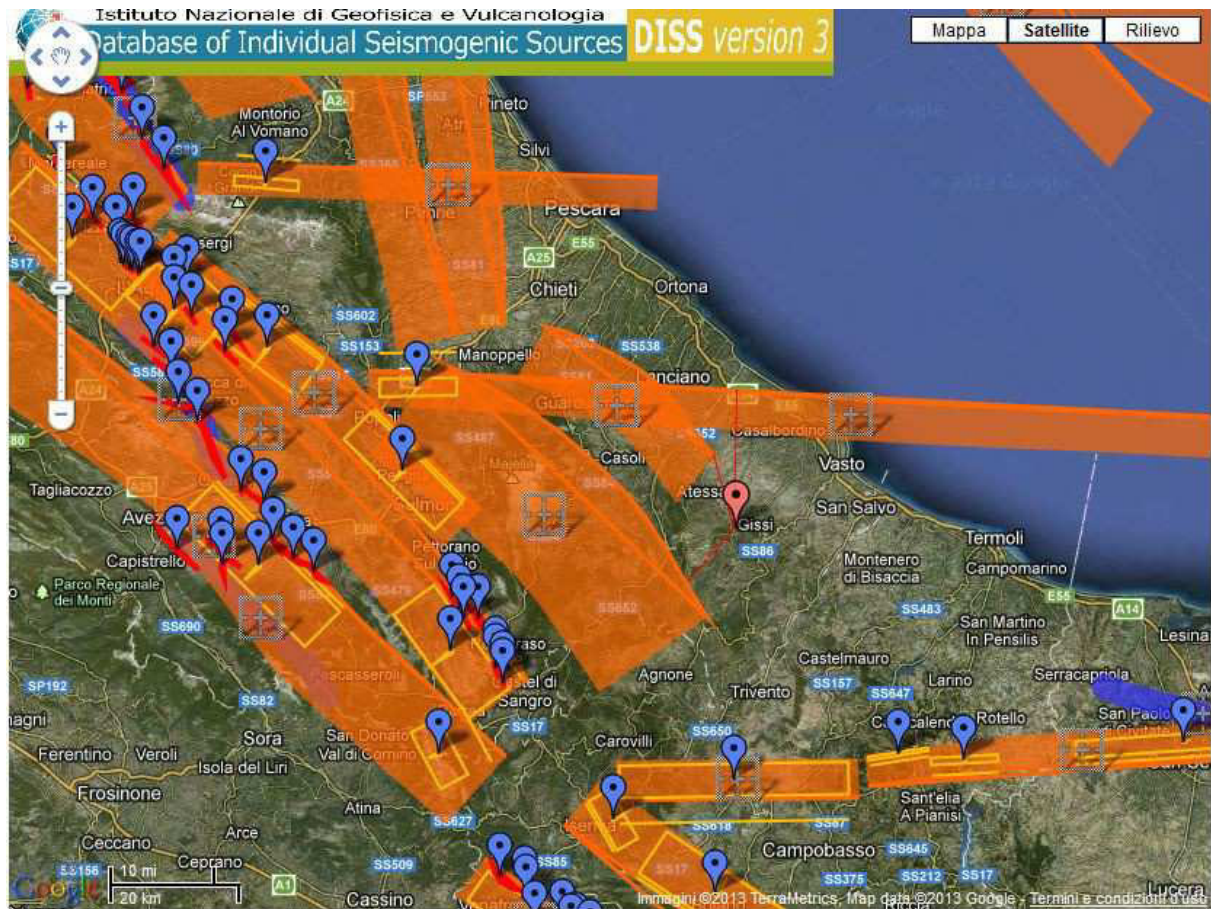


Figura 10 – Database of Individual Seismogenic Sources (DISS) – INGV (2010)

La tabella seguente, che mostra i valori di accelerazione al suolo (g) in funzione della distanza delle sorgenti sismogenetiche più vicine e della relativa magnitudo (M_w) potenziale (i valori riportati di accelerazione (g), sono il risultato del processo di attenuazione secondo la Legge di di SABETTA e PUGLIESE (1987): $\log(g) = -1,562 + 0,306 M - \log(d^2 + 5,82)^{1/2} + 0,169 S \pm 0,173$ in cui M, d ed S rappresentano rispettivamente la magnitudo, la minima distanza dalla proiezione in superficie della faglia e un coefficiente di sito ($S = 0$ per suoli rigidi e depositi alluvionali profondi; $S = 1$ per depositi alluvionali di poco spessore)):

Sorgente sismogenetica	P1		P2		Distanza (Km)	Magnitudo (M_w)	Accelerazione al suolo (g)
	Lat. (°)	Long. (°)	Lat. (°)	Long. (°)			
Tocco da Casauria - Tremeti	42.012	14.5047	42.2082	14.5102	21.82	6	0.151
Shallow Abruzzo Citeriore Bas.	42.012	14.5047	42.1186	14.4662	12.27	5.6	0.182
Deep Abruzzo Citeriore Basal	42.012	14.5047	41.9391	14.4196	10.74	6.8	0.556

Tabella 5 – Valori di accelerazione al suolo in funzione della distanza della sorgente sismogenetica e della relativa magnitudo (M_w) attesa (per depositi superficiali con spessore compreso tra 5 e 20 metri)

Dalla tabella precedente, si evince che i valori di accelerazione al suolo attesi per il sito in esame sono compresi tra 0,151 g e 0,556 g (dove con g si indica l'accelerazione gravitazionale, pari a circa 9,8 m/s²).

CATEGORIA SOTTOSUOLO

Le prospezioni sismiche eseguite (MASW - REMI) nel sito hanno consentito la definizione del parametro V_{s30} e la conseguente classificazione del suolo di fondazione.

Dalla analisi delle indagini è risultato $V_{s30} = 517,00 \text{ m/s}$ (prospezioni MASW – REMI), pur essendo il parametro V_{s30} rilevato compatibile con la categoria di sottosuolo B, tuttavia, il profilo di velocità, ha permesso di individuare sismostrati con $V_{s30} > 800 \text{ m/s}$, pertanto il sottosuolo è classificabile come **S2**:

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s ($NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero con valori di $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s ($NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800 \text{ m/s}$).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{,30} < 20 \text{ kPa}$), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 6 – Categorie sottosuolo di fondazione

A fini cautelativi, viene considerato nelle verifiche un sottosuolo di categoria E.

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione riportata in tabella:

CATEGORIA	DESCRIZIONE
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con lunghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con lunghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 7 – Categorie condizioni topografiche

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Nel caso in esame, in funzione della morfologia del versante che presenta inclinazione media inferiore a 15° , con tratti aventi pendenze notevolmente più elevate, viene considerata la categoria topografica di riferimento **T2** (a scopo cautelativo).

PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

La pericolosità sismica di un sito è rappresentata dalla probabilità che si verifichi in un intervallo di tempo, un evento sismico non inferiore ad una intensità prefissata.

La pericolosità sismica del territorio nazionale è definita in riferimento ad un sito con sottosuolo di categoria A (come definito in Tabella 6) con topografia pianeggiante (categoria T1 come da Tabella 7) in condizione di campo libero, cioè assenza di manufatti e strutture.

Le caratteristiche del moto sismico atteso sul sito di riferimento per una prefissata PVR, si possono individuare nel momento in cui si conosca l'accelerazione massima e il relativo spettro di risposta elastico definito dai seguenti parametri:

a_g - accelerazione massima del sito;

F_0 - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

TC^* - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di a_g è derivato dalla pericolosità sismica di riferimento (fornita da INGV), F_0 e TC^* , sono calcolati in modo da approssimare al meglio gli spettri di risposta in accelerazione, velocità e spostamento previsti nelle NTC con quelli del sito di riferimento.

Al fine di determinare le azioni sismiche di progetto (in accordo con quanto previsto dalle NTC del 2008), vengono individuati, in base alla ubicazione geografica del sito, i vertici della maglia del reticolo che comprende l'area in esame.

I valori dei parametri sismici dei vertici, vengono mediati e consentono di ricavare i parametri relativi al sito di intervento.

Di seguito, si riassumono i dati relativi al sito e i valori dei parametri calcolati:

LOCALIZZAZIONE SITO E PARAMETRI SISMICI							
				Sito in esame (coordinate geografiche espresse in ED50) latitudine: 42,0161727427127 longitudine: 14,5019984383899 Classe: 2 Vita nominale: 50 Siti di riferimento Sito 1 ID: 27876 Lat: 42,0306 Lon: 14,4999 Distanza: 1613,311 Sito 2 ID: 27877 Lat: 42,0300 Lon: 14,5672 Distanza: 5603,146 Sito 3 ID: 28099 Lat: 41,9800 Lon: 14,5664 Distanza: 6669,594 Sito 4 ID: 28098 Lat: 41,9806 Lon: 14,4991 Distanza: 3962,555 Parametri sismici Categoria sottosuolo: E Categoria topografica: T2 Periodo di riferimento: 50 anni Coefficiente cu: 1			
Operatività (SLO):				Danno (SLD):			
Probabilità di superamento:	81	%		Probabilità di superamento:	63	%	
Tr:	30	[anni]		Tr:	50	[anni]	
ag:	0,043	g		ag:	0,052	g	
Fo:	2,494			Fo:	2,535		
Tc*:	0,291	[s]		Tc*:	0,327	[s]	
Salvaguardia della vita (SLV):				Prevenzione dal collasso (SLC):			
Probabilità di superamento:	10	%		Probabilità di superamento:	5	%	
Tr:	475	[anni]		Tr:	975	[anni]	
ag:	0,109	g		ag:	0,139	g	
Fo:	2,659			Fo:	2,619		
Tc*:	0,455	[s]		Tc*:	0,507	[s]	
Coefficienti Sismici SLO:		Coefficienti Sismici SLD:		Coefficienti Sismici SLV:		Coefficienti Sismici SLC:	
Ss:	1,600	Ss:	1,600	Ss:	1,600	Ss:	1,600
Cc:	1,890	Cc:	1,800	Cc:	1,580	Cc:	1,510
St:	1,200	St:	1,200	St:	1,200	St:	1,200
Kh:	0,016	Kh:	0,020	Kh:	0,050	Kh:	0,064
Kv:	0,008	Kv:	0,010	Kv:	0,025	Kv:	0,032
Amax:	0,806	Amax:	0,981	Amax:	2,061	Amax:	2,624
Beta:	0,200	Beta:	0,200	Beta:	0,240	Beta:	0,240

Tabella 8 – Individuazione area di intervento e parametri sismici
 (da <http://www.geostru.com/ggeoapp/parametrisismici.aspx>)

LIQUEFAZIONE

La liquefazione è verificabile nel caso di terreni granulari, infatti se si esprime la resistenza al taglio secondo la relazione di **COULOMB**:

$$\tau = c + (\sigma_{vo} - u) \tan \phi$$

dove τ è la resistenza al taglio, c la coesione, σ_{vo} la pressione litostatica totale, u la pressione interstiziale e ϕ l'angolo di attrito del terreno, si evince che la resistenza può essere annullata ($\tau = 0$) solo in due casi:

- $c = 0$ non possibile per terreni a comportamento coesivo quali limi e argille
- $(\sigma_{vo} - u) = 0$ verificabile quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{vo} = u$)

Il problema della suscettibilità alla liquefazione (§ 7.11.3.4 delle NTC08) riguarda i terreni sabbiosi saturi durante l'evento sismico e viene affrontato con i metodi semplificati basati sulla definizione di un coefficiente di sicurezza dato come rapporto tra la resistenza a taglio mobilitata nello strato e lo sforzo tagliante indotto dall'evento sismico. Quando si manifesti "almeno una" delle circostanze riportate qui di seguito la verifica a liquefazione non è necessaria (§ 7.11.3.4.2 delle NTC08):

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 11 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 11 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

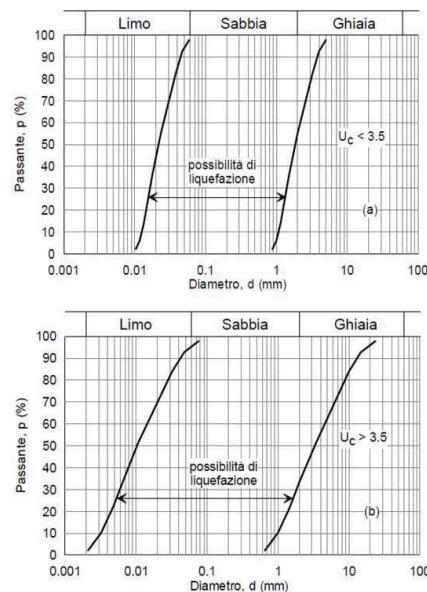


Figura 11 – Campo granulometrico di possibilità di liquefazione

I campioni di terreno, prelevati nei sondaggi, sottoposti ad analisi granulometrica, hanno presentato le seguenti caratteristiche:

Sondaggio di riferimento	Sigla campione	Intervallo campionamento (m)	Sabbia grossa (%)	Sabbia fine (%)	Limo grosso (%)	Limo fine (%)	Argilla (%)
SP5	SP5C1	0,4 – 0,6	5,6	7,9	17,0	25,5	44,0
SP5	SP5C2	3,5 – 3,7	28,4	24,1	13,7	19,1	14,7
SP5	SP5C3	5,4 – 5,6	31,1	25,0	9,6	19,9	14,4
SP6	SP6C1	0,0 – 1,0	14,2	9,5	45,5	7,6	23,2
SP6	SP6C2	3,0 – 3,5	13,1	13,1	16,0	23,6	34,2
SP6	SP6C3	4,5 – 4,8	2,2	2,1	18,6	42,5	34,6

Tabella 9 - Analisi granulometrica dei campioni di terreno

Nel caso in esame, verificato che:

1. gli eventi sismici attesi hanno magnitudo $M > 5,0$;
2. le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) sono $> 0,1g$;
3. la profondità media stagionale della falda è minore di 15 m dal piano campagna;
4. la resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} < 30$;

5. la distribuzione granulometrica dei campioni analizzati è solo parzialmente compresa nelle zone indicate nella Figura 12 (è da precisare, inoltre, che i campioni analizzati in laboratorio, sono stati prelevati nella frazione incoerente più fine (matrice), essendo presenti anche ghiaie eterometriche e limi argillosi coesivi):

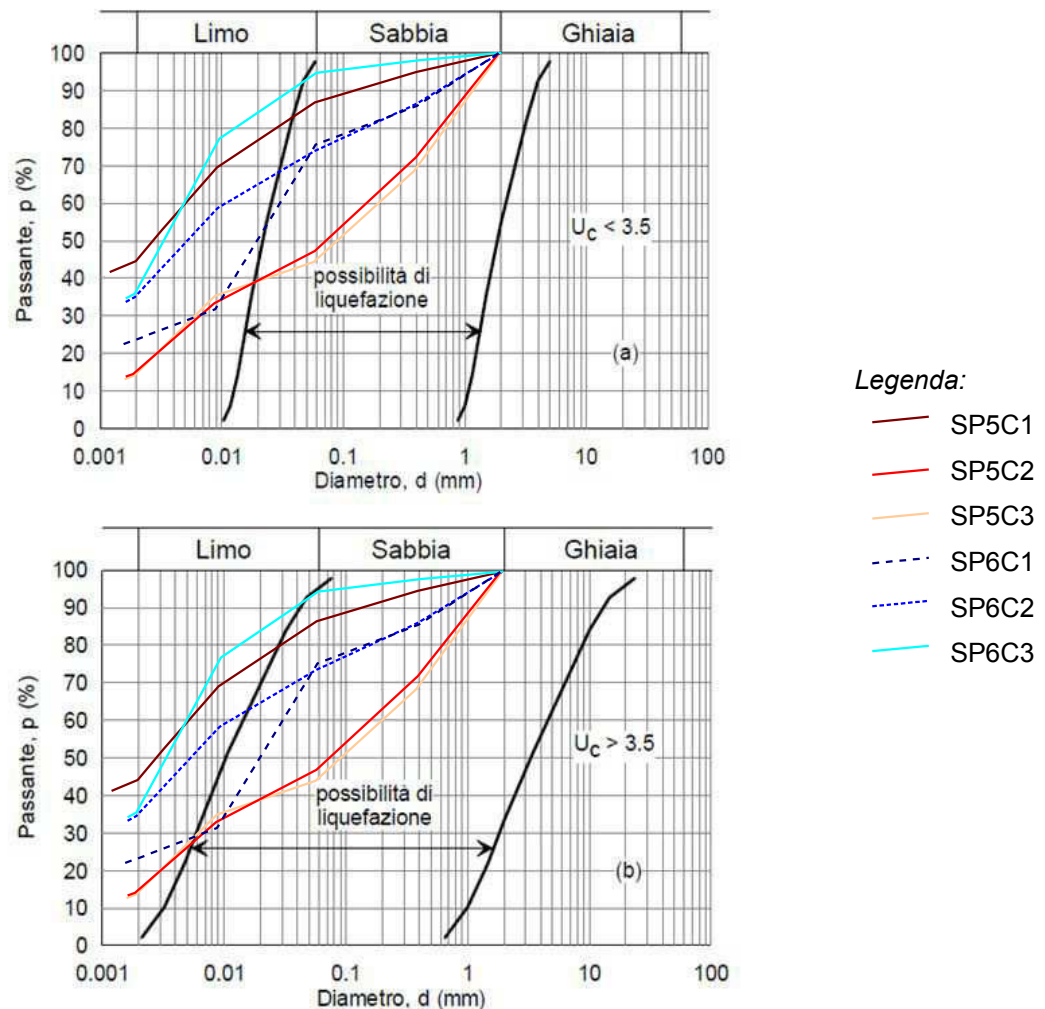


Figura 12 – Confronto tra le curve granulometriche dei campioni prelevati e il campo granulometrico di possibilità di liquefazione

pertanto, non si rende necessaria la verifica a liquefazione del terreno, in quanto non sono soddisfatte tutte le condizioni di suscettibilità a liquefazione.

8 RICOSTRUZIONE DEL QUADRO MORFOEVOLUTIVO DELL'AREA E CAUSE DEI DISSESTI

I rilevamenti di superficie (geologico e geomorfologico), le indagini indirette (prospezioni geofisiche) e dirette (sondaggi geognostici), la valutazione delle condizioni idrauliche del versante e degli aspetti sismici dell'area, hanno permesso di ricostruire il quadro morfoevolutivo dell'area di cui, nella presente sessione, se ne riporta una descrizione.

Dal punto di vista geologico, la successione stratigrafica descritta è il risultato successive fasi sedimentarie, di variazioni climatiche e di paleoambienti.

In un dominio pelagico (mare profondo), nell'intervallo di tempo Pliocene superiore – Pleistocene inferiore, si assiste alla deposizione di litotipi caratterizzati da granulometria da fine a finissima (limi e argille) in un contesto di bassa energia.

In seguito a sollevamenti tettonici dell'area e alla variazione del livello marino (anche ad opera delle glaciazioni), si passa, nel Pleistocene, ad un ambiente “di transizione” tra il continentale e il pelagico (delta fluviali) caratterizzato da elevata energia di sedimentazione che permette il deposito di materiali a granulometria media e grossolana (sabbie e ghiaie).

Ultima fase, la formazione di un nuovo suolo rappresentato dalla coltre eluvio – colluviale che si rileva attualmente in superficie.

Le cause del fenomeno gravitativo quiescente, individuabile a valle della discarica, sono da ricondurre ai seguenti fattori:

- *condizioni idrauliche del versante* - caratterizzate dalla presenza di unità a permeabilità molto elevata in corrispondenza dei depositi superficiali e delle formazioni litoidi fratturate, posti a contatto con i sottostanti depositi limoso – argillosi di permeabilità estremamente bassa (che fungono in pratica da limite di permeabilità definito), potrebbero aver determinato elevati contrasti di permeabilità che hanno prodotto elevate pressioni neutre nel versante..
- *Erosione lineare esercitata dai corsi d'acqua* - essi, approfondendo il relativo alveo, determinano la destabilizzazione del piede del versante inducendo un adattamento di esso alle nuove condizioni geometriche ed energetiche che si esplica attraverso movimenti di massa.
- *Energia di rilievo* – legata alla geometria del versante.
- *Assetto strutturale e presenza di discontinuità nei depositi* – l'area è caratterizzata da una complessa articolazione strutturale che ha localmente prodotto un elevato stato di fratturazione dei depositi facendone decadere le proprietà geotecniche, favorendo la genesi di fenomeni di instabilità.
- *Esposizione agli agenti esogeni* – le acque meteoriche e di ruscellamento innescano fenomeni di dilavamento superficiale.

L'evoluzione geomorfologica dell'area esaminata, è stata influenzata minimamente da strutture sismogenetiche (non rilevabili nelle vicinanze). L'azione di eventi sismici potrebbe incidere direttamente sulle scarpate determinando sia il crollo di materiale (blocchi, ciottoli e colate detritiche), sia fenomeni di amplificazione sismica.

9 RACCOMANDAZIONI PROGETTUALI ED ESECUTIVE

Il sito in esame è collocato presso un versante interessato da fenomeni gravitativi in stato di quiescenza. La morfologia dei luoghi, rende necessaria la realizzazione di opere finalizzate alla preservazione e/o miglioramento delle condizioni di stabilità del sito, si raccomanda di:

- asportare la coltre di alterazione più superficiale prima della realizzazione delle opere;
- eseguire pulitura del fronte di scarpata a valle della discarica ed eseguire eventuale disaggio di blocchi instabili;
- non applicare carichi a monte del versante o trasmetterli in profondità in modo da non gravare sugli equilibri del pendio;
- limitare l'infiltrazione delle acque meteoriche ed eseguire una corretta regimazione delle stesse presso l'area in esame e prevedere la raccolta di eventuali acque di infiltrazione;
- realizzare opere di consolidamento presso il fronte della scarpata a valle della discarica;
- prevedere la realizzazione di opere finalizzate alla mitigazione dell'erosione superficiale del fronte di scarpata ad opera degli agenti meteorici;
- attenersi a quanto previsto dalla normativa vigente in materia di calcoli in zona sismica;
- verificare nel corso della esecuzione dei lavori, con la presenza di un geologo, l'assetto geologico stratigrafico del sito ed eventualmente provvedere tempestivamente ad apportare modifiche al progetto qualora il modello geologico elaborato fosse difforme da quanto osservato direttamente nel corso dei lavori.

10 CONCLUSIONI

Alla luce di quanto esposto, verificati gli elaborati di progetto, condotte le analisi di stabilità del pendio (si rimanda alla Relazione Geotecnica per approfondimenti), le opere in esame si ritengono compatibili con l'assetto del territorio.

Si rimanda alle specifiche sessioni del presente elaborato, agli Allegati e alla Relazione Geotecnica per approfondimenti.

BIBLIOGRAFIA

- CATENACCI E. (1974) – FOGLIO 147 LANCIANO. *NOTE ILL. CARTA GEOL. D'ITALIA*, Scala 1:100.000, 87 pp.
- D'ALESSANDRO L. (1996) – "SUL DISSESTO GEOMORFOLOGICO IN ITALIA". *GEOGRAFIA*, VOL. 19, PP. 94-103, ROMA.
- D'ALESSANDRO L. & PANTALEONE A. (1987) – "CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E DISSESTI NELL'ABRUZZO SUD-ORIENTALE". *MEMORIE DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA*, VOL.37, PP. 805-821, ROMA.
- D'ALESSANDRO L. (1994) – *PROPOSTA DI LEGENDA GEOMORFOLOGICA AD INDIRIZZO APPLICATIVO*. *GEOGRAFIA FISICA E DINAMICA QUATERNARIA*, VOL. 16.
- D'ALESSANDRO L., BARBERI R., BUCCOLINI M., MICCADEI E., PIACENTINI T. & URBANI A. (2000) – "STUDI SUL DISSESTO GEOMORFOLOGICO IN ABRUZZO: PRIMI RISULTATI SULLA TIPOLOGIA E DISTRIBUZIONE DEI FENOMENI FRANOSI IN RELAZIONE ALL'ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE". *RIASSUNTI DELLE COMUNICAZIONI ORALI E POSTER, 80ª RIUNIONE ESTIVA S.G.I., 6-8 SETTEMBRE*, PP.180-181, TRIESTE.
- GRUPPO DI LAVORO GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA (1993) – *PROPOSTA DI LEGENDA GEOMORFOLOGICA AD INDIRIZZO APPLICATIVO*. *GEOGRAFIA FISICA E DINAMICA QUATERNARIA*, 16 (2), 129-152.
- GRUPPO DI LAVORO PER LA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA (1994) – "CARTA GEOMORFOLOGICA D'ITALIA 1:50.000 – GUIDA AL RILEVAMENTO".
- [HTTP://EARTH.GOOGLE.IT](http://earth.google.it)
- [HTTP://WWW.APAT.GOV.IT](http://www.apat.gov.it)
- [HTTP://WWW.ATLANTEITALIANO.IT](http://www.atlanteitaliano.it)
- [HTTP://WWW.INGV.IT](http://www.ingv.it)
- [HTTP://WWW.REGIONE.ABRUZZO.IT](http://www.regione.abruzzo.it)
- SERVIZIO GEOMORFOLOGICO NAZIONALE SGN, QUADERNI SERIE III, VOL.4.I, ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO, ROMA.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE – CARTA GEOLOGICA D'ITALIA A Scala 1:100.000

PROGETTO DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA EX – DISCARICA COMUNALE IN LOCALITA' COLLE MULINO

RELAZIONE GEOTECNICA

INDICE:

1	Premessa.....	3
2	Descrizione dello stato di conoscenze geotecniche dell'area.....	3
3	Campagna di indagini.....	3
3.1	Descrizione metodi di investigazioni e valutazioni tecniche.....	3
4	Cause del dissesto.....	7
5	Verifica di stabilita'.....	7
5.1	Modello del versante.....	7
5.2	Modello di calcolo.....	7
5.3	Analisi dei carichi applicati.....	8
5.4	Verifica e affidabilita' del modello di calcolo utilizzato.....	8
5.5	Caratteristiche morfometriche e volumetriche della frana.....	9
6	Raccomandazioni per una corretta progettazione delle opere di sistemazione dell'area e conclusioni.....	9

1 PREMESSA

Il presente elaborato, raccoglie i risultati dello studio di geotecnico per il progetto di bonifica e messa in sicurezza permanente dell'area della ex-discarica comunale in località Colle Mulino del comune di Carpineto Sinello (CH).

Scopo del presente studio è quello di valutare le caratteristiche fisico – meccaniche del sottosuolo ed analizzare le problematiche di carattere geotecnico.

2 DESCRIZIONE DELLO STATO DI CONOSCENZE GEOTECNICHE DELL'AREA

Sono stati reperiti studi geotecnici relativi al sito in esame e alle sue immediate prossimità.

In questa fase di studio, elemento di consultazione utile è rappresentato dall'elaborato redatto dal Dipartimento Scienze della Terra della Università “G. D'Annunzio” di Chieti denominato *Risanamento idrogeologico del Palazzo Ducale*, messo a disposizione dalla Soprintendenza Beni Architettonici e Paesaggistici d'Abruzzo.

Si fa riferimento ai seguenti elaborati:

- “*indagini geofisiche e geognostiche inerenti la caratterizzazione geologica dei terreni presso il Castello Ducale nel comune di Carpineto Sinello (CH)*” – Relazione sulle indagini geofisiche e geognostiche; ottobre 2011 – ESSEBI S.r.l.;
- “*Risanamento idrogeologico del centro abitato nucleo del Palazzo Ducale – Lotto II – All. 1 Descrizione sintetica della situazione geologica e geotecnica*”; Ing. Antonio Montepara;
- Rilievo strutturale e geomeccanico dell'ammasso roccioso su cui sorge il Palazzo Ducale;
- Relazione geologica per il “Dissesto del Palazzo Ducale di Carpineto Sinello” redatta dal sottoscritto.

3 CAMPAGNA DI INDAGINI

Nel presente elaborato, si fa riferimento alle campagne di indagine ambientale condotte in precedenza nel sito in esame.

Esse sono costituite da n. 6 sondaggi a carotaggio continuo; sono stati prelevati anche campioni di terreno sia per analisi chimiche, sia per la definizione di alcuni parametri geotecnici.

3.1 DESCRIZIONE METODI DI INVESTIGAZIONI E VALUTAZIONI TECNICHE

L'area in esame, è stata oggetto di indagini geologico – ambientali finalizzate alla ricostruzione del modello geologico del sito e alla sua caratterizzazione ambientale. Le indagini sono state eseguite in fasi distinte dall'anno 2008 al 2013 articolate come nel seguente diagramma:

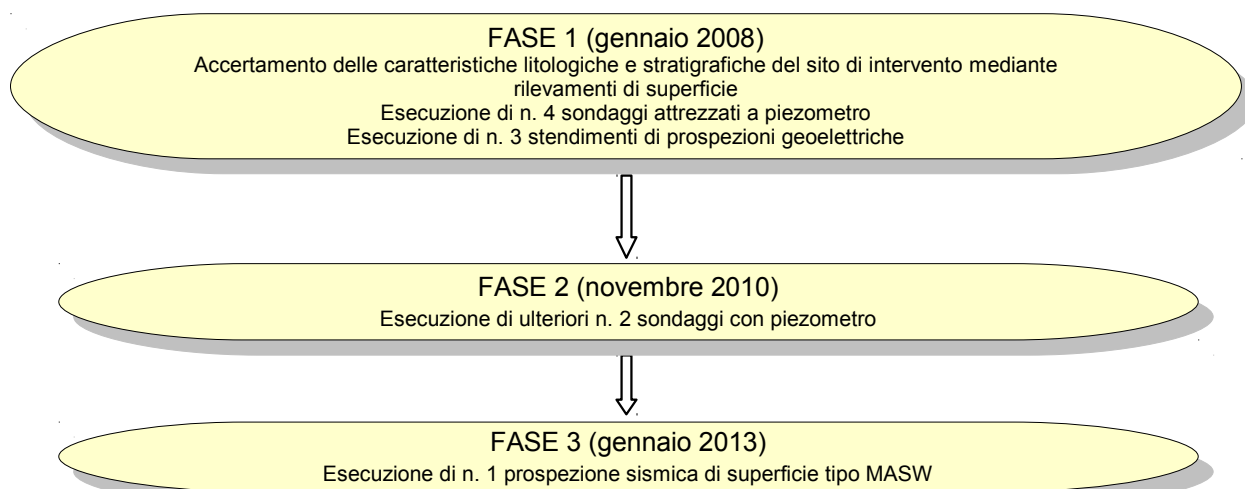


Diagramma 1 – Schema progettazione indagini

Si sintetizza di seguito la campagna di indagine condotta:

CAMPAGNA DI INDAGINE ESEGUITA NEL SITO DI INTERVENTO

<i>Tipologia indagine</i>	<i>Finalità delle indagini</i>
N. 6 sondaggi geognostici	Individuazione diretta della natura litologica dei terreni costituenti il sottosuolo e determinazione dei rispettivi assetti stratigrafici
Installazione di n. 6 tubi piezometrici nei fori di sondaggio	Monitoraggio della falda idrica
Prospezioni geoelettriche di superficie	Determinazione della elettrostratigrafia, individuazione delle morfologie sepolte
Prospezioni sismiche di superficie MASW, REMI	Determinazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche, del parametro Vs30 (ai sensi del D.M. 14.01.2008) e ricostruzione della sismostratigrafia

Tabella 1 – Sintesi indagini svolte nell'area in esame

Le prospezioni elettriche, sono state eseguite con la seguente disposizione elettrodoica:

<i>Nome linea</i>	<i>Lunghezza (m)</i>	<i>Elettrodi (n)</i>
CS1	46.0	24
CS2	23.0	24
CS3	23.0	24

I risultati elaborati, hanno consentito di individuare:

- orizzonte superficiale con spessore compreso tra 1 m e 2 m contraddistinto da valori di resistività molto variabili tra 15 – 400 ohm*m. tale orizzonte corrisponde alla parte sommitale della discarica fortemente alterata con grado di umidità variabile
- secondo orizzonte con resistività molto bassa 5 – 10 ohm*m e spessore di circa 5 metri tali valori di resistività e di geometria indicherebbero questo livello come il corpo di accumulo del materiale di discarica
- il terzo orizzonte contraddistinto da valori resistività medio alti 150 – 1500 ohm*m potrebbe indicare il passaggio al substrato di appoggio del corpo di discarica. tale livello non è stato riscontrato nelle linee 2 e 3 a causa della limitata estensione della stessa.

La prospezione MASW – REMI, ha individuato i seguenti sismostrati:

<i>Sismostrato (n)</i>	<i>Profondità base strato (m)</i>	<i>Densità (kg/m³)</i>	<i>Modulo Poisson ν</i>	<i>Velocità onde di taglio (m/s)</i>
1	2	1800	0,35	173,04
2	4	1850	0,35	249,99
3	6	1900	0,35	361,15
4	10	1950	0,25	566,35
5	14	2000	0,20	677,50
6	19	2000	0,20	763,00
7	24	2000	0,20	801,48
8	30	2000	0,20	844,23
9	Non rilevata	2000	0,20	963,93

Tabella 2 – Sintesi sismostratigrafie prospezioni sismiche MASW - REMI

Si riportano di seguito le stratigrafie dei sondaggi effettuati in data 28.09.2007 e 01.10.2007:

Sondaggio geognostico SP1:

<i>Profondità base strato (m)</i>	<i>Descrizione litologica</i>
0,4	Riporto limoso – argilloso bruno
1,7	Riporto sabbioso, ghiaioso e ciottoloso
3,2	Limo argilloso, sabbioso marrone
3,8	Calcareniti con livelli limoso – argillosi
4,3	Limo argilloso, sabbioso marrone
4,9	Livelli ghiaiosi in matrice limosa grigia intercalati da livelli di limo argilloso
10,0	Limo argilloso grigio con livelli ghiaiosi, calcarenitici e arenacei

Sondaggio geognostico SP2:

<i>Profondità base strato (m)</i>	<i>Descrizione litologica</i>
1,5	Riporto sabbioso, ghiaioso e ciottoloso
4,7	Limo argilloso, sabbioso di colore da marrone a grigio
7,0	Ghiaia in matrice limosa grigia
10,0	Limo argilloso di colore da grigio a nerastro

Sondaggio geognostico SP3:

<i>Profondità base strato (m)</i>	<i>Descrizione litologica</i>
1,7	Riporto limoso, sabbioso, ghiaioso e ciottoloso
3,4	Limo argilloso di colore nocciola con livelletti sabbiosi ocracei
4,2	Sabbia giallastra con livelli ossidati ocracei e livelli limosi da nocciola a grigi
6,5	Limo bruno – grigiastro con livelli di sabbia grigi e ocracei (ossidati) e livelli di ghiaia in matrice limosa
10,0	Ghiaia in matrice limoso – argillosa grigia

Sondaggio geognostico SP4:

<i>Profondità base strato (m)</i>	<i>Descrizione litologica</i>
0,6	Copertura vegetale: limo sabbioso bruno con elementi vegetali
1,8	Sabbia limosa giallastra con livelli ossidati ocracei e livelli limosi da nocciola a grigi
3,0	Limo argilloso di colore da nocciola a grigio con livelli sabbiosi giallastri concrezioni calcistiche e ghiaia carbonatica
10,0	Ghiaia prevalentemente carbonatica in matrice limoso – sabbiosa biancastra

La fase di caratterizzazione, ha previsto in data l'esecuzione di ulteriori n. 2 sondaggi geognostici (realizzati in data 23.11.2010) di

cui si riportano le stratigrafie:

Sondaggio geognostico SP5:

<i>Profondità base strato (m)</i>	<i>Descrizione litologica</i>
0,4	Riporto: limo sabbioso con ghiaia e ciottoli
5,0	Limo argilloso, sabbioso avano e nocciola con livelletti ossidati ocracei e livelli di calcarenite e rocce fratturate
5,6	Sabbia grossolana marrone con livelli arenacei e rari clasti calcarei
10,0	Argille limose e marnose grigie azzurre con livelli sabbiosi e livelletti biancastri di concrezioni carbonatiche e di calcareniti avano - biancastre fratturate

Sondaggio geognostico SP6:

<i>Profondità base strato (m)</i>	<i>Descrizione litologica</i>
1,0	Riporto: limo sabbioso con clasti calcarei e ciottoli
3,0	Limo argilloso avano con livelletti grigi. Presente rara ghiaia e livelli calcarenitici
4,8	Limo argilloso marrone con livelletti grigi e clasti calcarei eterometrici fino a circa 10 cm; lieve odore di sostanze bituminose a m 3,4 circa.
10,0	Argille limose grigie azzurre consistenti con sottili livelli sabbiosi e livelletti biancastri di concrezioni carbonatiche

I depositi attraversati dalle indagini puntuali condotte, appartengono alla formazione geologica nota come “*Marne ad Orbulina* (72), *Formazione Tufillo* (72b)” descritta in precedenza.

Le indagini eseguite hanno consentito di ricostruire il modello del sottosuolo relativo all'area in esame; sono stati individuati:

AMBIENTE CONTINENTALE

- *Rif - Accumuli di rifiuti* – presentano spessore fino a m 5 circa, collocati all'interno del perimetro di discarica.
- *Rip - Riporto* – derivante dalla coltivazione della discarica, distribuito presso la sua superficie a copertura dei rifiuti.
- *All - Depositi alluvionali* – rilevabili presso l'alveo del fiume Sinello, costituiti da ghiaie prevalentemente carbonatiche, eterometriche, in matrice generalmente sabbiosa di colore da biancastro ad avano, localmente limosa (Olocene – Pleistocene superiore).
- *DF - Depositi di frana* – si rinvencono diffusamente sul versante esaminato, a valle dell'area di discarica; presentano tessiture differenti da limi sabbiosi a ghiaie e coinvolgono sia i depositi superficiali, sia parte del substrato.

AMBIENTE PELAGICO

- *TF - Depositi Formazione Tufillo* – affiorano nell'area di intervento, costituita da calcilutiti biancastri con intercalazione di marne argillose di colore bluastre e di calcareniti; la formazione verso il basso presenta anche banchi massicci di calciruditi; strutturalmente si presentano in strati di spessore variabile da centimetrico a decimetrico, intensamente fratturati (particolarmente nella porzione superiore) con immersione generalmente a nord – est e valori di inclinazione prossimi ai 40°. La formazione è di età messiniana – tortoniana.

La successione stratigrafica descritta è il risultato successive fasi sedimentarie, di variazioni climatiche e di paleoambienti.

In un dominio pelagico (mare profondo), nell'intervallo di tempo Pliocene superiore – Pleistocene inferiore, si assiste alla deposizione di

litotipi caratterizzati da granulometria da fine a finissima (limi e argille) in un contesto di bassa energia.

In seguito a sollevamenti tettonici dell'area e alla variazione del livello marino (anche ad opera delle glaciazioni), si passa, nel Pleistocene, ad un ambiente "di transizione" tra il continentale e il pelagico (delta fluviali) caratterizzato da elevata energia di sedimentazione che permette il deposito di materiali a granulometria media e grossolana (sabbie e ghiaie). Si assiste, successivamente, alla mobilitazione di volumi di terreno ad opera di estesi fenomeni gravitativi, originatisi in condizioni morfoclimatiche differenti dalle attuali, successivamente parzialmente occultati da depositi alluvionali e coperture detritiche. La cartografia tematica e la sezione interpretati va allegata, forniscono una ricostruzione del modello geologico dell'area esaminata.

4 CAUSE DEL DISSESTO

Le cause del fenomeno gravitativo quiescente, rilevabile a valle della discarica, sono da ricondurre ai seguenti fattori:

- *condizioni idrauliche del versante* - caratterizzate dalla presenza di unità a permeabilità molto elevata in corrispondenza dei depositi superficiali e delle formazioni litoidi fratturate, posti a contatto con i sottostanti depositi limoso – argillosi di permeabilità estremamente bassa (che fungono in pratica da limite di permeabilità definito), potrebbero aver determinato elevati contrasti di permeabilità che hanno prodotto elevate pressioni neutre nel versante..
- *Erosione lineare esercitata dai corsi d'acqua* - essi, approfondendo il relativo alveo, determinano la destabilizzazione del piede del versante inducendo un adattamento di esso alle nuove condizioni geometriche ed energetiche che si esplica attraverso movimenti di massa.
- *Energia di rilievo* – legata alla geometria del versante.
- *Assetto strutturale e presenza di discontinuità nei depositi* – l'area è caratterizzata da una complessa articolazione strutturale che ha localmente prodotto un elevato stato di fratturazione dei depositi facendone decadere le proprietà geotecniche, favorendo la genesi di fenomeni di instabilità.
- *Esposizione agli agenti esogeni* – le acque meteoriche e di ruscellamento innescano fenomeni di dilavamento superficiale.

L'evoluzione geomorfologica dell'area esaminata, è stata influenzata minimamente da strutture sismogenetiche (non rilevabili nelle vicinanze). L'azione di eventi sismici potrebbe incidere direttamente sulle scarpate determinando sia il crollo di materiale (blocchi, ciottoli e colate detritiche), sia fenomeni di amplificazione sismica.

Si rimanda alla Relazione Geologica per approfondimenti.

5 VERIFICA DI STABILITA'

Al fine di poter valutare la compatibilità degli interventi con l'assetto morfologico del territorio, si è provveduto ad effettuare verifiche di stabilità del tratto di versante in cui si rileva la scarpata, immediatamente a valle della discarica.

La metodologia di calcolo ed i risultati ottenuti sono illustrati e commentati nei paragrafi successivi.

5.1 MODELLO DEL VERSANTE

Si è provveduto alla realizzazione di un modello di versante utilizzando una sezione topografica in cui è stata inserita l'opera di contenimento di progetto (terra rinforzata).

5.2 MODELLO DI CALCOLO

Le verifiche di stabilità sono state eseguite con il metodo di [JANBU](#) utilizzando una maglia dei centri e superfici di scorrimento cilindriche.

A fini cautelativi sono state assunte le seguenti condizioni:

- versante costituito da unica unità geotecnica (rifiuti), trascurando il contributo delle formazioni geologiche di proprietà meccaniche superiori;

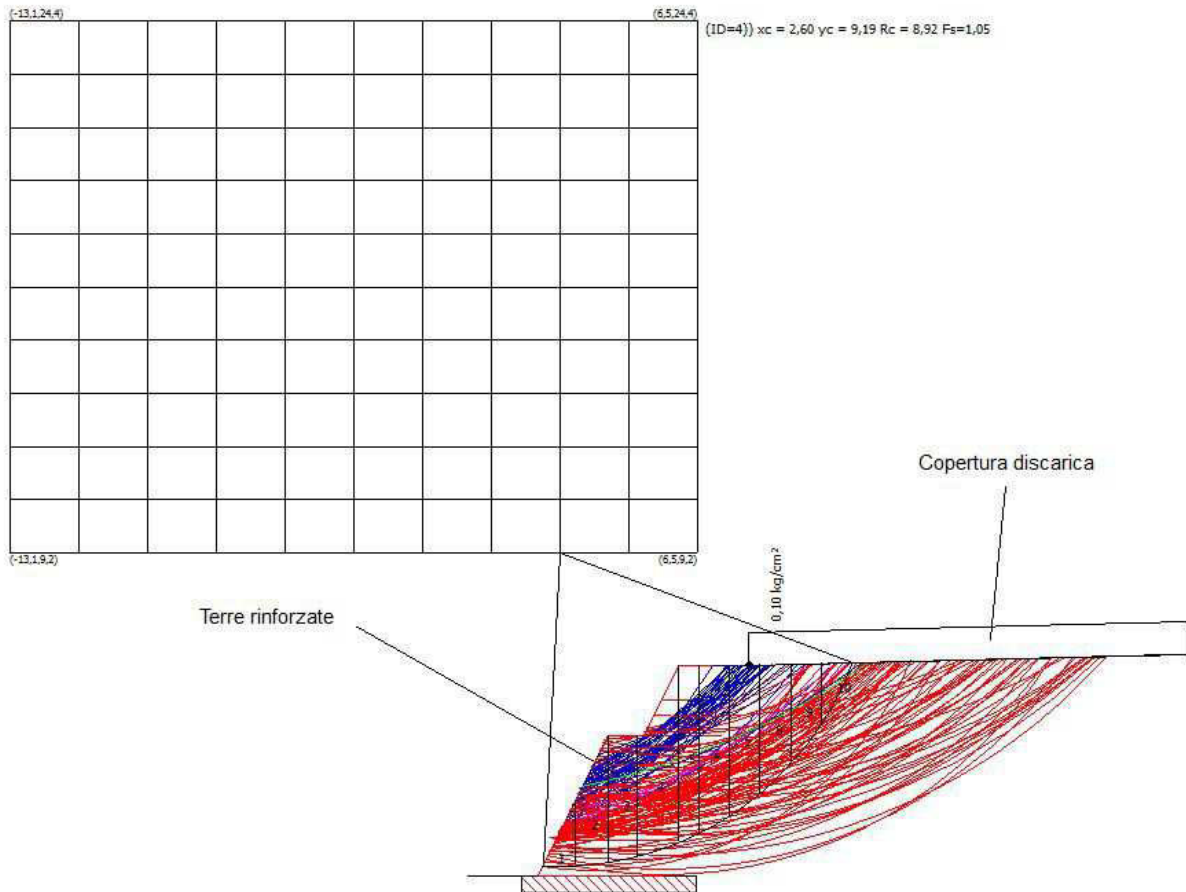


Figura 2 – Superfici di scorrimento calcolate

5.5 CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE E VOLUMETRICHE DELLA FRANA

Per le caratteristiche morfometriche della frana a valle della discarica, si rimanda alla Relazione Geologica.

Per maggiori dettagli sulla morfometria, si rimanda alla Relazione Geologica.

6 RACCOMANDAZIONI PER UNA CORRETTA PROGETTAZIONE DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE DELL'AREA E CONCLUSIONI

Il sito in esame è collocato a monte di una scarpata di altezza metrica a valle della quale, si estende un'area interessata da fenomeni gravitativi in stato di quiescenza. La morfologia dei luoghi, rende necessaria la realizzazione di opere finalizzate alla preservazione e/o miglioramento delle condizioni di stabilità della scarpata a monte della quale si ubica la discarica in esame; si raccomanda di:

- asportare la coltre di alterazione più superficiale prima della realizzazione delle opere;
- eseguire pulitura del fronte di scarpata a valle della discarica ed eseguire eventuale disaggancio di blocchi instabili;
- non applicare carichi a monte del versante o trasmetterli in profondità in modo da non gravare sugli equilibri del pendio;
- limitare l'infiltrazione delle acque meteoriche ed eseguire una corretta regimazione delle stesse presso l'area in esame e prevedere la raccolta di eventuali acque di infiltrazione;
- realizzare opere di consolidamento presso il fronte della scarpata a valle della discarica;

- prevedere la realizzazione di opere finalizzate alla mitigazione dell'erosione superficiale del fronte di scarpata ad opera degli agenti meteorici;
- attenersi a quanto previsto dalla normativa vigente in materia di calcoli in zona sismica;
- verificare nel corso della esecuzione dei lavori, con la presenza di un geologo, l'assetto geologico stratigrafico del sito ed eventualmente provvedere tempestivamente ad apportare modifiche al progetto qualora il modello geologico elaborato fosse difforme da quanto osservato direttamente nel corso dei lavori.

Gli interventi in progetto, soddisfano le raccomandazioni progettuali precedentemente illustrate, infatti:

- si prevede l'asportazione della coltre superficiale presso cui realizzare le opere di contenimento e la pulitura del fronte della scarpata;
- i carichi aggiuntivi previsti in seguito alla realizzazione della copertura del corpo di discarica (circa 50 cm di terreno non addensato), comporta un minimo **aumento di carico che, non dovrà in nessun caso essere superiore a 0,1 kg/cm²** entità oltre la quale, sarà necessario apportare modifiche alle geometrie delle opere previste presso la scarpata;
- il progetto prevede la regimazione delle acque meteoriche.

Alla luce di quanto esposto, verificati gli elaborati di progetto, condotte le analisi di stabilità prima e dopo la realizzazione dei lavori in progetto, le opere in esame si ritengono compatibili con l'assetto del territorio.

Si rimanda alle specifiche sessioni del presente elaborato, agli Allegati e alla Relazione Geologica per approfondimenti.

Guardiagrele, febbraio 2013

Dott. Geol. Fabio Ferri

VERIFICA DI STABILITA' - RELAZIONE DI CALCOLO -

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Lat./Long.	42,0161727427127/14,5019984383899
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-13,08 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	9,19 m
Ascissa vertice destro superiore xs	6,52 m
Ordinata vertice destro superiore ys	24,36 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,42	2,49	0,29
S.L.D.	50,0	0,51	2,54	0,33
S.L.V.	475,0	1,07	2,66	0,46
S.L.C.	975,0	1,36	2,62	0,51

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,8064	0,2	0,0164	0,0082
S.L.D.	0,9792	0,2	0,02	0,01
S.L.V.	2,0544	0,24	0,0503	0,0251
S.L.C.	2,6112	0,24	0,0639	0,032

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0639
Coefficiente azione sismica verticale	0,03 2

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	2,0	0,0
3	4,0	4,0
4	5,0	4,0
5	6,0	6,0
6	8,0	6,0
7	6,0	6,0
8	8,0	6,0
9	6,0	6,0

VERIFICA DI STABILITA' - RELAZIONE DI CALCOLO -

10	8,0	6,0
11	20,0	6,3

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0		30	1400	1600	0,00	Rifiuti	

Terra rinforzata

No	X (m)	Y (m)	Stato	Tipologia
1	2	0	Attivato	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	8	6	20,5	6,3125	0,1

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,05
Ascissa centro superficie	2,6 m
Ordinata centro superficie	9,19 m
Raggio superficie	8,92 m

Numero di superfici esaminate....(136)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	-0,3	10,0	8,8	20,00
2	0,6	9,2	7,4	20,00
3	1,6	10,0	8,9	1,65
4	2,6	9,2	8,9	1,05
5	3,6	10,0	9,8	1,25
6	4,6	9,2	6,0	1,27
7	5,5	10,0	6,3	1,55
8	6,5	9,2	5,7	1,86
9	-1,3	10,7	10,2	20,00
10	-0,3	11,5	9,7	20,00
11	0,6	10,7	10,1	3,71
12	1,6	11,5	10,4	1,43
13	2,6	10,7	9,7	1,11
14	3,6	11,5	11,2	1,31
15	4,6	10,7	8,9	1,54
16	5,5	11,5	7,3	1,67
17	6,5	10,7	6,6	2,00
18	-3,3	12,2	12,0	20,00
19	-2,3	13,0	12,6	20,00
20	-1,3	12,2	11,1	20,00
21	-0,3	13,0	10,6	20,00
22	0,6	12,2	11,0	3,81
23	1,6	13,0	11,0	1,65
24	2,6	12,2	10,2	1,17
25	3,6	13,0	8,9	1,31
26	4,6	12,2	8,1	1,45
27	5,5	13,0	13,0	1,76
28	6,5	12,2	8,9	1,94
29	-4,3	14,5	14,5	20,00

VERIFICA DI STABILITA' - RELAZIONE DI CALCOLO -

30	-2,3	14,5	13,4	20,00
31	-1,3	13,7	13,2	6,22
32	-0,3	14,5	13,9	4,18
33	0,6	13,7	12,5	2,87
34	1,6	14,5	13,0	2,24
35	2,6	13,7	12,3	1,39
36	3,6	14,5	13,0	1,48
37	4,6	13,7	10,2	1,60
38	5,5	14,5	14,3	1,79
39	6,5	13,7	12,6	2,00
40	-4,3	16,0	15,9	20,00
41	-3,3	15,3	15,0	20,00
42	-2,3	16,0	15,6	10,42
43	-1,3	15,3	13,5	20,00
44	-0,3	16,0	15,3	3,46
45	0,6	15,3	14,5	2,10
46	1,6	16,0	14,4	3,07
47	2,6	15,3	14,6	1,65
48	3,6	16,0	15,3	1,55
49	4,6	15,3	14,8	1,67
50	5,5	16,0	14,4	1,89
51	6,5	15,3	12,2	2,13
52	-5,2	16,8	16,9	20,00
53	-4,3	17,5	17,4	20,00
54	-3,3	16,8	15,8	20,00
55	-2,3	17,5	15,8	20,00
56	-1,3	16,8	16,2	1,98
57	-0,3	17,5	16,0	12,16
58	0,6	16,8	15,2	3,45
59	1,6	17,5	15,7	3,42
60	2,6	16,8	15,0	3,18
61	3,6	17,5	16,7	1,61
62	4,6	16,8	15,0	1,76
63	5,5	17,5	16,9	1,91
64	6,5	16,8	14,3	2,18
65	-6,2	19,1	19,3	20,00
66	-5,2	18,3	17,7	20,00
67	-4,3	19,1	18,2	20,00
68	-3,3	18,3	16,7	20,00
69	-2,3	19,1	18,5	2,83
70	-1,3	18,3	17,6	1,91
71	-0,3	19,1	18,2	1,43
72	0,6	18,3	17,4	2,31
73	1,6	19,1	17,1	1,41
74	2,6	18,3	15,2	1,52
75	3,6	19,1	16,9	1,70
76	4,6	18,3	17,6	1,77
77	5,5	19,1	17,9	1,99
78	6,5	18,3	15,3	2,27
79	-8,2	20,6	21,4	20,00
80	-7,2	19,8	20,4	24,00
81	-6,2	20,6	20,1	20,00
82	-5,2	19,8	19,2	20,00
83	-4,3	20,6	19,1	20,00
84	-3,3	19,8	19,4	5,33
85	-2,3	20,6	19,9	2,68
86	-1,3	19,8	19,1	1,91
87	-0,3	20,6	18,7	2,03
88	0,6	19,8	17,9	1,51
89	1,6	20,6	19,5	1,48
90	2,6	19,8	17,6	1,59
91	3,6	20,6	18,3	1,75
92	4,6	19,8	17,6	1,88
93	5,5	20,6	18,9	2,07
94	6,5	19,8	17,7	2,28
95	-7,2	21,3	21,8	20,00
96	-6,2	22,1	21,6	20,00
97	-5,2	21,3	20,6	20,00
98	-4,3	22,1	21,8	11,03
99	-3,3	21,3	20,8	4,07

VERIFICA DI STABILITA' - RELAZIONE DI CALCOLO -

100	-2,3	22,1	21,4	2,76
101	-1,3	21,3	20,5	2,03
102	-0,3	22,1	20,1	2,67
103	0,6	21,3	20,3	1,40
104	1,6	22,1	21,0	1,54
105	2,6	21,3	20,2	1,63
106	3,6	22,1	19,6	1,82
107	4,6	21,3	20,1	1,90
108	5,5	22,1	19,9	2,15
109	6,5	21,3	18,7	2,37
110	-10,1	23,6	24,9	20,00
111	-9,2	22,8	23,8	20,00
112	-8,2	23,6	24,2	20,00
113	-7,2	22,8	22,5	20,00
114	-6,2	23,6	23,0	20,00
115	-5,2	22,8	22,1	20,00
116	-4,3	23,6	22,4	20,00
117	-3,3	22,8	20,6	20,00
118	-2,3	23,6	22,8	2,84
119	-1,3	22,8	20,9	5,23
120	-0,3	23,6	20,3	1,37
121	0,6	22,8	20,6	2,44
122	1,6	23,6	22,4	1,60
123	2,6	22,8	19,0	1,75
124	3,6	23,6	22,4	1,84
125	4,6	22,8	19,7	2,05
126	5,5	23,6	19,5	2,46
127	6,5	22,8	18,3	2,87
128	-9,2	24,4	25,3	20,00
129	-7,2	24,4	24,0	20,00
130	-5,2	24,4	23,4	20,00
131	-3,3	24,4	23,7	3,23
132	-1,3	24,4	22,3	15,11
133	0,6	24,4	23,1	1,52
134	2,6	24,4	23,1	1,73
135	4,6	24,4	20,7	2,14
136	6,5	24,4	21,0	2,55

VERIFICHE INTERNE

Posizione rinforzi

ID	Xrinf./Yrinf. m	xc, yc, rc	Fsmin	Verifiche interne
0*1	0/0	--	--	--
0*2	0/0	--	--	--
0*3	0/0	--	--	--
0*4	0/0	--	--	--
0*5	0/0	--	--	--
0*6	0/0	--	--	--
0*7	0/0	--	--	--
0*8	0/0	--	--	--
0*9	0/0	--	--	--
0*10	0/0	--	--	--
1*1	2/0	--	--	Tieback
1*2	2,5/1	--	--	Tieback
1*3	3/2	--	--	Tieback
1*4	3,5/3	--	--	Tieback
1*5	5/4	--	--	Tieback

TERRE RINFORZATE - VERIFICHE -

Descrizione		
Coefficiente azione sismica orizzontale		0,0479
Coefficiente azione sismica orizzontale		0,024

Geometria		
Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	2,0	4,0
3	3,0	4,0
4	4,0	6,0
5	6,0	6,0
6	4,0	0,0

			Terreno rinforzo	

Peso unità di volume	1900,0	Kg/m³		
Peso unità di volume saturo	2050,0	Kg/m³		
Angolo di resistenza a taglio	33,0	°		
Coesione	0,0	kg/cm²		
Angolo attrito terreno rinforzo	22,0	°		

Terreno riempimento			-----	
Peso unità di volume	1400,0	Kg/m³		
Peso unità di volume saturo	1600,0	Kg/m³		
Angolo di resistenza a taglio	30,0	°		
Coesione	0,0	kg/cm²		
Angolo di attrito terra muro	20,0	°		

Terreno fondazione			-----	
Peso unità di volume	1900,0	Kg/m³		
Peso unità di volume saturo	2100,0	Kg/m³		
Angolo di resistenza a taglio	24,0	°		
Coesione	0,0	kg/cm²		

Posizione rinforzi												
Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezz a ripiegatur a (Lrip) (m)	Lunghezz a facciata (Lf) (m)	Lunghezz a non efficace (Lr) (m)	Lunghezz a efficace (Le) (m)	Lunghezz a totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza sfilament o	Tensione rinforzo (kg/cm²)	Fattore sicurezza rottura
1	0,0	0,0	(9) XGrid PET PVC 150/30 IT	1	1	0	3,5	3,5	1	8,77	--	2,45
2	0,5	1,0	(9) XGrid PET PVC 150/30 IT	1	1	0,04	3,46	3,5	1	8,66	--	2,94
3	1,0	2,0	(9) XGrid PET PVC 150/30 IT	1	1	0,09	3,41	3,5	1	8,55	--	3,67
4	1,5	3,0	(9) XGrid PET PVC 150/30 IT	1	1	0,13	3,37	3,5	1	8,44	--	4,9
5	3,0	4,0	(9) XGrid PET PVC 150/30 IT	1	1	0	2,2	2,2	1	5,51	--	7,35

TERRE RINFORZATE - VERIFICHE -

6	3,5	5,0	(9) XGrid PET PVC 150/30 IT	1	1	0	2,1	2,1	1	5,26	--	14,69
---	-----	-----	--------------------------------------	---	---	---	-----	-----	---	------	----	-------

Elenco rinforzi

Tipo	Descrizione	Struttura (mm)	Resistenza
1	STRIP 15x5	Strisce Larghezza, Spessore=15/5	370 N/mm²
2	BAR Ø20	Barre Diametro=20	370 N/mm²
3	SHEET 330	Geosintetici	330 kN/m
4	SHEET 401	Geosintetici	401 kN/m
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	Geosintetici	23,55 kN/m
6	XGrid PET PVC 60/30 IT	Geosintetici	35,33 kN/m
7	XGrid PET PVC 80/30 IT	Geosintetici	47,11 kN/m
8	XGrid PET PVC 110/30 IT	Geosintetici	64,77 kN/m
9	XGrid PET PVC 150/30 IT	Geosintetici	88,32 kN/m

Combinazione 1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Spinta falda	1,00
4	Spinta sismica in x	1,00
5	Spinta sismica in y	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione	1
3	Coesione non drenata	1
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

Combinazione 1
Posizione rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Lunghezza a facciata (Lf) (m)	Lunghezza a non efficace (Lr) (m)	Lunghezza a efficace (Le) (m)	Lunghezza a totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza sfilamento	Tensione rinforzo (kg/cm²)	Fattore sicurezza rottura
1	0,0	0,0	(9) XGrid PET PVC 150/30 IT	1	1	0	3,5	3,5	1	8,77	--	2,45
2	0,5	1,0	(9) XGrid PET PVC 150/30 IT	1	1	0,04	3,46	3,5	1	8,66	--	2,94
3	1,0	2,0	(9) XGrid PET PVC 150/30 IT	1	1	0,09	3,41	3,5	1	8,55	--	3,67
4	1,5	3,0	(9) XGrid PET PVC 150/30 IT	1	1	0,13	3,37	3,5	1	8,44	--	4,9
5	3,0	4,0	(9) XGrid PET PVC 150/30 IT	1	1	0	2,2	2,2	1	5,51	--	7,35
6	3,5	5,0	(9) XGrid PET PVC 150/30 IT	1	1	0	2,1	2,1	1	5,26	--	14,69

TERRE RINFORZATE - VERIFICHE -

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (6,0/0,0)$ m

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (6,0/6,0)$ m

Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$ m

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato;
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kg/cm ²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β
6,0	0,0	1400,0	0,0	30,0	20,0	0,0	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,
Dk	Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk
70,0	0,3	0,33	0,03

Spinte risultanti e punto di applicazione

Fx	Forza in direzione x (Kg);
Fy	Forza in direzione y (Kg);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	7040,47	2562,52	6,32	6,32
Spinta incremento sismico	749,81	272,91	6,32	2,11
Spinta statica sovraccarico	0,0	0,0	6,32	6,32
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	6324,56	0,0	3,16
Peso muro	1729,19	36100,0	6,32	6,32

Momento stabilizzante 133832,8 Kgm

Momento ribaltante 20973,86 Kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	9519,47	Kg
Sommatoria forze verticali	38935,43	Kg
Coefficiente di attrito	0,45	
Adesione	0,0	kg/cm ²
Angolo piano di scorrimento	360,0	°
Forze normali al piano di scorrimento	38935,43	Kg
Forze parall. al piano di scorrimento	9519,48	Kg
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,82	

Traslazione verificata Csd>1,3

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	133832,8 Kgm
Momento ribaltante	20973,86 Kgm

Coeff. sicurezza ribaltamento Csv **6,38**

Muro verificato a ribaltamento Csv>1,5

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	9519,47	Kg
Somma forze in direzione y (Fy)	38935,43	Kg
Somma momenti	-112859,0	Kgm
Larghezza fondazione	5,0	m

TERRE RINFORZATE - VERIFICHE -

Lunghezza	1,0 m
Eccentricità su B	0,4 m
Peso unità di volume	1900,0 Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	24,0 °
Coesione	0,0 kg/cm ²
Terreno sulla fondazione	0,5 m
Peso terreno sul piano di posa	1900,0 Kg/m ³
Nq	9,6
Nc	19,32
Ng	9,44
sq	1,11
sc	1,12
sg	0,9
iq	0,72
ic	0,68
ig	0,54
Carico limite verticale (Qlim)	107889,6 Kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	2,77
Carico limite verificato Csq>2	

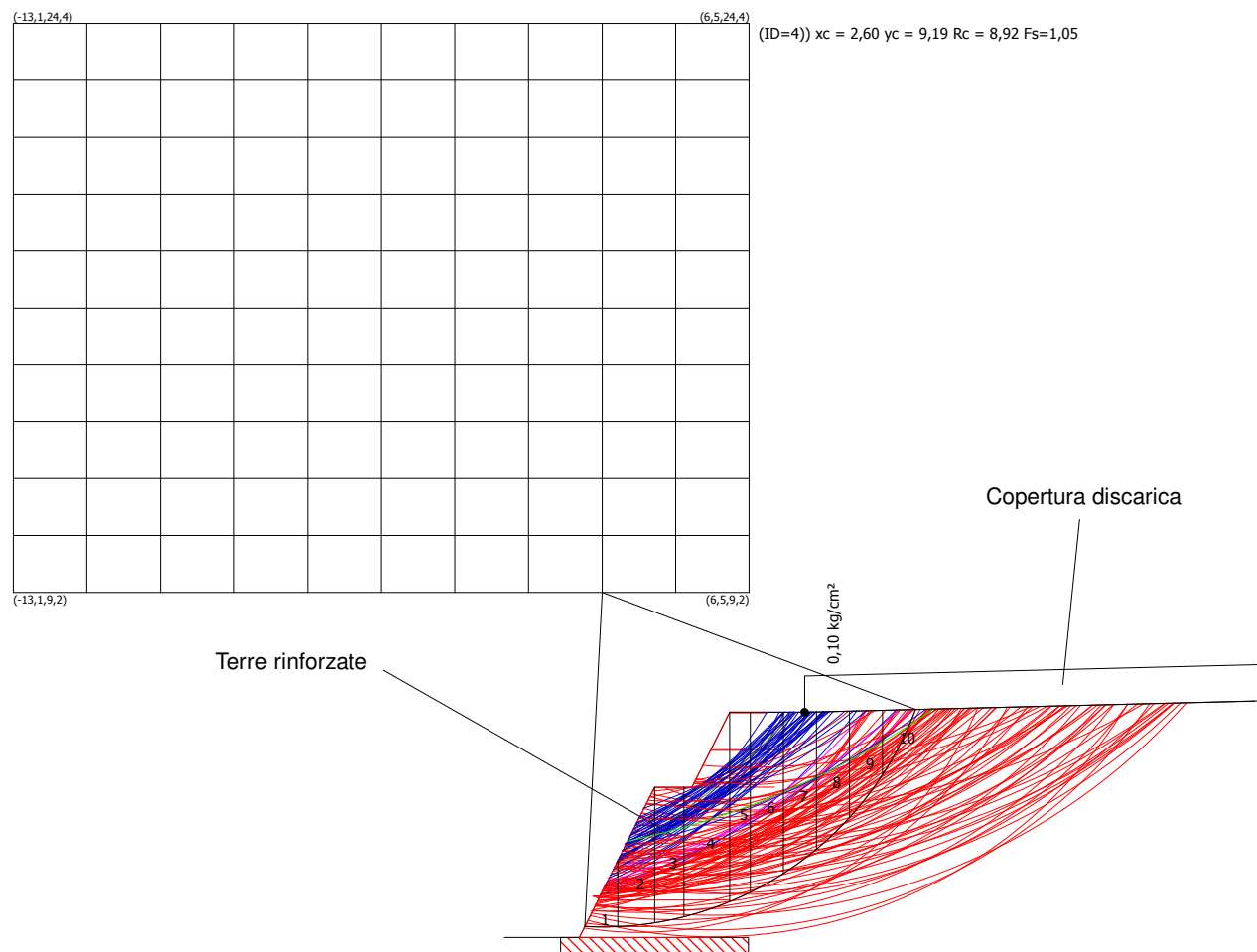
Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	2,9 m
Larghezza della fondazione	5,0 m

x = 0,0	Tensione...	0,41 kg/cm ²
x = 5,0	Tensione...	1,15 kg/cm ²

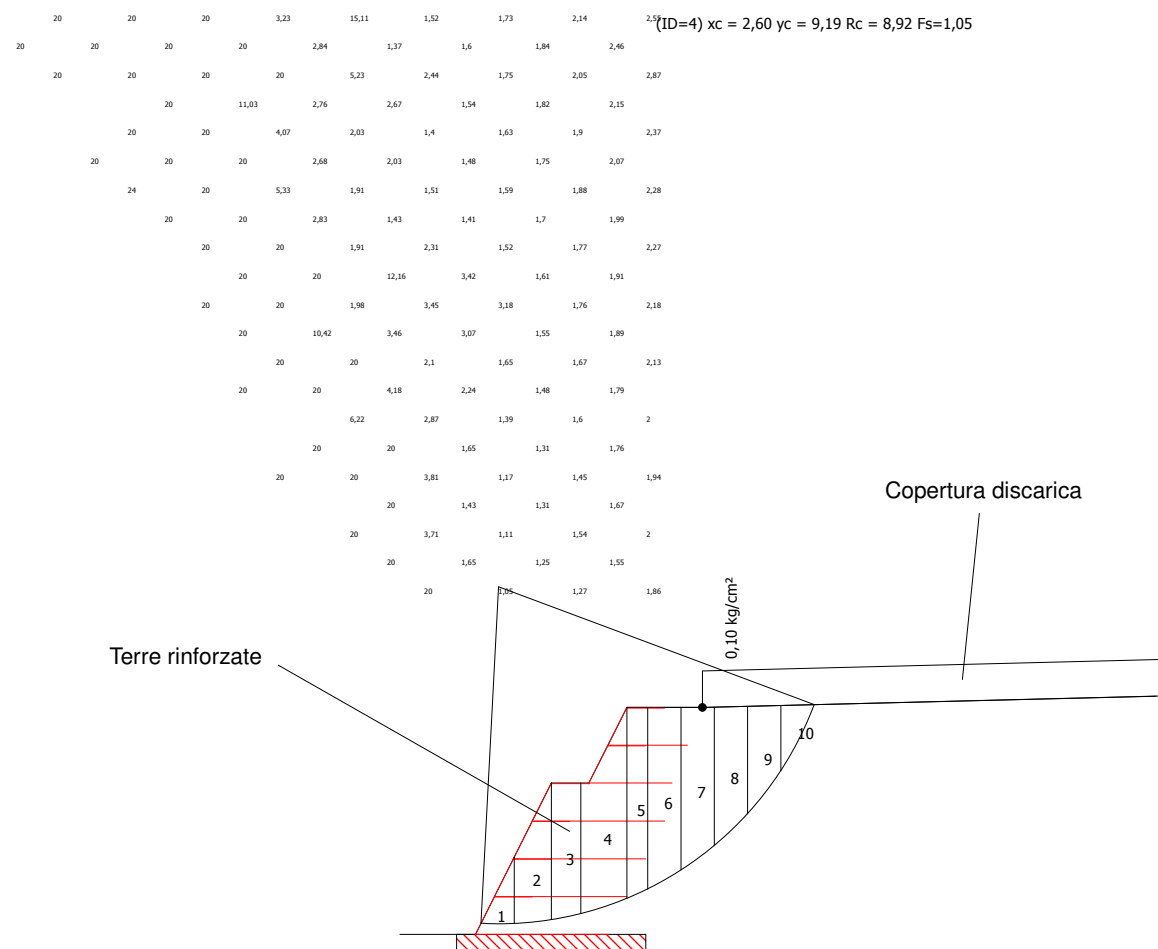
SUPERFICI DI SCORRIMENTO CALCOLATE

scala 1 : 200

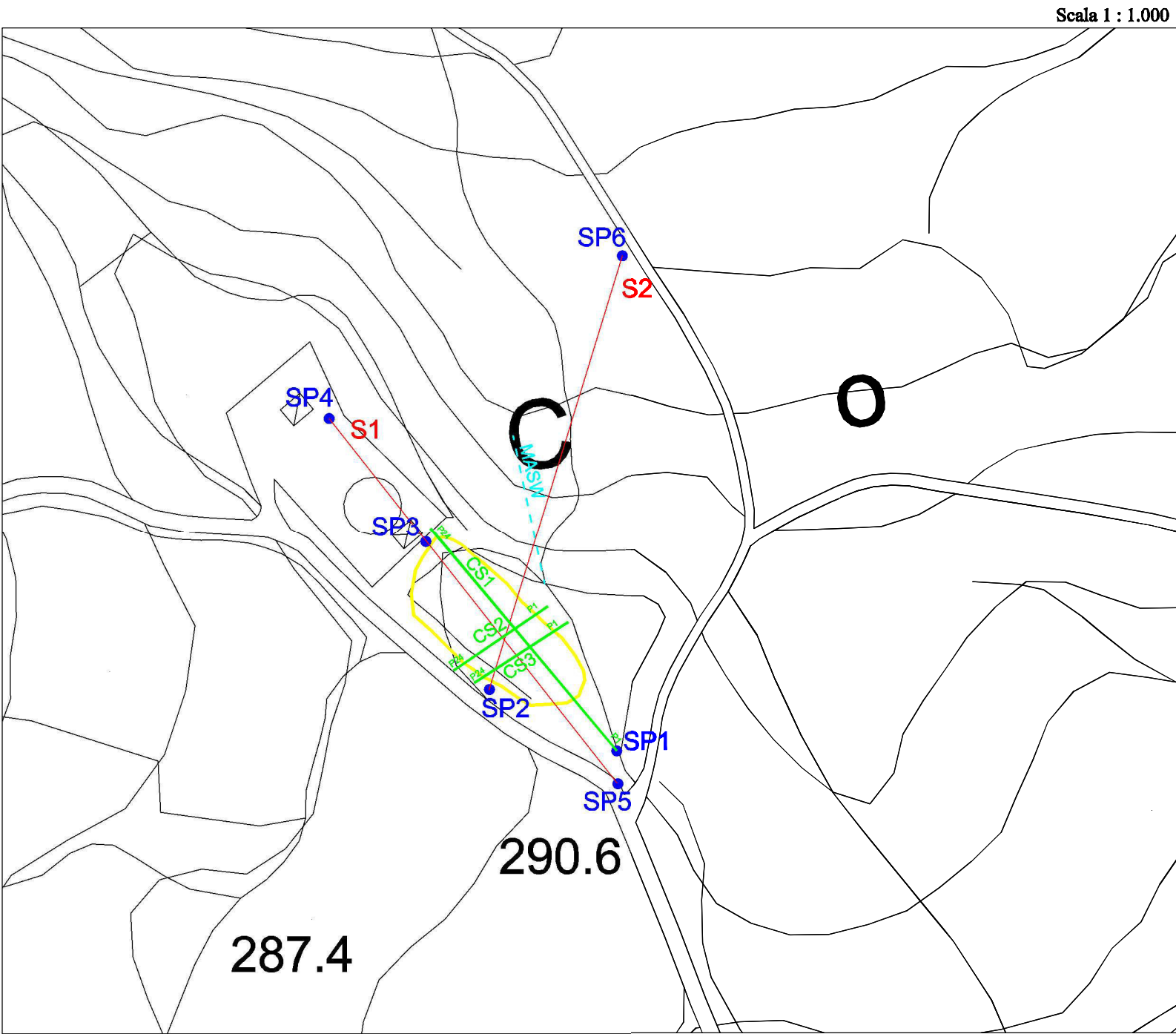
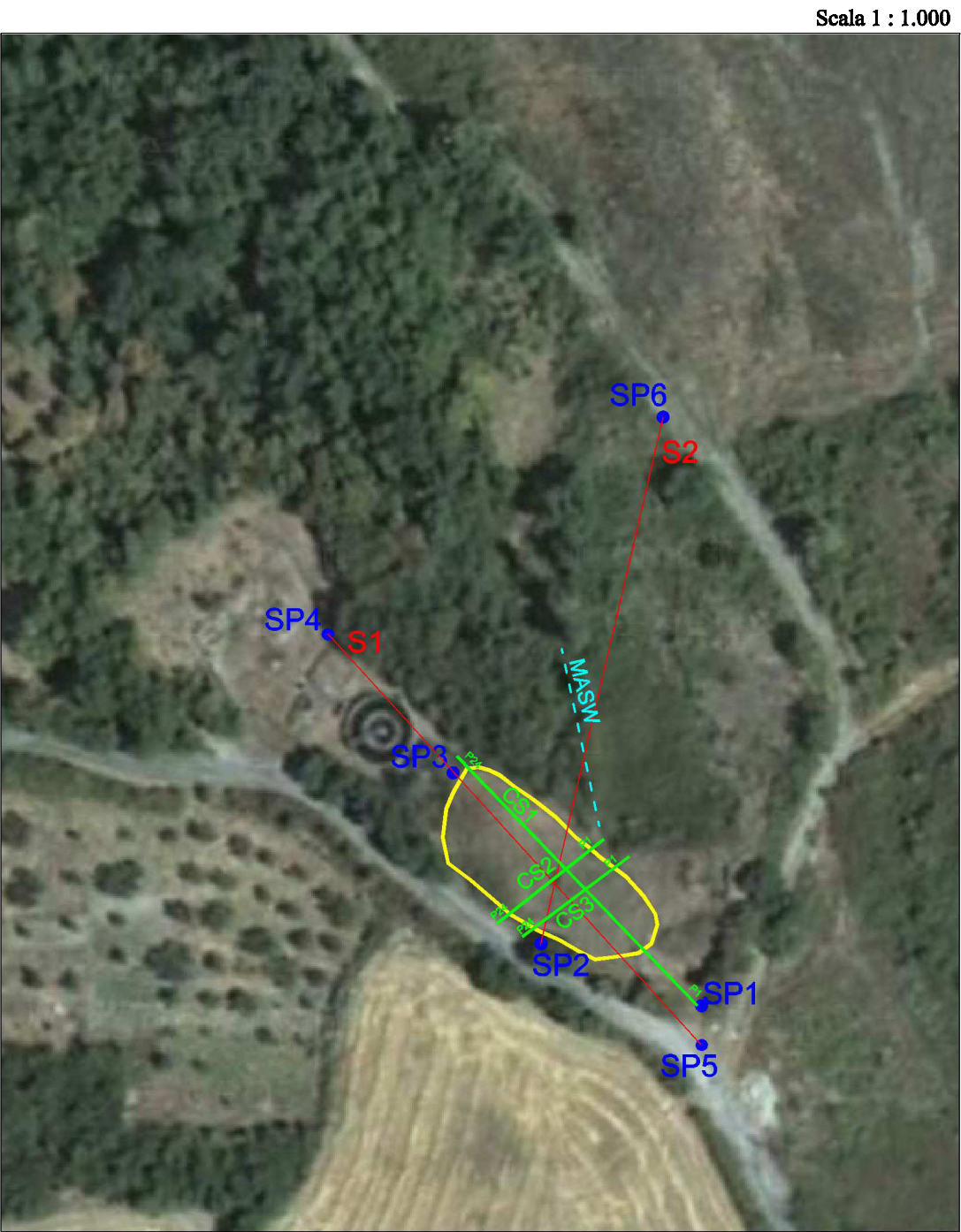


MAPPA FATTORI DI SICUREZZA (con superficie di scorrimento con F_s minimo)

scala 1 : 200



UBICAZIONE INDAGINI E COORDINATE GEOGRAFICHE SONDAGGI

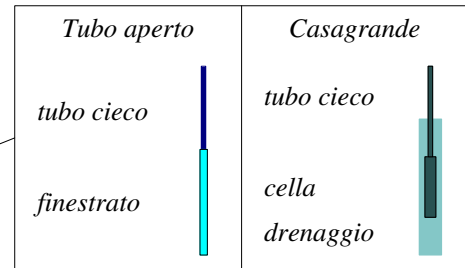


CODICE SONDAGGIO	LATITUDINE	LONGITUDINE	QUOTA (m s.l.m.)	DATA ESECUZIONE	<div>LEGENDA:</div> <div><div></div>Perimetro presunto scarica</div> <div><div>• SPn</div>Sondaggio geognostico con piezometro</div> <div><div>— CSn</div>Stendimento geoelettrico (P1-P 24: picchetti)</div> <div><div>— MASW</div>Stendimento sismico MASW</div> <div><div>— Sn</div>Traccia sezione interpretativa</div>
------------------	------------	-------------	------------------	-----------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

LEGENDA STRATIGRAFIA

ø mm	R v	A r s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 4) Piezometri
- 5) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Resistenza alla punta (kg/cm²)
- 9) Vane test (kg/cm²)
- 10) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di N_{spt}
- 13) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Profondità della base dello strato (m)
- 15) Descrizione della litologia dello strato



She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT

SCALA 1 : 50

Pagina 1/1

Perforazione: Carotaggio continuo a secco

	V	F	S	batt.	Lithocorn 	P	T	M	N	O --- 100	S.F.T.	N	O --- 100	m	----- m
	 												 		Diperts limosa - coralline bruna

STRATIGRAFIA - SP2

SCALA 1 : 50

Pagina 1/1

Riferimento: Indagine ambientale preliminare	Sondaggio: SP2
Località: Colle Mulino - Carpineto Sinello (CH)	Quota: 287,5
Impresa esecutrice: Tecnosoil s.n.c.	Data: 28.09.2007
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Fabio Ferri

Perforazione: Carotaggio continuo a secco


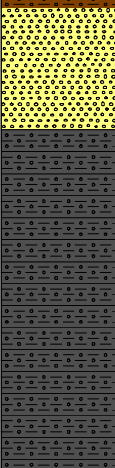
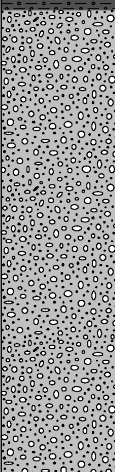
Ø mm	R v	A r	S s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
127					1										Riporto sabbioso, ghiaioso e ciottoloso.
					2									1.5	Limo argilloso, sabbioso di colore da nocciola a grigio bruno con concrezioni calcitiche.
					3		1) Dis < 3.10 3.40								
					4									4.3	
					5									4.7	Limo argilloso, sabbioso di colore marrone con frequentissimi livelli di concrezioni calcitiche, ed elevata frazione sabbiosa (rilevabili ghiaie con ciottolo inferiori al centimetro).
					6									5.6	Ghiaia carbonatica e frammenti di selce in matrice limoso - argillosa grigia. Presenti livelli centimetrici di calcarenite e arenaria.
					7		2) Dis < 6.10 6.40							7.0	Ghiaia carbonatica e frammenti di selce in matrice limoso - argillosa grigia. Presenti livelli centimetrici di calcarenite e arenaria. Livello limoso - argilloso da m 6,50 a m 6,90. Da m 6,00 a m 6,50 livelli ossidati di colore bruno con lieve odore di sostanze bituminose.
					8										
					9										
101					10									10,0	Limo argilloso da grigio a nerastro.

SCALA 1 : 50 Pagina 1/1

Pagina 1/1

Perforazione: Carotaggio continuo a secco

Ø mm	R %	A %	Pz %	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	V
---------	--------	--------	---------	-------	-----------	----------	----	---

ø mm	R v	A r s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	
										S.P.T.	N				
127														Riporto limoso, sabbioso, ghiaioso e ciottoloso marrone.	
														1.7	Limo argilloso, di colore nocciola con livelletti sabbiosi ocrei e incrostazioni calcitiche.
														3.4	Sabbia giallastra con livelli ocrei ossidati e livelletti limosi di colore da nocciola a grigio.
														4.2	Limo bruno - grigiastro con livelli sabbiosi grigi e ocrei; presenti livelli ghiaiosi in matrice limosa (ciottoli inferiori al centimetro). Da m 4,20 a m 4,40 livello limoso bruno con frammenti lignei parzialmente carbonificati.
														6.5	Ghiaia prevalentemente carbonatica e in minor tenore silicea in matrice limoso - argillosa grigia.
101						1) Dis < 3,60 3,90									
														4	
														5	
														6	
														7	
						2) Dis < 7,50 7,90									
														8	
														9	
														10	
														10.0	

STRATIGRAFIA - SP4

SCALA 1 : 50 Pagina 1/1

Riferimento: Indagine ambientale preliminare	Sondaggio: SP4
Località: Colle Mulino - Carpineto Sinello (CH)	Quota: 283,5
Impresa esecutrice: Tecnosoil s.n.c.	Data: 07.01.2008
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Fabio Ferri
Perforazione: Carotaggio continuo a secco	

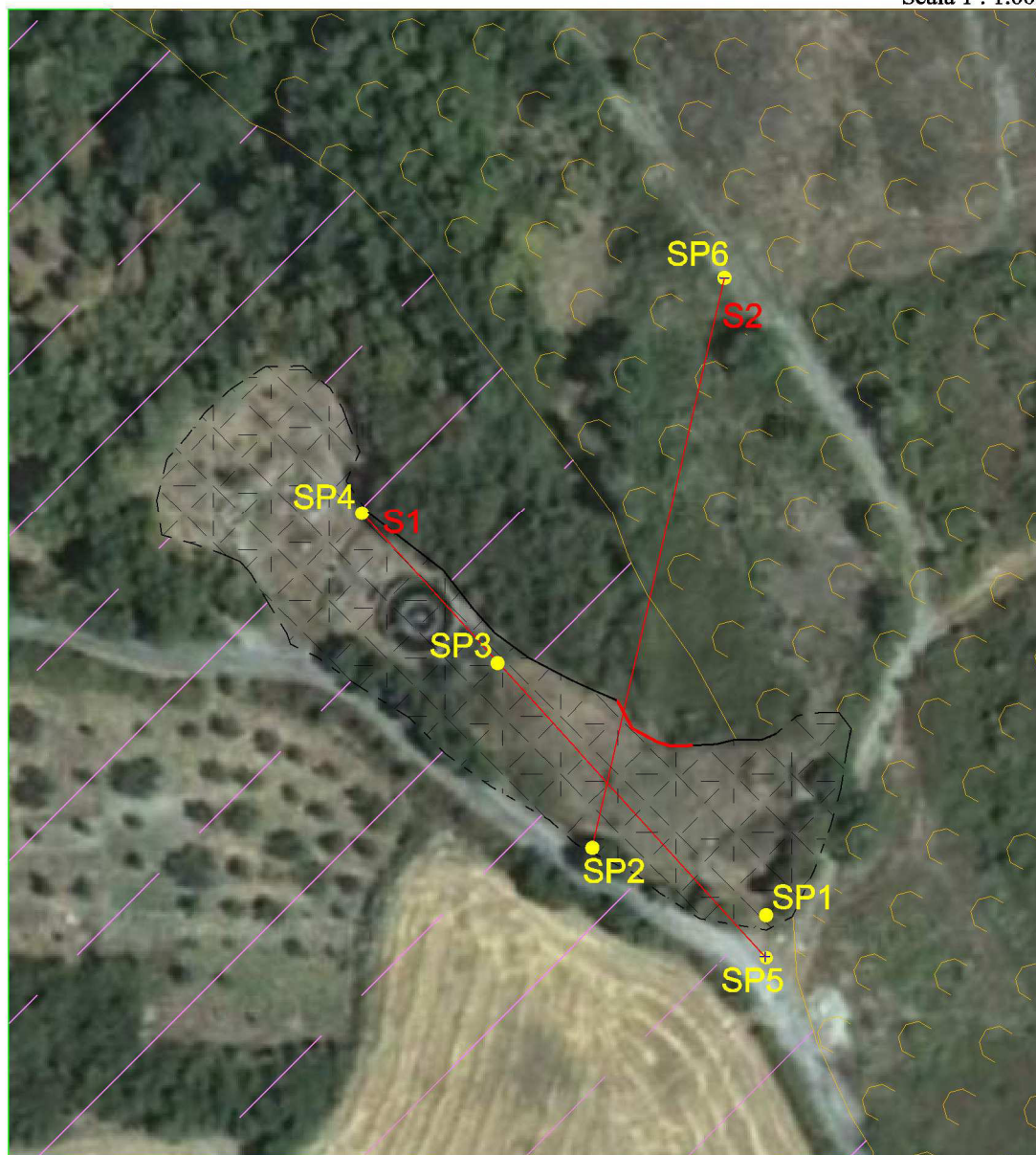
ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
127														Copertura vegetale: limo sabbioso bruno con elementi vegetali.
				0.6										
				1										Sabbia limosa giallastra con livelli ocrei ossidati e livelletti limosi di colore da nocciola a grigio.
				2		1) Dis < 2,00 2,30								Limo argilloso di colore da nocciola a grigio con livelli sabbiosi giallastri concrezioni calcitiche e ghiaia carbonatica (ciottoli di diametro subcentimetrico).
				3										
				4										
				5										
				6										
				7										
				8										
101				9										
				10		2) Dis < 6,50 7,00								Ghiaia prevalentemente carbonatica e in minor tenore silicea in matrice limoso - sabbiosa biancastra.

Committente: Comune di Carpineto Sinello		Opera: Caratterizzazione discarica		Sondaggio: SP5		da m 0,0 a m 10,00			
Località: Colle Mulino		Responsabile: Dott. Geol. Fabio Ferri		Coordinate:		Scala: 1:50			
Attrezzatura installata in foro: Piezometro tubo aperto				42,015060°N-14,501340°E		Data inizio: 23.11.2010			
Note:				Quota s.l.m.: 290 m		Data fine: 23.11.2010			
Profondità (m)	Spessore (m)	Stratigrafia	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Falda (m)	Recupero (%)	Rivestimento	Diametro foro	Campioni	Attrezzature in foro
0,10	0,10		Terreno vegetale		20 40 60 80 100				
0,40	0,30		Riporto: limo sabbioso con ghiaia e ciottoli					0,4 0,6 disturbato	
			Limo argilloso, sabbioso avano e nocciola con livelletti ossidati ocracei				Rivestimento Ø 127 mm		Piezometro PVC
2,10	1,70								
2,40	0,30		Calcareniti e livelli limoso - argillosi						
			Limo argilloso, sabbioso avano e nocciola con livelli sabbiosi (ossidati fino a m 2,7) e livelletti di concrezioni carbonatiche						
3,00	0,30								
3,40	0,40		Calcareniti e livelli limoso - argillosi (da m 3,3 a m 3,4)					3,5 3,7 disturbato	
			Limo argilloso avana e limo con detriti calcarei eterometrici e rare concrezioni carbonatiche						
5,00	1,60								
5,60	0,60		Sabbia grossolana marrone con livelli arenacei e rari clasti calcarei					5,4 5,6 disturbato	
			Argille limose grigie azzurre consistenti con sottili livelli sabbiosi e livelletti biancastri di concrezioni carbonatiche						Piezometro PVC finestrato
7,00	1,40						Carotiere Ø 101 mm		
			Argille limose e argille marnose grigie						
9,00	2,00								
9,30	0,30		Calcareniti fratturate						
			Argille limose e argille marnose grigie						
10,00	0,70								
<div>NOTE</div> <div>I campioni ("carote") estratti nel corso del sondaggio sono stati sistemati in n° 2 cassette catalogatrici. Nel sondaggio è stata rilevata la presenza di falda il cui livello è stato misurato nei giorni successivi alla perforazione. Si rimanda allka Relazione e agli Allegati per dettagli.</div>									









Committente: Comune di Carpineto Sinello				Opera: Caratterizzazione discarica				Sondaggio: SP6				da m 0,0 a m 10,00			
Località: Colle Mulino				Geologo: Dott. Fabio Ferri				Coordinate:				Scala: 1:50			
Attrezzatura installata in foro: Piezometro tubo aperto								42,015930°N-14,501300°E				Data inizio: 23.11.2010			
Note:								Quota s.l.m.: 256 m				Data fine: 23.11.2010			
Profondità (m)	Spessore (m)	Stratigrafia	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Falda (m)	Recupero (%)					Rivestimento	Diametro foro	Campioni	Attrezzature in foro		
					20	40	60	80	100			0,0			
1,00	1,00		Riporto: limo sabbioso con clasti calcarei e ciottoli									1,0			
3,00	2,00		Limo argilloso avano con livelletti grigi. Presente rara ghiaia e livello calcarenitico a m 2,8								Rivestimento Ø 127 mm	3,0		Piezometro PVC	
4,80	1,80		Limo argilloso marrone con livelletti grigi e clasti calcarei eterometrici fino a circa 10 cm (da m 3,5 a m 3,6). lieve odore di sostanze bituminose a m 3,4 circa.									3,5			
10,00	0,20		Argille limose grigie azzurre consistenti con sottili livelli sabbiosi e livelletti biancastri di concrezioni carbonatiche								Carotiere Ø 101 mm	4,5			
												4,8		Piezometro PVC finestrato	
<div>NOTE</div> <div>I campioni ("carote") estratti nel corso del sondaggio sono stati sistemati in n° 2 cassette catalogatrici. Nel sondaggio è stata rilevata la presenza di falda il cui livello è stato misurato nei giorni successivi alla perforazione. Si rimanda allka Relazione e agli Allegati per dettagli.</div>															

CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Scala 1 : 1.000

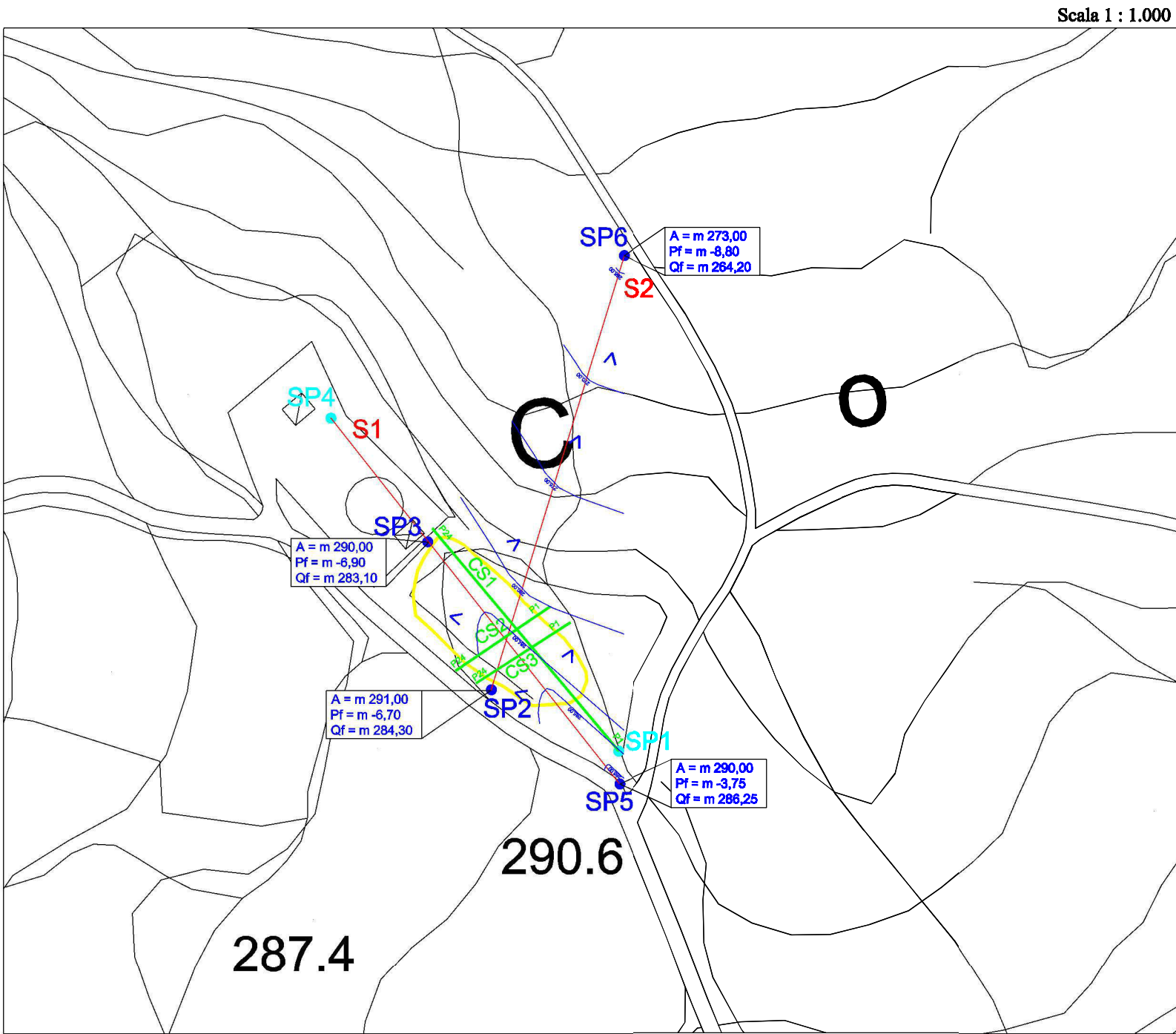


LEGENDA:

-  Accumuli di riporto
-  Corpo di frana per colamento. Quiescente.
-  Formazione Tuffillo. Limi argillosi e sabbiosi, argille mamose, marne argillose, calcareniti. Messiniano - Tortoniano.
-  Limite litologico presunto
-  Orlo di scarpata di origine antropica
-  Orlo di scarpata interessata da dilavamento e dissesti (crolli, colate di materiale di modesta entità)
-  SPn Sondaggio geognostico con piezometro
-  Sn Traccia sezione interpretativa





PER MAGGIORI DETTAGLI, SI RIMANDA AL MODELLO DEL SITO: SEZIONI INTERPRETATIVA S1 E SEZIONE INTERPRETATIVA S2

LIVELLI FALDA E CARTA ISOFREATICHE*



CODICE PIEZOMETRO	QUOTA (m s.l.m.)	QUOTA FALDA (m s.l.m.) lettura del 12.10.2007	LIVELLO FALDA (m s.l.m.) lettura del 12.10.2007	QUOTA FALDA (m s.l.m.) lettura del 13.12.2010	LIVELLO FALDA (m s.l.m.) lettura del 13.12.2010
SP1	290	assente	assente	non rilevata	non rilevato
SP2	291	6,30	284,70	6,70	284,30
SP3	290	8,00	282,00	6,90	283,10
SP4	286	-	-	assente	assente
SP5	290	-	-	3,75	286,25
SP6	273	-	-	8,80	264,20
NOTE:	i piezometri SP4, SP5, SP6 sono stati realizzati dopo il 12.10.2007; nel piezometro SP4 non è stata mai rinvenuta falda; il piezometro SP1 al momento delle letture del 13.12.2010 è risultato danneggiato				

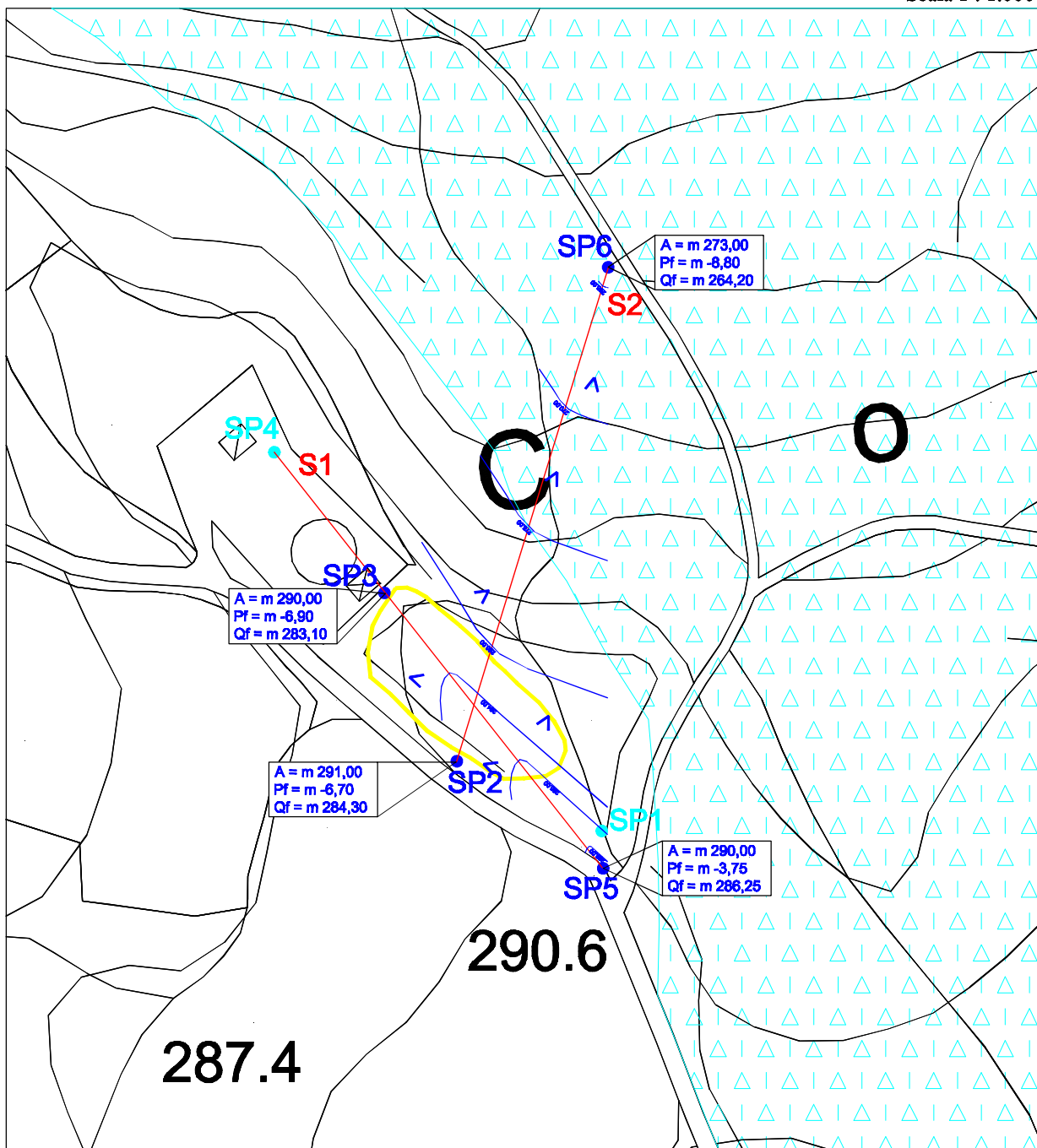
LEGENDA:

- SPn piezometro asciutto
- SPn piezometro
- A quota piezometro s.l.m.
- Pf profondità livello falda da piano campagna
- Qf quota falda s.l.m.
-  curve isofreatiche
-  vettore di deflusso idrico
-  perimetro presunto scarica
-  traccia sezione interpretativa

*La carta delle isofreatiche è stata elaborata sulla base delle letture piezometriche del 13.12.2010

CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1 : 1.000



LEGENDA:



Accumuli di frana (per colamento). Caratterizzati da permeabilità per porosità, variabile in funzione della granulometria (da limi argillosi a ghiale)



Formazione Tuffilo: costituita da calcareniti, marne argillose, limi argillosi. Permeabilità variabile (calcareniti e marne in funzione dello stato di fratturazione e fessurazione, limi argillosi dotati di permeabilità bassissima)

• SPn piezometro asciutto

• SPn piezometro

A quota piezometro s.l.m.
Pf profondità livello falda da piano campagna
Qf quota falda s.l.m.

curve isofreatiche

vettore di deflusso idrico

perimetro presunto discarica

traccia sezione interpretativa

MODELLO DEL SITO

- Sezione interpretativa S1 -

LEGENDA:

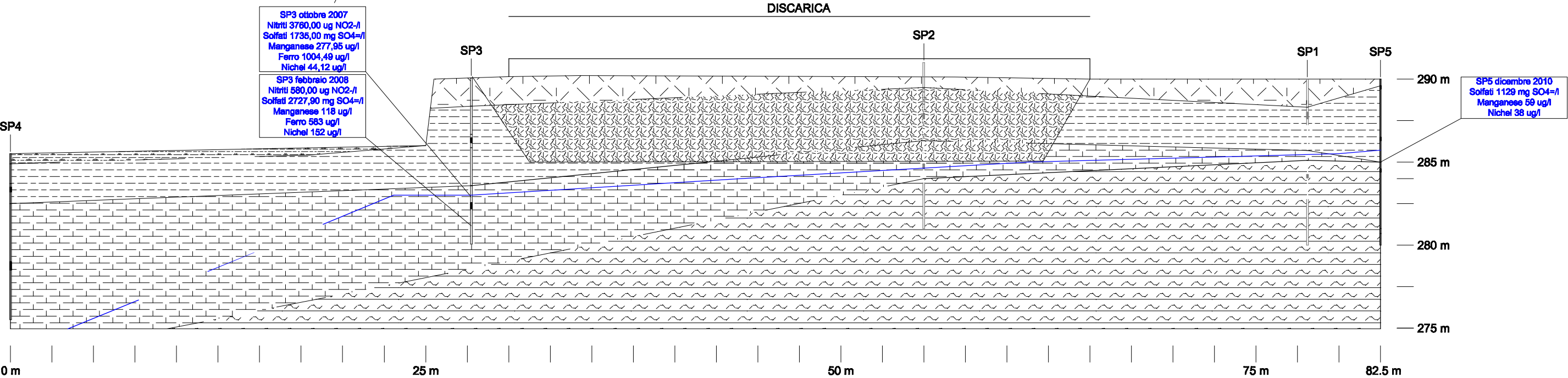
- Accumulo di frana per colamento (quiescente) costituito in prevalenza da depositi limosi e sabbiosi. Permeabilità per porosità K stimata entro 10-2 e 10-9 m/s
- Riporto di varia natura. Permeabilità per porosità K stimata > 10-2 m/s
- Copertura vegetale: limo sabbioso bruno. Permeabilità per porosità K stimata entro 10-2 e 10-9 m/s
- Accumulo di discarica
- Depositi limosi con livelli sabbiosi, ciottoli, ghiaia e breccia carbonatica. Permeabilità per porosità K stimata entro 10-2 (frazione ghiaiosa e sabbiosa) e 10-9 m/s (frazione limoso - argillosa)
- Depositi argillosi e limosi con livelli calcarenitici e di mame Permeabilità per porosità K stimata minore 10-9 m/s
- Ghiaie e depositi calcarenitici, localmente intensamente fratturati fino a brecce. Permeabilità per porosità e fratturazione K > 10-2 m/s

- Limite litologico
- Limite litologico presunto

- Livello falda misurato
- Livello falda presunto

- SPn
SPn sondaggio geognostico con piezometro (precaratterizzazione luglio 2008)
- SPnCn
SPnCn Campione di terreno prelevato (precaratterizzazione luglio 2008)
- SPn
SPn sondaggio geognostico con piezometro (proiettato sulla sezione) (caratterizzazione dicembre 2009)
- SPnCn
SPnCn Campione di terreno prelevato (caratterizzazione dicembre 2009)

- cod. piez.
data analisi
elemento
concentrazione
- Risultati analisi campione di acqua



MODELLO DEL SITO

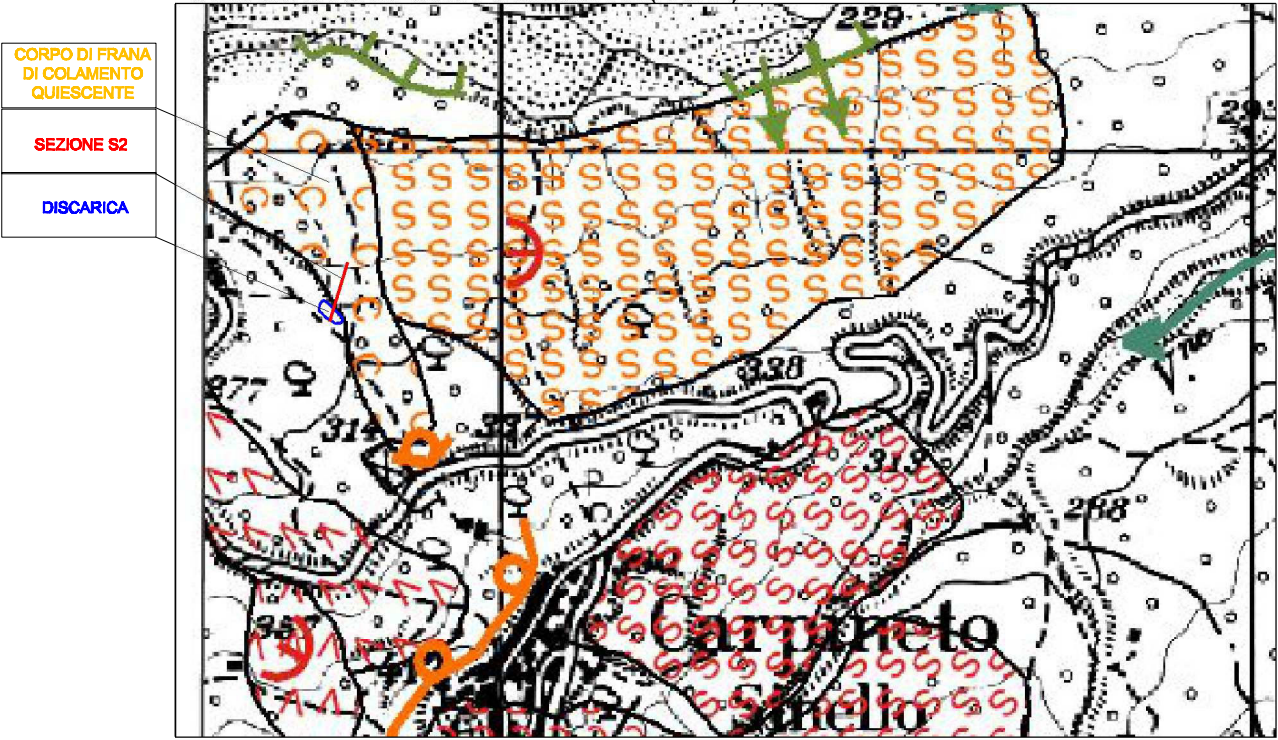
- Sezione interpretativa S2 -

LEGENDA:

- Accumulo di frana per colamento (quiescente) costituito in prevalenza da depositi limosi e sabbiosi. Permeabilità per porosità K stimata entro 10-2 e 10-9 m/s
 - Riporto di varia natura. Permeabilità per porosità K stimata > 10-2 m/s
 - Copertura vegetale: limo sabbioso bruno. Permeabilità per porosità K stimata entro 10-2 e 10-9 m/s
 - Accumulo di discarica
 - Depositi limosi con livelli sabbiosi, ciottoli, ghiaia e breccia carbonatica. Permeabilità per porosità K stimata entro 10-2 (frazione ghiaiosa e sabbiosa) e 10-9 m/s (frazione limoso - argillosa)
 - Depositi argillosi e limosi con livelli calcarenitici e di marne. Permeabilità per porosità K stimata minore 10-9 m/s
 - Ghiaie e depositi calcarenitici, localmente intensamente fratturati fino a breccie. Permeabilità per porosità e fratturazione K > 10-2 m/s
 - Limite litologico
 - Limite litologico presunto
 - Livello falda misurato
 - Livello falda presunto
- cod. piez. data analisi elemento concentrazione
- Risultati analisi campione di acqua
- SPn SPn sondaggio geognostico con piezometro (precaratterizzazione luglio 2008)
- SPnCn SPnCn Campione di terreno prelevato (precaratterizzazione luglio 2008)
- SPn SPn sondaggio geognostico con piezometro (proiettato sulla sezione) (caratterizzazione dicembre 2009)
- SPnCn SPnCn Campione di terreno prelevato (caratterizzazione dicembre 2009)

STRALCIO CARTA GEOMORFOLOGICA P.A.I. (F. 371E)

Scala 1 : 10.000



DISCARICA

SP3

SP2

SP1

290 m

285 m

280 m

275 m

270 m

265 m

SP6

SP6 dicembre 2010
Solfati 3799 mg SO4=/
Nichel 14 µg/l

SP2 ottobre 2007
Nitriti 1150,00 µg NO2-/
Solfati 3505,70 mg SO4=/
Manganese 208,22 µg/l

SP2 dicembre 2010
Nitriti 1746,00 µg NO2-/
Solfati 3249 mg SO4=/
Manganese 208,22 µg/l

0 m

25 m

50 m

75 m

81 m

METODOLOGIA MASW e REMI

- RELAZIONE -

Sito: Località Colle Mulino - Carpineto Sinello (Ch)



Foto 1 - Stendimento prospezione sismica

INTRODUZIONE

Le prove geofisiche oggetto del presente rapporto sono state eseguite per la valutazione della velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali e trasversali dei terreni interessati dal progetto. Tale valutazione è effettuata sulla base del D.M. del 14/01/2008 disciplina le norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici soggetti ad azioni sismiche.

Per il caso oggetto di studio è stata realizzata una prova sismica attiva del tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e una prova sismica passiva REMI che combinate hanno permesso di meglio caratterizzare dal punto di vista geofisico i terreni oggetto del presente studio, entrambe le metodologie di indagine si basano sulla misurazione e sull'analisi delle onde di Rayleigh in un semispazio stratificato.

PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Premessa

I metodi MASW e REMI sono delle tecniche di indagine non invasive che consentono la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s . La metodologia MASW è una prova sismica di tipo "attivo", infatti per la registrazione del segnale da elaborare vi è bisogno di energizzare il terreno. Il metodo si basa sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza. La metodologia REMI, è una tecnica di sismica "passiva" si basa cioè sulla misura dei rumori ambientali che caratterizzano il sito in oggetto.

Per la determinazione delle V_s nella presente campagna di indagini si è scelto di adottare un'analisi congiunta tra la metodologia MASW e quella REMI, tutto ciò al fine di poter meglio caratterizzare l'intero range di frequenze ottenuto in termini di curva sperimentale.

Difatti con la tecnica della sismica attiva si possono ottenere buoni risultati in termini di acquisizione dati, fino a frequenze che si aggirano intorno ai 10-15 Hz riuscendo a "fittare" con un certo grado di precisione la curva sperimentale registrata, mentre con la tecnica di acquisizione passiva si riesce a interpolare la curva sperimentale in quel range di frequenze dove la tecnica MASW denuncia a volte, in certe situazioni stratigrafiche, alcune carenze cioè in quell'intervallo di frequenze comprese tra i 10-15 Hz fino ai 2 Hz.

Strumentazione e configurazione geometrica utilizzata

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale M.A.E. Sysmatrack, avente le seguenti caratteristiche tecniche :

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.0667 e 20.0 mS;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break)
- filtri High Pass e Band Reject
- "Automatic Gain Control"
- convertitore A/D a 24 bit
- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 10 Kg.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea".

In particolare è stato utilizzato il seguente setup:

- 12 geofoni con interspazio (G_x) di 2.0 metri;
- n. 1 energizzazioni ad offset (D_x) 5 m;
- passo di campionatura pari a 500 Hz;
- lunghezza delle tracce sismiche pari a 4.096 sec.

Tale configurazione ha consentito di mitigare gli effetti near-field dovuti alle onde di volume.

Elaborazione dati

L'analisi può essere ricondotta in quattro fasi :

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f – numero d'onda K ;
- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie $f-k$ cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V_{fase} (m/sec) – frequenza (Hz);
- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente, alcuni dei parametri degli strati che costituiscono il modello del suolo;
- la quarta ed ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....	12
Distanza tra i sensori:.....	2m
Numero di campioni temporali	2560
Passo temporale di acquisizione	2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi	12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	5118ms
I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)	

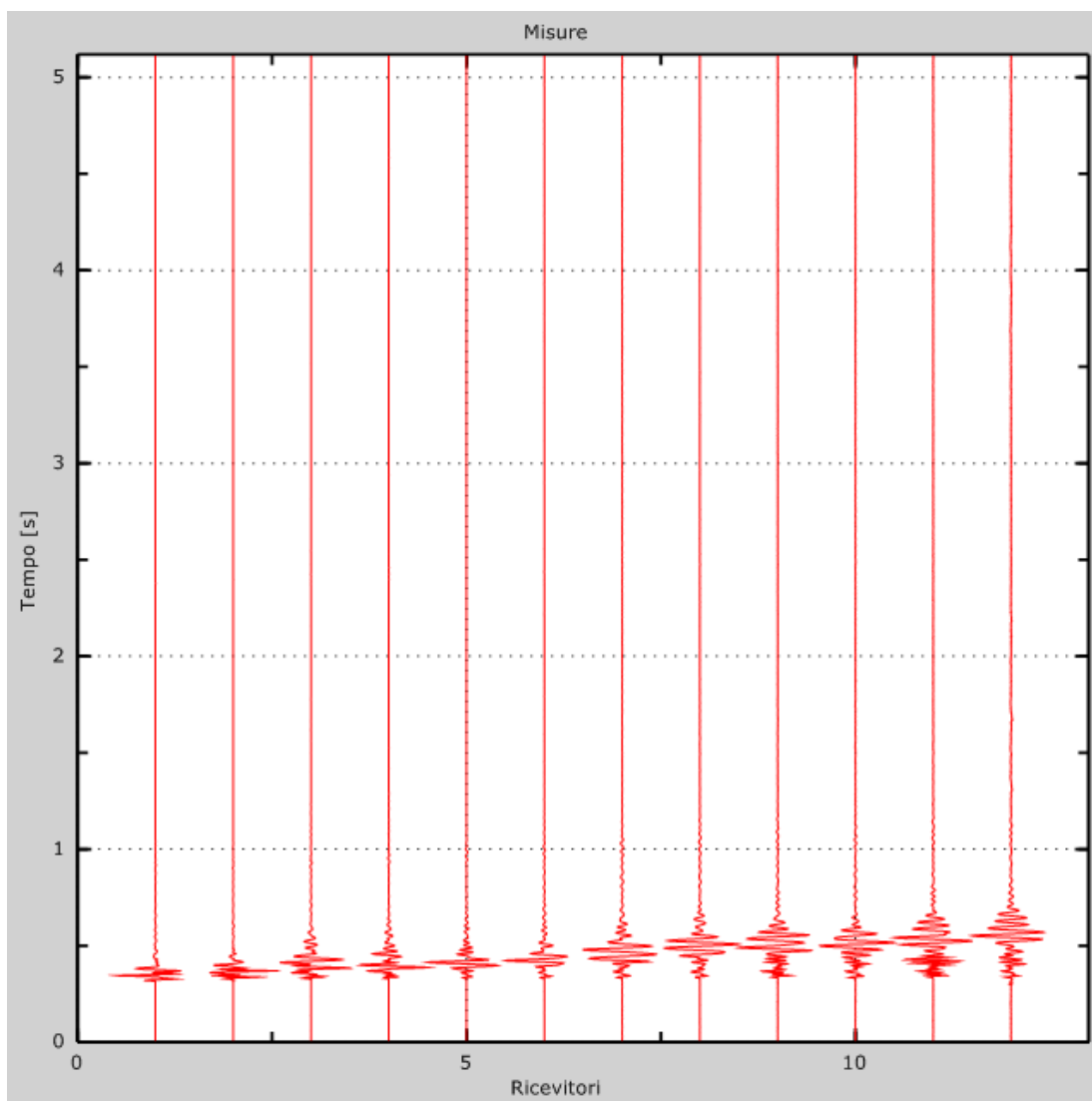


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

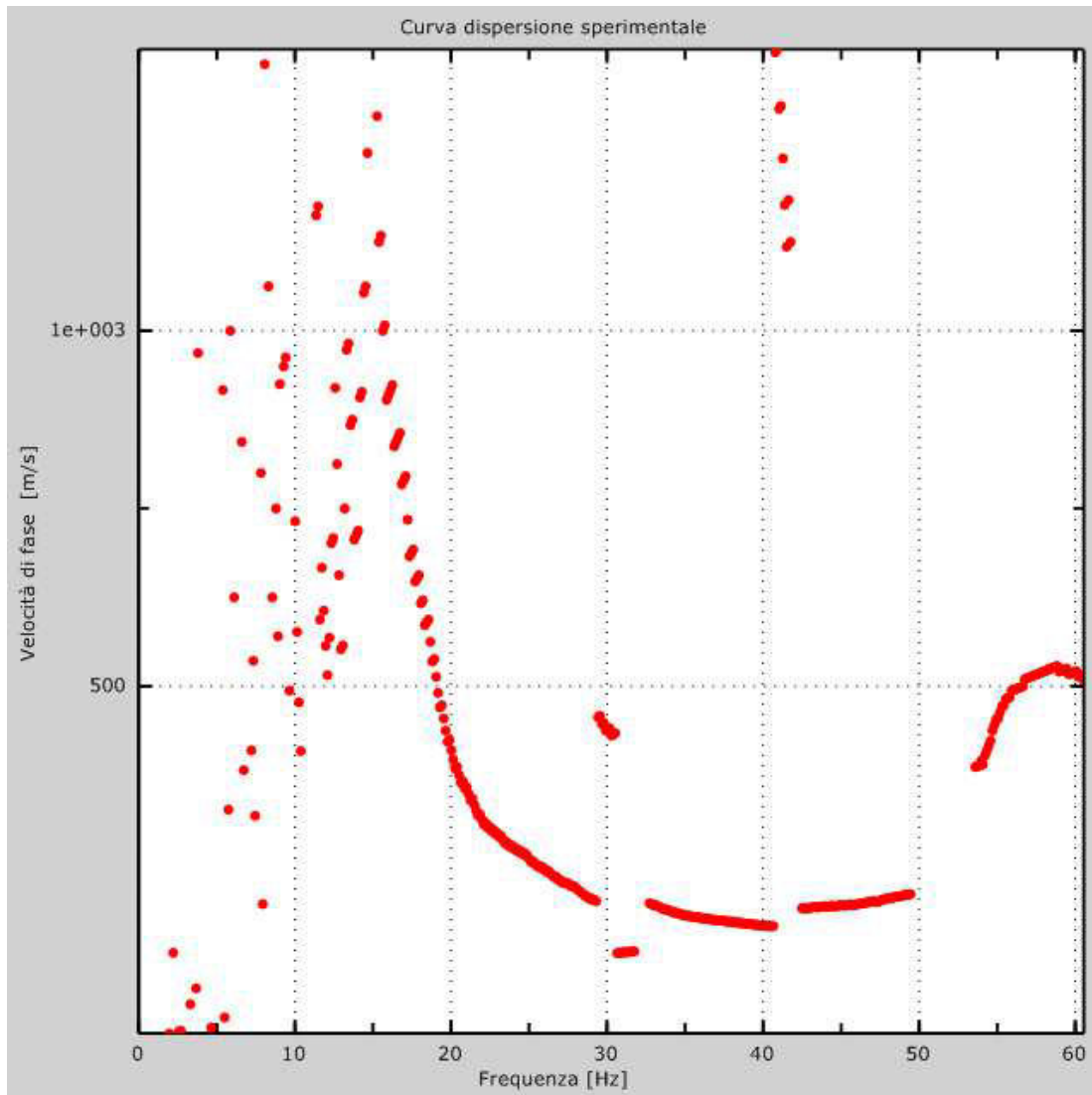


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori.....24
Numero di campioni temporali3.26787e-312
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 43598ms
I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

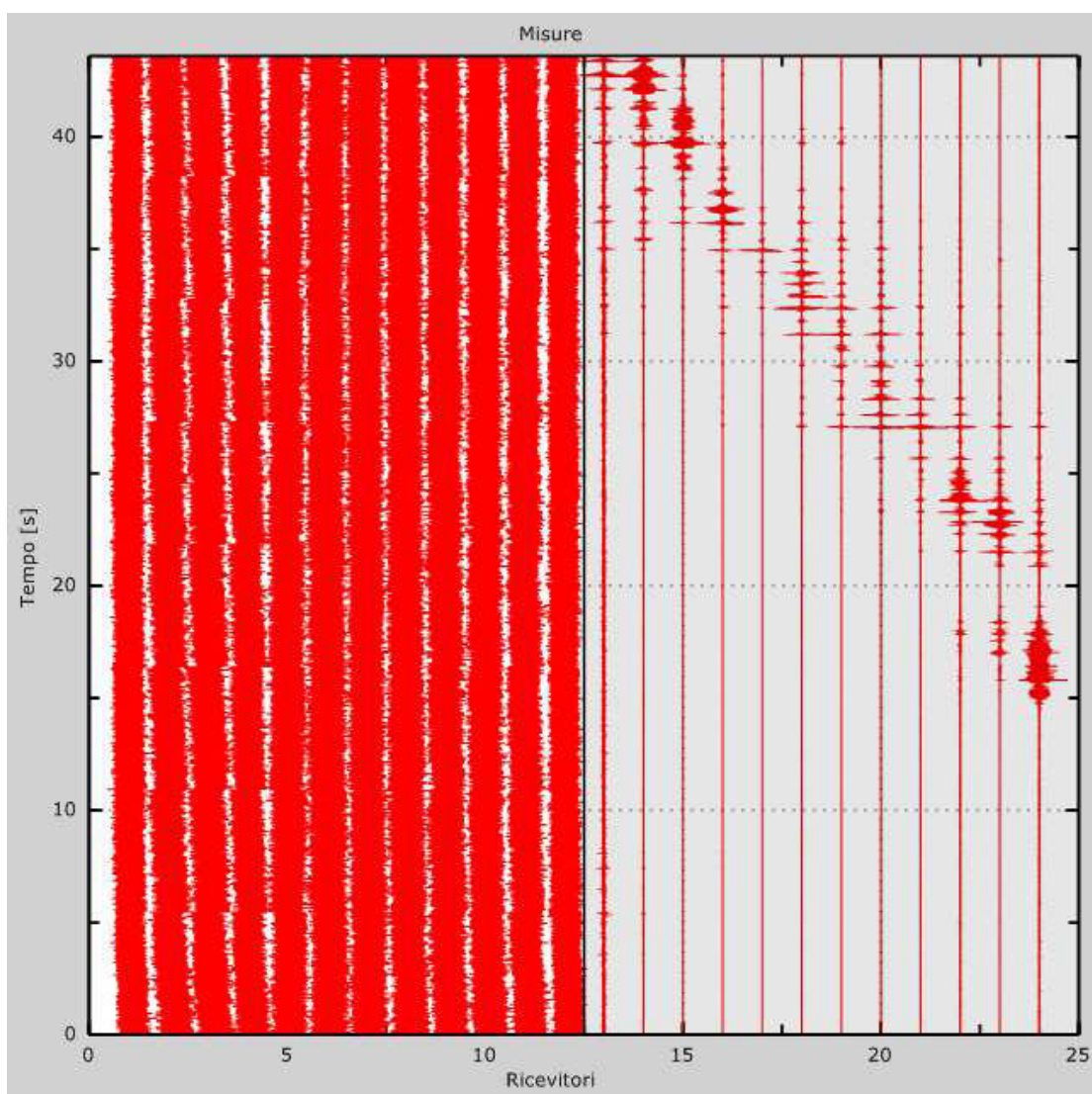


Figura 3: Tracce sperimentali

4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
2.35354	867.536	786.737	948.335
4.78796	852.146	775.195	929.097
7.54269	821.365	748.262	894.469
10.6818	759.804	663.616	855.993
13.1803	721.329	648.225	794.432
15.935	686.701	655.92	717.481
18.0491	609.75	578.969	640.53
19.0741	509.713	471.238	548.189
20.2273	378.896	348.116	409.677
21.4445	325.031	301.945	348.116
23.4945	278.86	263.47	294.25
26.6337	224.994	217.299	232.689
29.5165	182.671	171.129	194.214
34.4494	174.976	159.586	190.366
39.5745	155.738	148.043	163.433
44.059	190.366	182.671	198.061
49.3762	198.061	171.129	224.994

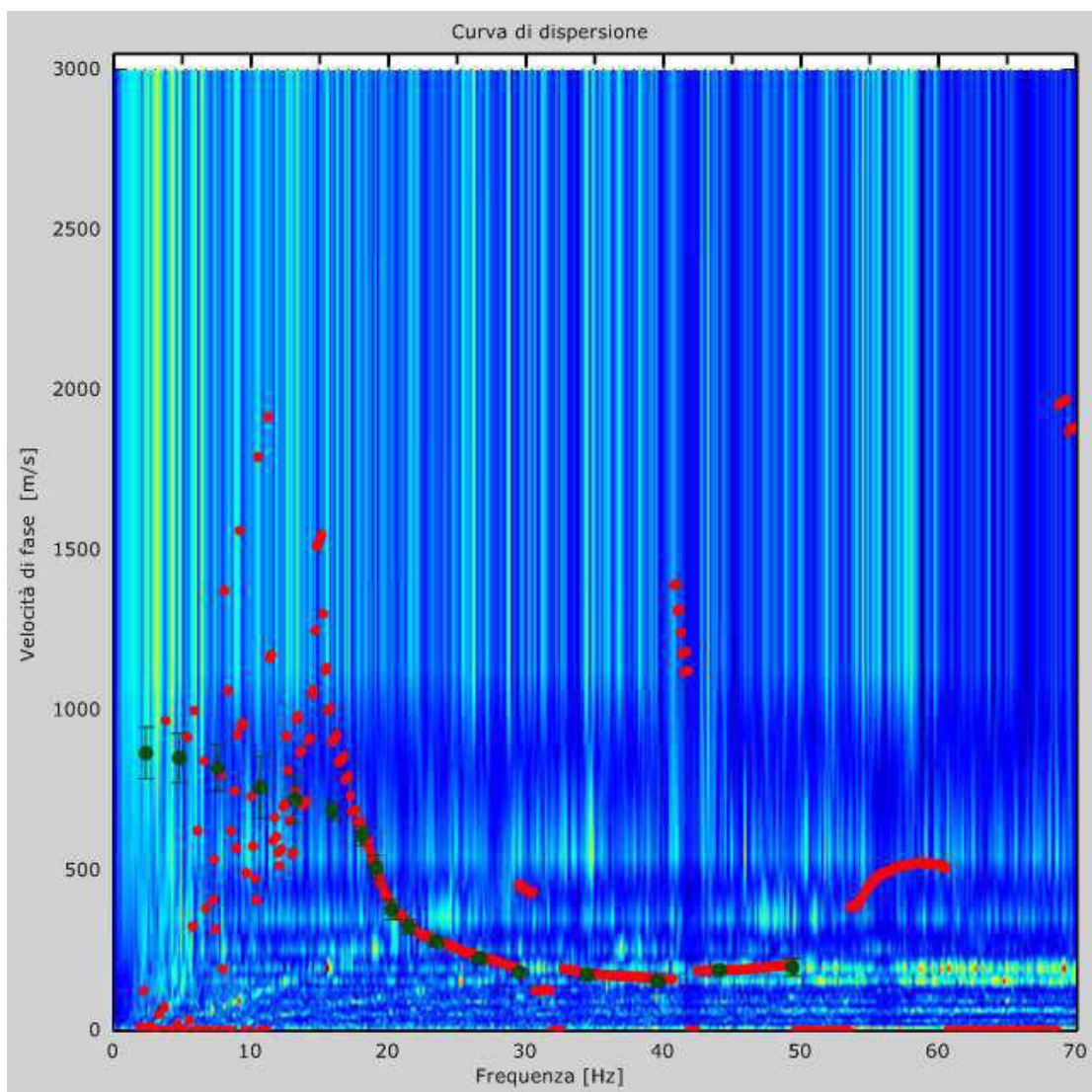


Figura 4: Curva di dispersione

5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	9
Spaziatura ricevitori [m]	2m
Numero ricevitori.....	12
Numero modi	10

Strato 1

h [m]	2
z [m]	-2
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.35
Vs [m/s].....	173.04
Vp [m/s]	360.21
Vs min [m/s]	86.52
Vs max [m/s].....	346.08
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	173.040

Strato 2

h [m]	2
z [m]	-4
Densità [kg/m ³].....	1850
Poisson	0.35
Vs [m/s].....	249.99
Vp [m/s]	520.40
Vs min [m/s]	125.00
Vs max [m/s].....	499.99
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	249.990

Strato 3

h [m]	2
z [m]	-6
Densità [kg/m ³].....	1900
Poisson	0.35
Vs [m/s].....	361.15
Vp [m/s]	751.79

Vs min [m/s] 180.57
 Vs max [m/s] 722.29
 Falda non presente nello strato
 Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s] 361.150

Strato 4

h [m] 4
 z [m] -10
 Densità [kg/m³] 1950
 Poisson 0.25
 Vs [m/s] 566.35
 Vp [m/s] 980.95
 Vs min [m/s] 283.17
 Vs max [m/s] 1132.70
 Falda non presente nello strato
 Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s] 566.350

Strato 5

h [m] 4
 z [m] -14
 Densità [kg/m³] 2000
 Poisson 0.2
 Vs [m/s] 677.50
 Vp [m/s] 1106.35
 Vs min [m/s] 338.75
 Vs max [m/s] 1355.00
 Falda non presente nello strato
 Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s] 677.500

Strato 6

h [m] 5
 z [m] -19
 Densità [kg/m³] 2000
 Poisson 0.2
 Vs [m/s] 763.00
 Vp [m/s] 1245.97
 Vs min [m/s] 381.50
 Vs max [m/s] 1526.00
 Falda non presente nello strato
 Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]763.000

Strato 7

h [m]5

z [m]-24

Densità [kg/m³].....2000

Poisson0.2

Vs [m/s].....801.48

Vp [m/s]1308.81

Vs min [m/s]400.74

Vs max [m/s].....1602.95

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]801.480

Strato 8

h [m]6

z [m]-30

Densità [kg/m³].....2000

Poisson0.2

Vs [m/s].....844.23

Vp [m/s]1378.62

Vs min [m/s]422.11

Vs max [m/s].....1688.45

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]844.230

Strato 9

h [m]0

z [m]-00

Densità [kg/m³].....2000

Poisson0.2

Vs [m/s].....963.93

Vp [m/s]1574.09

Vs min [m/s]481.96

Vs max [m/s].....1927.86

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]963.930

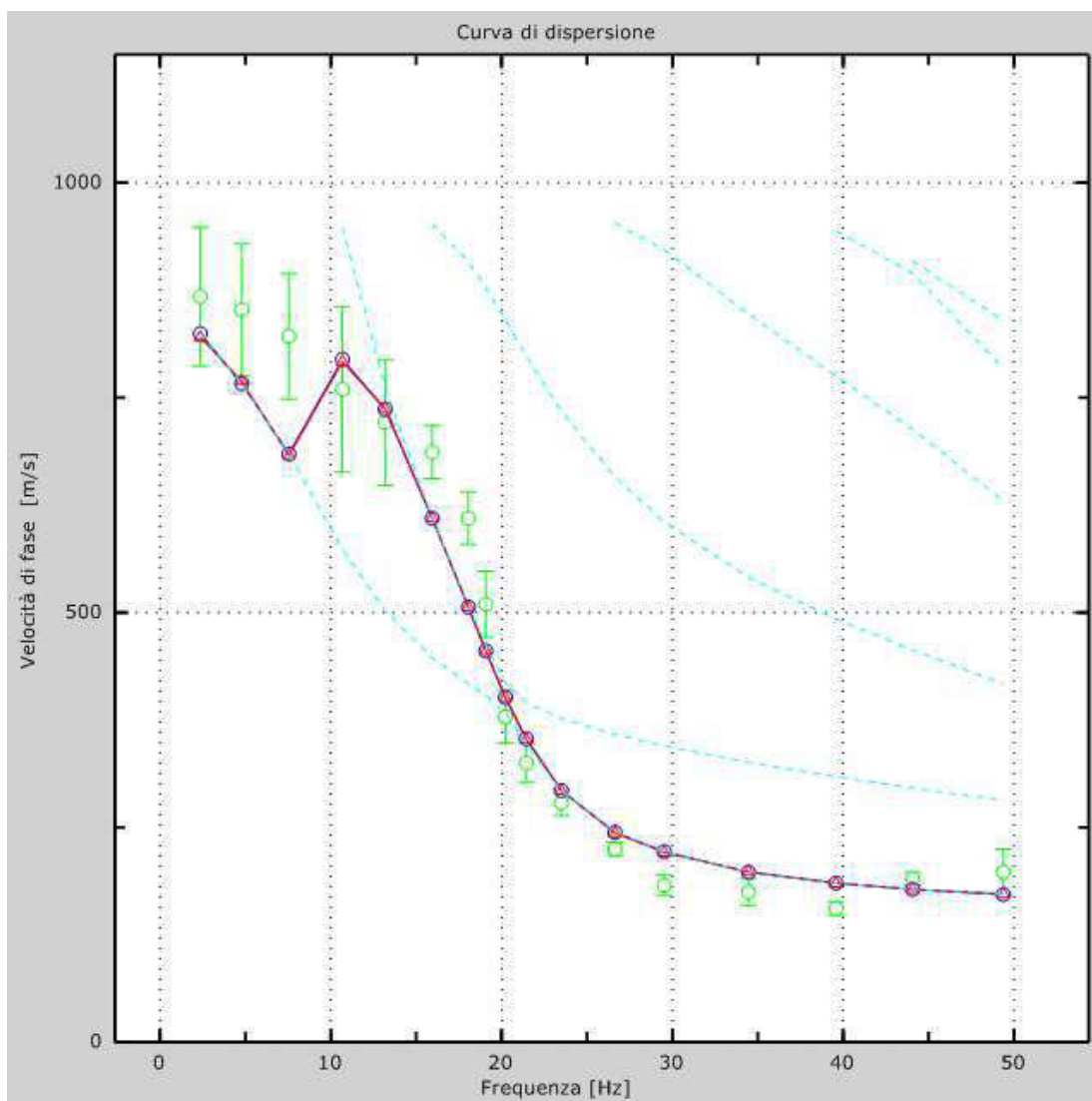


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

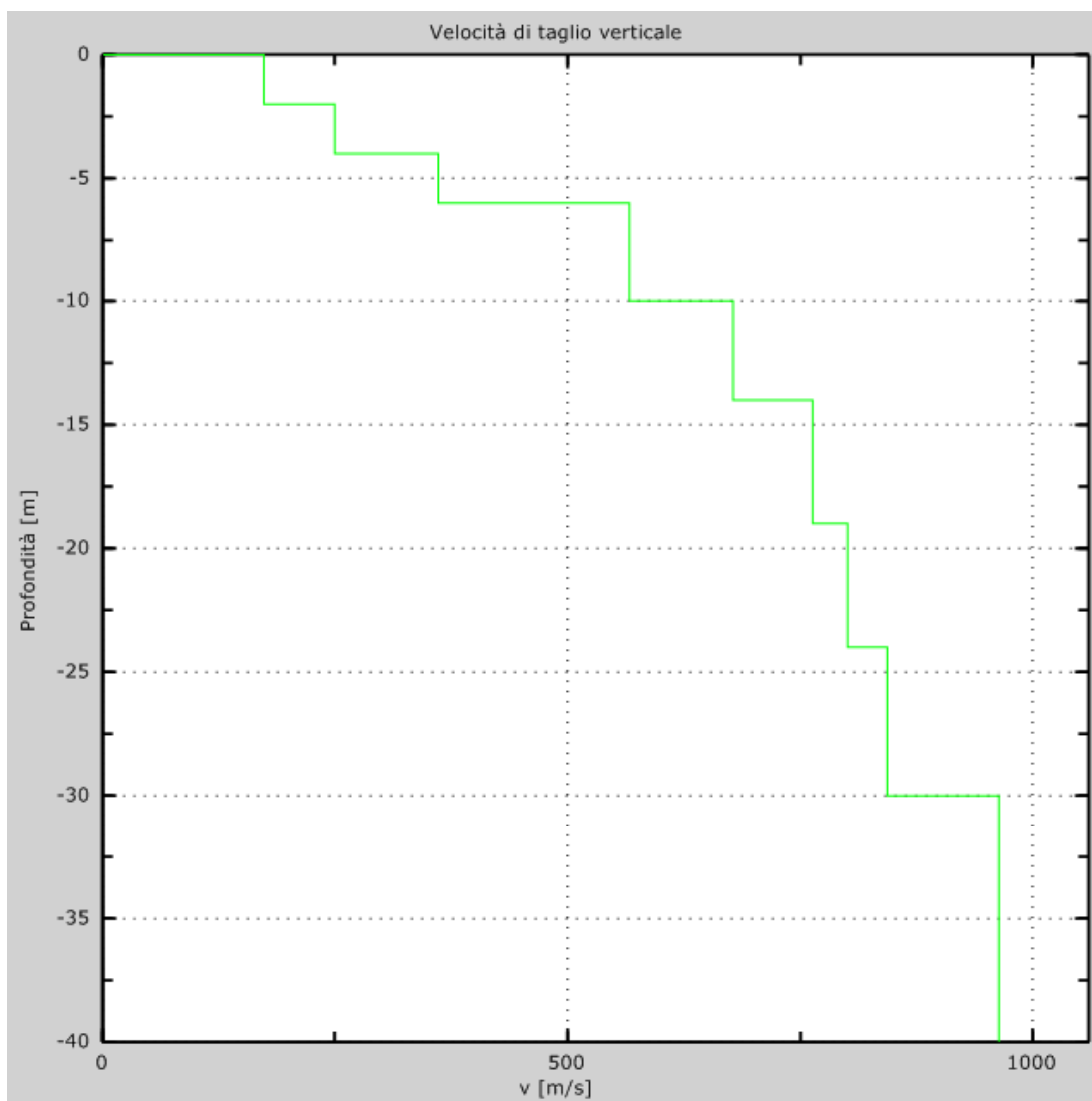


Figura 6: Profilo Vs numerico

6 - Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m].....	0
V_{s30} [m/s].....	517
La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008	
Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).	
Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.	
L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 6	
Tipo di suolo	S2

Appendice

Tipo di suolo

Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Tipo C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Tipo D: Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

Tipo E: Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tipo S1: Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

Tipo S2: Depositati di terreno liquefacibile o argille sensitive o altri profili di terreno non inclusi nei tipi A, B, C, D, E o S1. Attenzione: la nuova norma classifica come S2 una serie di siti che prima erano classificati come B, C, D, E.