CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

RELAZIONE TECNICA

VARIANTE PARZIALE AL PRG PO DEL PIANO ATTUATIVO DI UN'AREA SITA IN STRADA DI S. GIUSTA, COMPRESA TRA STRADA DEL TORRIONE E VIA DELLA CIVITELLA – TERNI.

DITTA PELLEGRINI MASSIMILIANO – BP SPA.

Integrazioni in merito alla Microzonazione Sismica di dettaglio

Committenti:

Ditta Pellegrini Massimiliano – BP SpA.

TERNI

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

1- PREMESSA

La presente relazione integrativa viene redatta in risposta alla richiesta di integrazione da parte del geologo del Comune di Terni in merito alla Variante Parziale al P.R.G. P.O. del Piano Attuativo dell'area sita in loc. Santa Giusta e compresa tra strada del Torrione e via della Civitella – Ditta Pellegrini Massimiliano – BP SpA come da comunicazione del medesimo Ente del 7 Giugno 2016 protocollo n.82918.
L'integrazione si è resa necessaria per soddisfare quanto previsto con l'entrata in vigore della D.G.R. n.377 del 8/03/2010 "Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica".

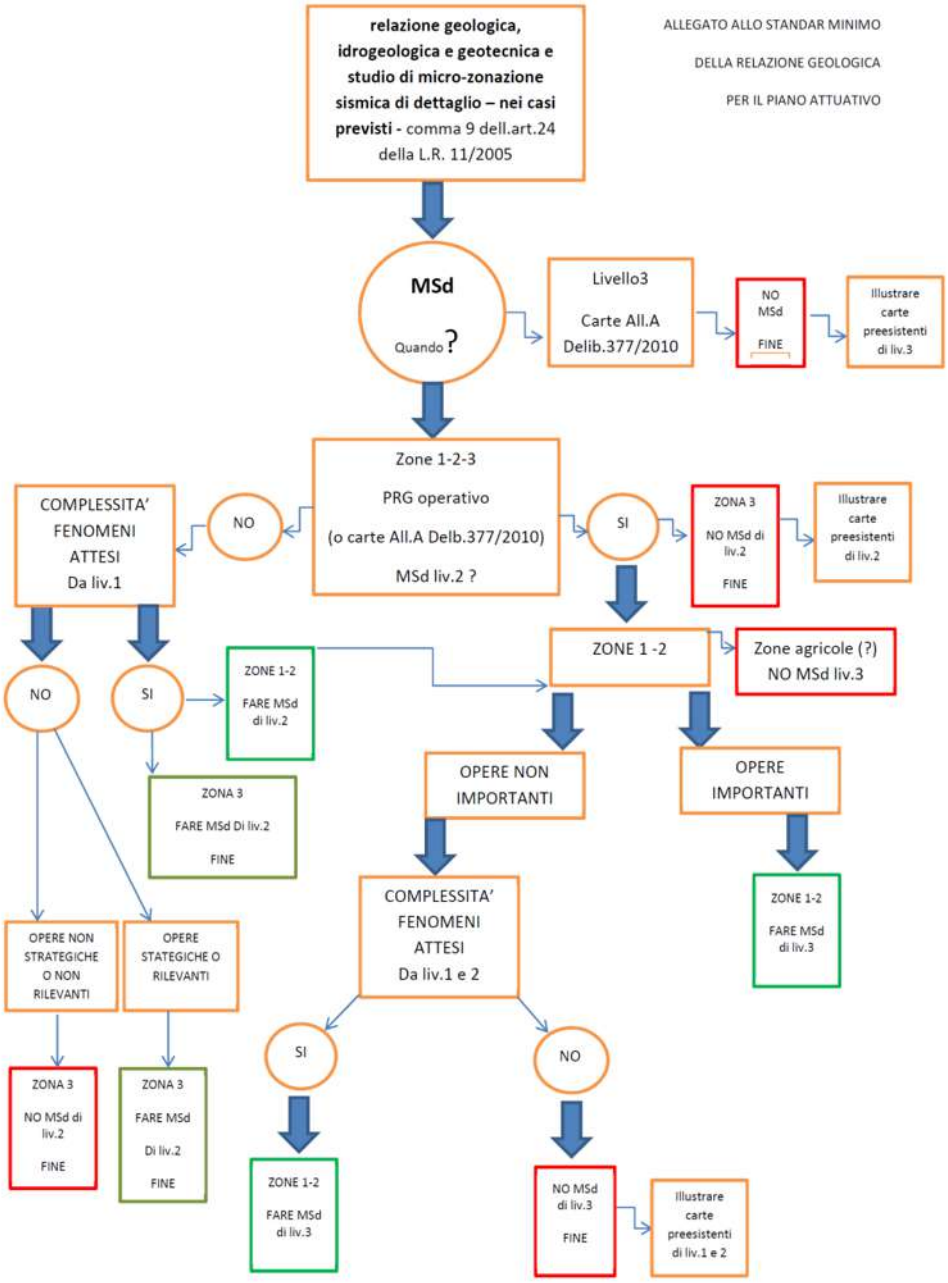
2- FINALITÀ E METODOLOGIA DI STUDIO

L'obiettivo generale di uno studio di Microzonazione Sismica è quello di valutare ed individuare, all'interno di ambiti territoriali a scala subcomunale (frazioni e centri), aree a comportamento omogeneo sotto il profilo della risposta sismica locale in riferimento ad un terremoto atteso, definendo così i possibili effetti sui principali centri urbani. A tale scopo sono esaminate in dettaglio le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e stratigrafiche locali in grado di produrre fenomeni di amplificazione della risposta sismica locale rispetto alle condizioni geologiche di riferimento e/o di innescare fenomeni di instabilità indotta (frane, liquefazioni, cedimenti, etc.).
Per la realizzazione del suddetto studio, si è provveduto ad effettuare una ricerca bibliografica sull'area e prove all'interno del sito in esame; nello specifico, la ricerca bibliografica ha avuto come oggetto i seguenti strumenti:

- Cartografia Geologica d'Italia, in scala 1:100.000 e note illustrative;
- PRG del Comune di Terni, in particolare:
    - Elaborato 4.6 f – Rischio Sismico, Relazione Illustrativa;
    - Elaborato 4.6 g – Rapporto del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Politecnico di Milano, "Completamento della Microzonazione sismica della Città di Terni;
    - Elaborato 4.6 h – Relazione a cura del Servizio Geologico della Regione Umbria, "Relazione conclusiva sulla microzonazione sismica dell'area narnese-ternana colpita dall'evento sismico del 12 Dicembre 2000".

La Microzonazione Sismica di dettaglio è proposta come sintesi della fase intermedia della pianificazione attuativa, che deve necessariamente raccordare i singoli progetti esecutivi delle opere (NTC08) al Piano Regolatore strutturale e operativo (Livello 1 e Livello 2 di approfondimento).
La base di partenza è stata quella di analizzare lo schema a blocchi allegato allo Standard minimo della Relazione Geologica per il Piano Attuativo di seguito riportato:

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H



Il passo successivo per la MSd è il PRG del Comune di Terni e in particolare l'analisi della cartografia geotematica quale:

- Carta geologica;
- Carta geomorfologica;
- Carta idrogeologica;
- Carta della microzonazione sismica.

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

3- Inquadramento normativo

- Per il quadro normativo di riferimento per lo studio geologico a supporto del P.A. si richiama innanzitutto l'art.89 del D.P.R. 380/2001: Parere sugli strumenti urbanistici (legge 3 febbraio 1974, n. 64, art. 13).
    - 1. Tutti i comuni nei quali sono applicabili le norme di cui alla presente sezione e quelli di cui all'articolo 61, devono richiedere il parere del competente ufficio tecnico regionale sugli strumenti urbanistici generali e particolareggiati prima della delibera di adozione nonché sulle lottizzazioni convenzionate prima della delibera di approvazione, e loro varianti ai fini della verifica della compatibilità delle rispettive previsioni con le condizioni geomorfologiche del territorio.
    - 2. Il competente ufficio tecnico regionale deve pronunciarsi entro sessanta giorni dal ricevimento della richiesta dell'amministrazione comunale.
    - 3. In caso di mancato riscontro entro il termine di cui al comma 2 il parere deve intendersi reso in senso negativo.

Inoltre:

- D.M. LL.PP. del 12/12/1985 Norme tecniche per le tubazioni (punti 1.1. Progetto – 2.1. Interazione tubazioni terreni di posa: Relazione geologica)
- la L.R. 1/2004 (art.4 comma 4)
- la L.R. 11/2005 (art.24 commi 9-11 e art.37 comma 3)

Per lo studio di Microzonazione sismica a supporto del P.A.:

- l'O.P.C.M. 3274/2003
- la Delib. G.R. n° 852/2003
- la Delib. G.R. n°1700/2003 (cfr. Allegato B: edifici rilevanti…)
- la L.R. 11/2005 (art. 24 comma 9)
- l'O.P.C.M. 3519/2006
- le NTC08 - D.M. 14.01.2008
- le linee guida del DPC-Sett. 2008 (punto 1.6.3.3 "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica").
- la Delib. G.R. n°377/2010 (Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica - Punti 5 e 6);

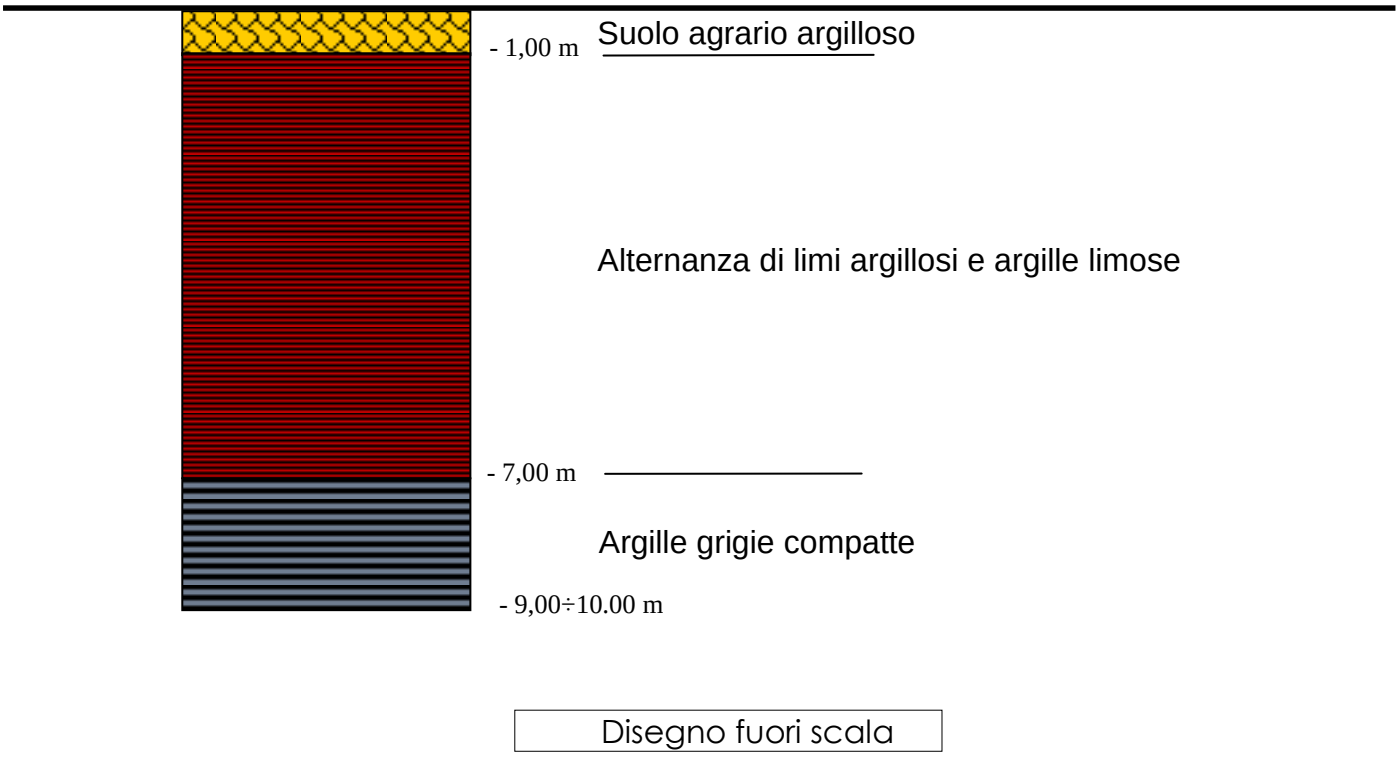
4- Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area interessata dall'opera in oggetto è ubicata nella zona Nord-Est di Terni, in località Tuillo, ad una quota compresa tra i 166 e i 172 m s.l.m. in un contesto collinare a medio declivio, rivolto verso Est-Nord Est.
Per quanto riguarda la sua posizione rispetto alla strutturazione della catena appenninica si trova al margine occidentale dell'appennino Umbro, dove le unità strutturali riconosciute sono, partendo dalla più interna, l'unità Narnese-Amerina, l'unità Martana e l'unità Sabina settentrionale.
La conca ternana si colloca a E della dorsale narnese-amerina, a S di quella martana e a NW di quella sabina. Si tratta pertanto di una zona di sprofondamento tettonico, circondata da catene montuose tranne dal lato di NW dove si ricollega ad un'area collinare. In realtà la morfologia e le quote indicano che l'area della Conca Ternana è ribassata anche rispetto a questa fascia valliva (zona di San Gemini e Montecastrilli).
Da un punto di vista dell'evoluzione paleo-ambientale e sedimentologica la piana di Terni costituisce l'estrema terminazione meridionale del ramo occidentale del Bacino Tiberino; si tratta di un bacino continentale con ambienti che nel tempo e nello spazio sono variati: da lacustri, a palustri a fluvio-lacustri. Il bacino è nato in seguito all'azione di faglie dirette a prevalente direzione appenninica durante una fase tettonica distensiva che ha cronologicamente seguito quella compressiva (orogenesi), ed è probabilmente da ricollegare all'apertura di un bacino di retro-arco nella zona tirrenica.

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Lo sprofondamento della Conca ternana è conseguenza dell'azione della faglia bordiera martana, che nell'estremo tratto meridionale si dispone in direzione quasi E-W.
In superficie lo strato pedologico è costituito da argille limose soffici che a circa 1 metro, aumentando la frazione limosa passano a limi argillosi; questi ultimi, per alcuni metri di profondità, si trovano in alternanza ad argille limose e argille grigio azzurre.

STRATIGRAFIA TERRENI E PROVE PENETROMETRICHE
Le prove effettuate hanno evidenziato la presenza di uno strato pedologico continuo superficiale a elevato stato evolutivo, costituito da materiali argillosi, fino a una profondità massima di circa 1 metro; sottostante è stato individuato uno strato di circa 4-5 metri di limi argillosi in alternanza ad argille limose che in profondità, con l'aumento della frazione argillosa, passano ad argille grigie compatte che hanno prodotto il rifiuto alla penetrazione dell'utensile per la loro elevata resistenza meccanica.
Durante l'esecuzione dei saggi geognostici non si è intercettata nessuna falda. In un lotto di terreno adiacente è presente un pozzo in cui, da dati forniti dal proprietario, il livello idrico è a circa 40 metri dal piano campagna.



La giacitura dei litotipi rilevati è suborizzontale a indicare una marginale azione tettonico-strutturale successivamente alla loro deposizione.

STRUTTURA GEOLOGICA E TETTONICA
Dalla consultazione del PRG del Comune di Terni, CTR 346040 (di seguito allegato) è stato possibile, grazie alla sezione allegata n.4, stimare la profondità del bedrock, corrispondente a circa 80 m dal piano attuale di campagna, come mostra la sezione

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

sottostante, presente anche in allegato assieme alla traccia su carta geologica.

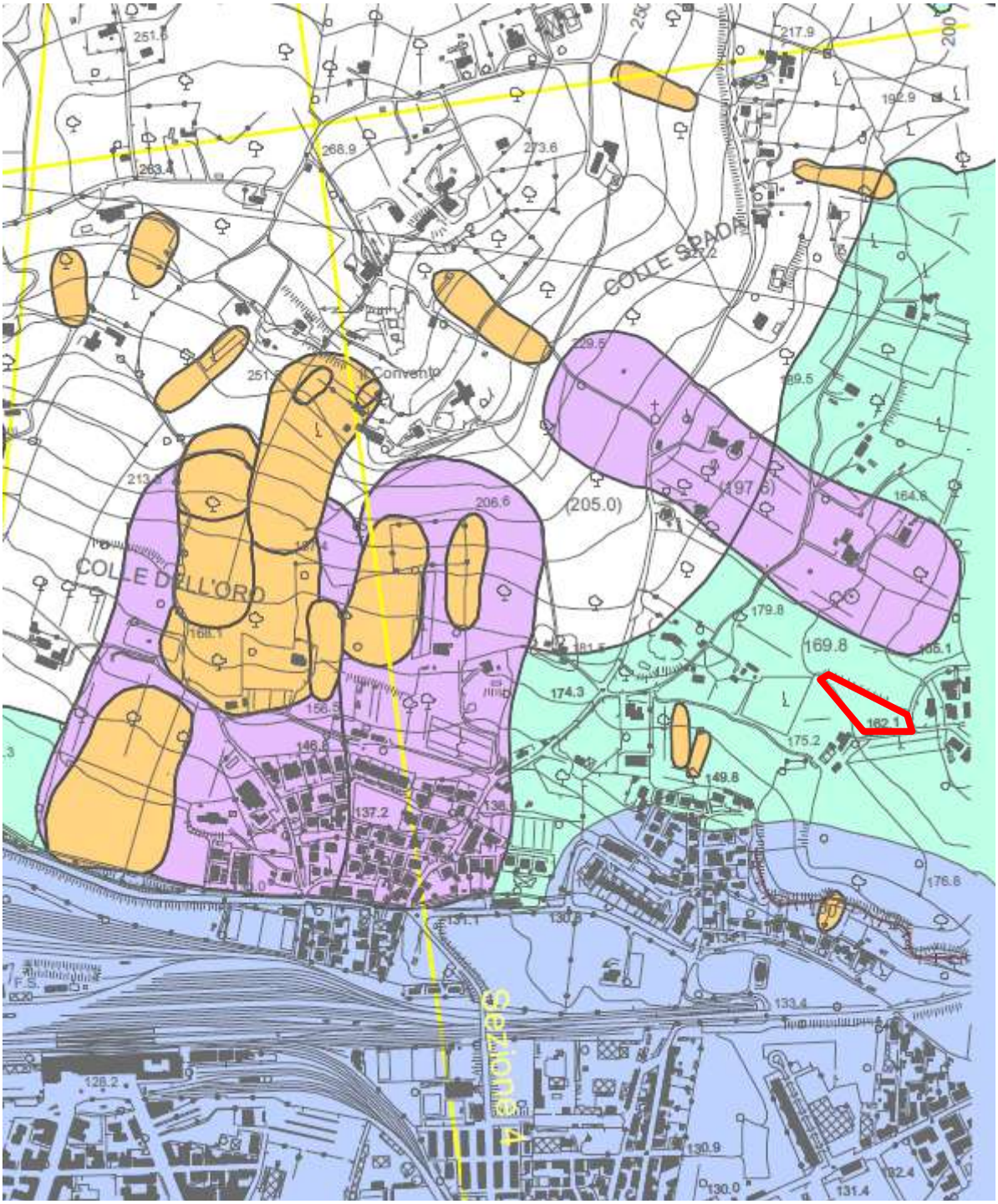
Figura 2 - Sezione 4 – (Fuori scala).

Tutta la zona studiata è sostanzialmente stabile dal punto di vista geologico, infatti, il rilevamento effettuato non ha individuato zone interessate da movimenti di dissesto di tipo franoso profondo, o aree in stato di equilibrio gravitativo precario, non sono presenti fenomeni gravitativi attivi e/o quiescenti, vi è solo la presenza nelle vicinanze, di un fenomeno di scivolamento che però non investe l'area in studio, il tutto è confermato dall'analisi della carta del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico).
Consultando le carte di pericolosità sismica del PRG del Comune di Terni, di seguito allegate, l'area in studio rientra all'interno delle zone suscettibili di amplificazioni dinamiche locali:

- Zona 4 (Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti).

La categoria topografia è T1: Aree con pendenze inferiori a 15° di inclinazione media

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H



5- Idrogeologia

I terreni di copertura sono caratterizzati da una media permeabilità derivante dal basso grado di coesione dovuto alle pratiche agricole pregresse nonostante i terreni siano di natura argillosa.

In generale, il sottosuolo, vista la presenza di circa 80 metri di alternanza di argille e argille siltose grigie e marrone chiaro, sabbie argillose giallastre o avana, ha una bassa permeabilità posseduta che non favorisce l'infiltrazione con prevalente componente

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

verticale.

I corpi idrici superficiali sono fossi e torrenti, il più vicino è il fosso Toano che scorre a Est del lotto a circa 250 m. Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche non è stata intercettata la presenza di acqua; da informazioni desunte da pozzi vicini vi sono indicazioni sulla presenza di una falda idrica sotterranea ad una profondità di circa 40 metri dal piano campagna.

6- Caratterizzazione sismica

Stando all'indagine MASW effettuata, le cui elaborazione e ubicazione sono consultabili in allegato, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005, Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n°29 del 04/02/2008) il terreno in oggetto rientra nella categoria di sottosuolo:

Tipo B: *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina)".*

E' da tener presente, tuttavia, che le Vs30 e la relativa categoria di sottosuolo risultante si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano di campagna.

Vs30= 496 m/s

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	97	1.0
2	344	5.5
3	1745	

Tali indagini sono state correlate con le prove penetrometriche effettuate nell'area oggetto di studio.

7- Sisimicità storica

I dati di sismicità storica dell'area in studio sono stati ripresi dallo studio CPTI11 (A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI).

Tali studi hanno permesso di individuare eventi sismici intensi (Mw > 4.0) a partire dai primi anni del 1900.

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

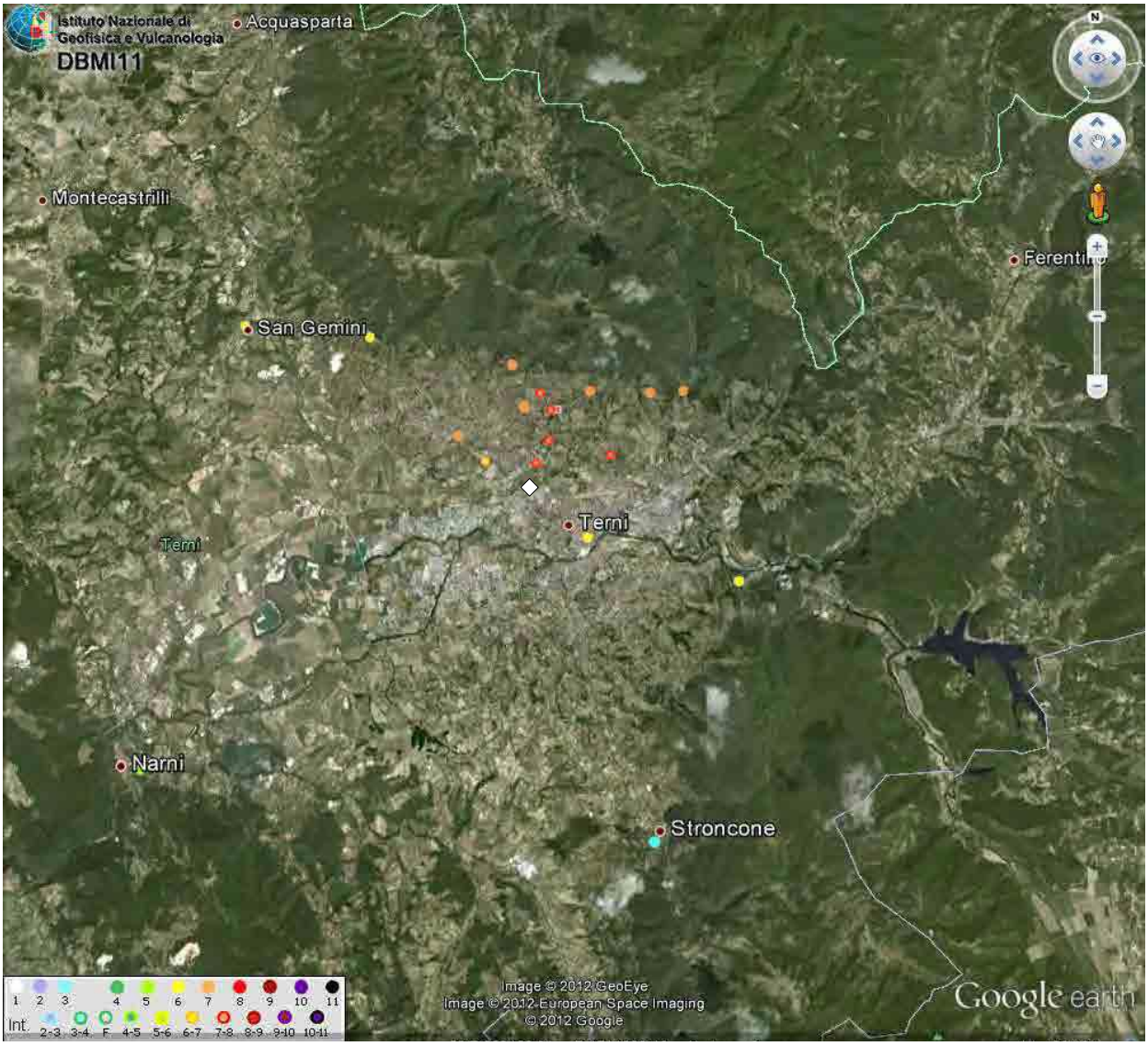


Figura 4 – Ubicazione eventi sismici storici su base ortofoto (Google Earth). Dati DBM11 fonte INGV.

N		Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se		RtIns	LatIns	LonIns	De	MwIns	DMwIns
2685		1917	05	12	15	34		Ternano	GdL CSTI, 2005	41,709	13,860	4,58	4,78	0,09
2686		1948	12	17	21	18	02.00	Ternano	ISC Bull.	37,651	12,859		4,54	0,47
2687		1960	07	18	04	07		Ternano	GdL CSTI, 2005	40,401	14,858	0,02	4,40	0,19
2688		2000	12	16	07	31	08.00	Ternano	GdL CSTI, 2005	38,515	13,052	10,00	4,59	0,22
2689		1909	02	06	08	05	34.00	TERNI	GdL CSTI, 2005	38,983	17,420	10,00	5,37	0,25
2690		1970	05	25	12	56		TERNI	GdL CSTI, 2005	39,907	17,825	10,00	4,56	0,25

Tabella 4 - Terremoti storici da A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI.

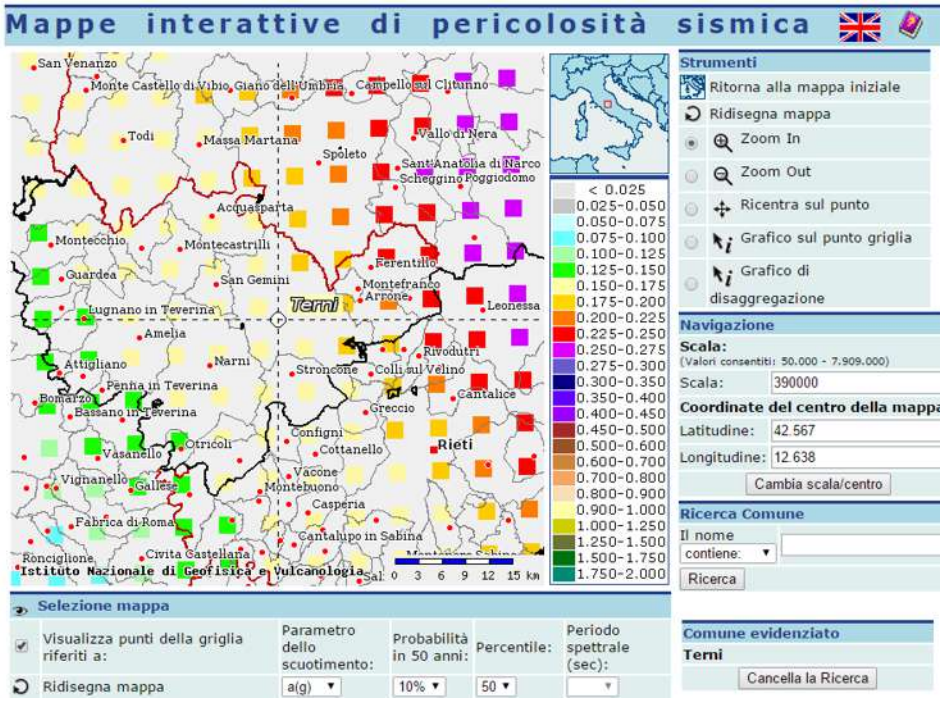
>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

8- MICROZONAZIONE SISMICA DI PRIMO E SECONDO LIVELLO (ai del DGR 377/2010).

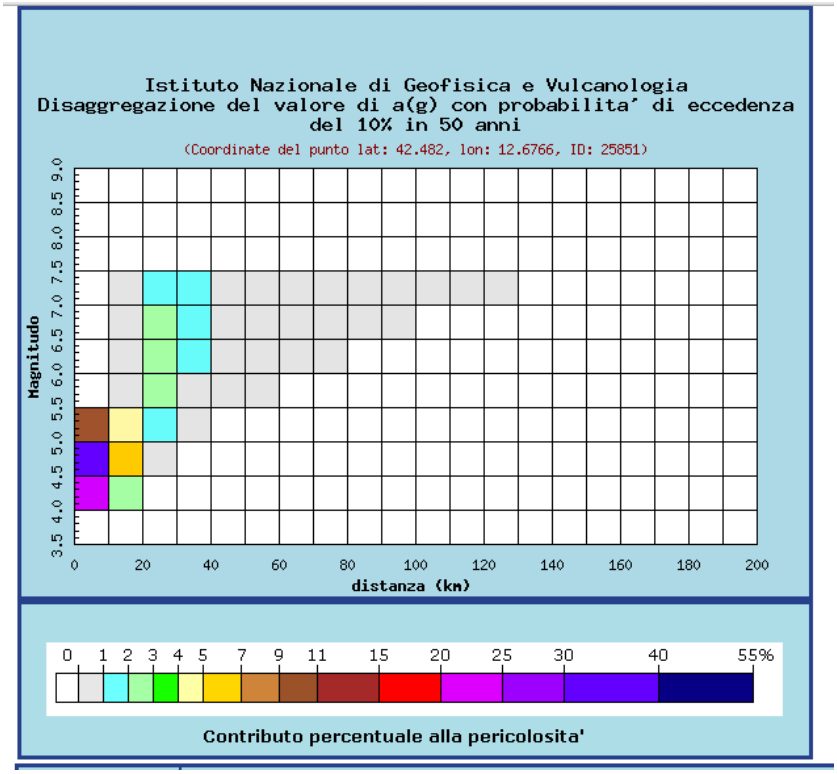
L'area oggetto de presente studio è descrivibile dalle cartografie geotematiche del PRG, consultabili in coda al testo.
La zona, dal punto di vista delle MOPS (microzone omogenee in prospettiva sismica) e relative disposizioni del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale, è definibile come "zona stabile suscettibile di amplificazione sismica per effetto litostratigrafico".
La geologia e l'assetto stratigrafico, infatti, vede - come già detto nella parte descrittiva iniziale – una successione di limi argillosi e argille limose passanti a circa 8/7 m a argille grigie compatte sedimenti
Gli altri aspetti geologici, sia di natura idrogeologica, sia geomorfologica, vedono l'assenza di ulteriori condizioni negative. La falda idrica è poco estesa in ques'area, ed è pressochè assente come già commentato nei paragrafi precedenti.
Per le altre cartografie geotematiche riferibili al I livello si rimanda agli allegati in coda al testo.

8.1 – Disaggregazione della pericolosità sismica

La disaggregazione della pericolosità sismica è un'operazione che consente di valutare il contributo di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.
La disaggregazione in termini di Magnitudo - R (distanza), fornisce quindi il sisma che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) e tale terremoto è quello inteso come evento di magnitudo M e a distanza R che più contribuisce alla pericolosità sismica del sito in questione.



>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.482, lon: 12.6766, ID: 25851)										
	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	8.5-9.0
0-10	0.000	22.400	30.100	10.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	2.480	6.270	4.570	0.896	0.931	0.767	0.386	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.303	1.600	2.230	2.850	2.710	1.590	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.095	0.746	1.440	1.640	1.170	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.114	0.608	0.907	0.770	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.195	0.487	0.491	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.236	0.291	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.058	0.101	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.047	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.022	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	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	0.000

Il procedimento della disaggregazione sismica eseguito per la località Terni ha fornito i seguenti valori di Magnitudo attesa: M = 5.12, e distanza R = 12.1 Km, quindi la massima pericolosità è determinata da un potenziale terremoto con tempo di ritorno 50 Anni,

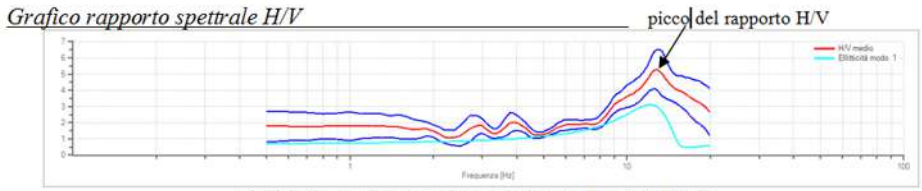
>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

con magnitudo **M = 5.12 e da una sorgente sismica a distanza R = 12.1 Km dall'area di studio.**
Le indagini eseguite e sopra commentate costituiscono parte della Microzonazione Sismica di Secondo livello per la cui visione completa si rimanda ai capitoli precedenti di commento.
Per tale livello di indagine è stato anche condotta una misurazione HVSR del rapporto H/V.

Elaborazione indagine HVSR
La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale.
Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.
Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione per una durata non inferiore ai 20 minuti.
Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata.
Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.
Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.
Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.
Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.
Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.
Presso l'area oggetto di studio la misurazione del rumore sismico di fondo - di durata pari a 20 minuti - ha fornito una frequenza di picco del rapporto H/V pari a 12.7 Hz -+ 0.23 Hz corrispondente a profondità del bedrock o strato rigido pari a circa 7/8 m dal piano campagna. Ovviamente quello che viene individuato con tale prospezione è un simil-bedrock ovvero uno strato a elevata rigidità (argille grigie compatte) che funge da locale substrato.

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Frequenza del picco del rapporto H/V:12.7 Hz ±0,23 Hz

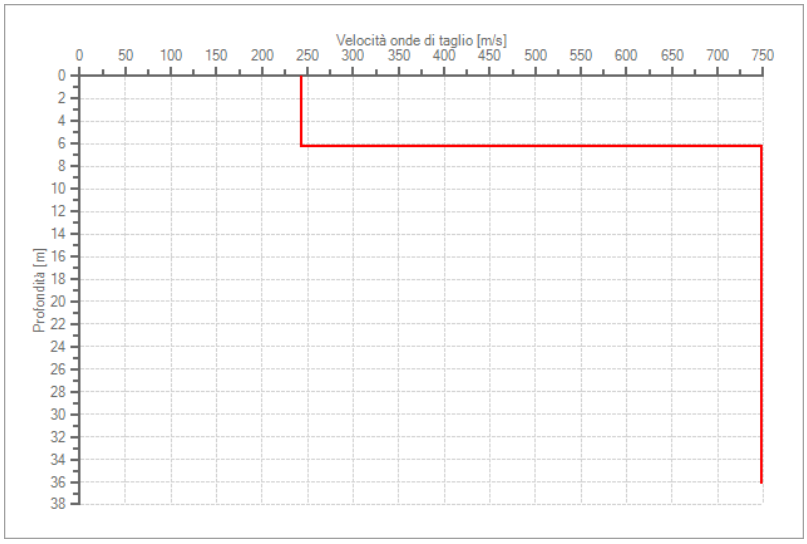


Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m^3]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	6.2	18	0.3	242
2	6.2	30	18	0.3	748

Valore Vs30: 522 m/s



La misura H/V individua un bedrock posto a circa 7/8 m dal piano campagna, ovvero suggerisce la presenza di un salto di velocità rispetto alle coperture sciolte o debolmente compattate a quote più superficiali.
A seguire viene prodotta sismostratigrafia di riferimento ricostruita sulla scorta delle indagini svolte e consultate e dello stendimento sismico a rifrazione; si specifica che l'attribuzione iniziale dei parametri geotecnici è stata eseguita sulla scorta delle indagini svolte con un'indicazione dei parametri medi iniziali :

SISMOSTRATIGRAFIA		
Strato n°	**Spessore (m)**	**Vs (m/s)**
Suolo agrario argilloso	1	97
Alternanza di limi argillosi e argille limose	5.5	344
Argille grigie compatte	----	1745

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

9- MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO

La microzonazione sismica di terzo livello qui redatta tiene conto degli studi di Microzonazione sismica eseguiti nel 2002 dalla Regione Umbria con apposita convenzione stipulata con il Politecnico di Milano in occasione del post terremoto di Narni 16/12/2000; tali studi sono stati equiparati al terzo livello di MSS con la DGR 377/2010 Regione Umbria.

Moto di imput

Dall'analisi della pericolosità sismica eseguita per la città di Terni con il metodo della disaggregazione sismica, è possibile determinare il moto di imput sismico di riferimento per il sito in oggetto. Dal procedimento prima descritto si è ottenuto una Magnitudo di riferimento 5.35 e con sorgente sismica a 12.5 Km di distanza. Ora considerando che l'area di variante urbanistica è ubicata nella zona centro sud del comune si ritiene utile e cautelativo indicare come accelerogramma di riferimento quello utilizzato dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale di Milano in occasione degli studi di MSS dell'area Terni-Narni-Stroncone e anche per il completamento della MSS di Terni. Questo accelerogramma è infatti determinato da un sisma di Magnitudo di 5.5 ed una distanza epicentrale più vicina ancora, pari a 7 Km, sebbene ottenuto da un catalogo parametrico dei terremori italiani aggiornato al 1999 (CPTI 1999- vedi sotto), mentre la ricerca storica sopra commentata è aggiornata al 2011 (CPTI 2011). Comunque la procedura di individuazione dell'accelerogramma eseguita è ancora valida; si sono infatti definiti i parametri di scuotimento del terreno attesi, su sito rigido, aventi probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (periodo di ritorno equivalente = 475 anni), così come raccomandato dalla DGR 377/2010 e anche dalle NTC08 - D.M. 14.01.2008 e dalle linee guida del DPC-sett. 2008 (punto 1.6.3.3 "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica").

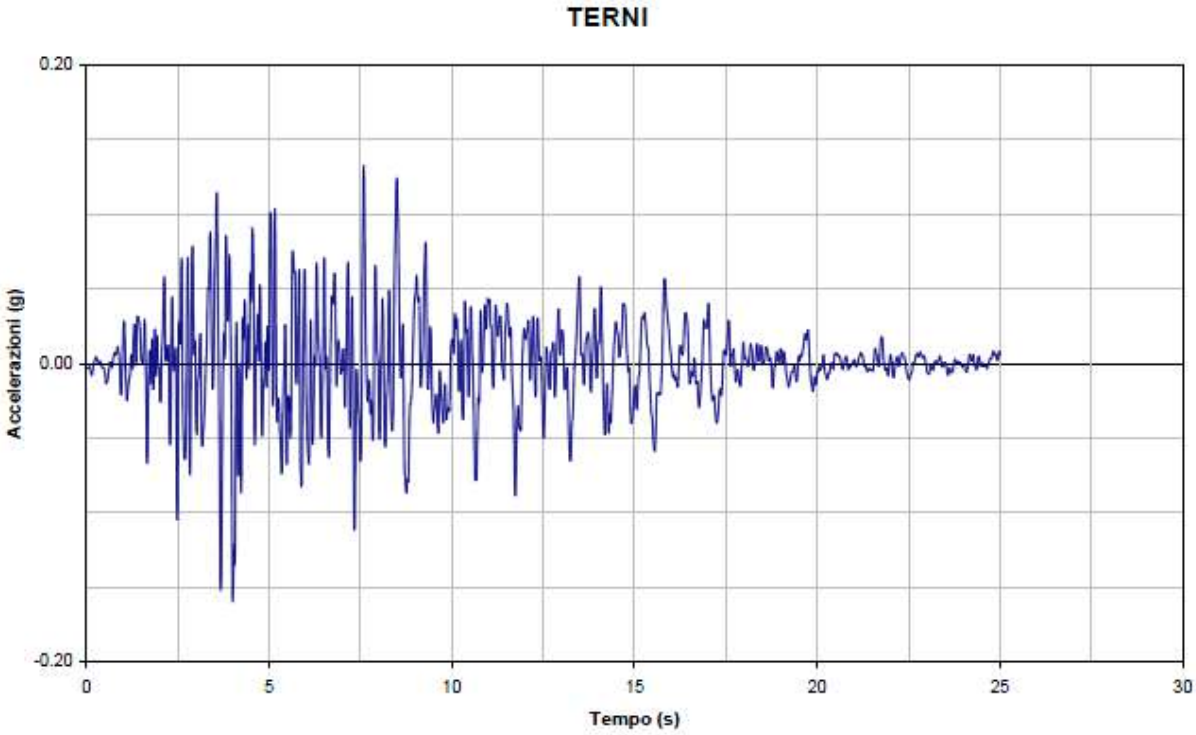
Quindi il periodo di ritorno utilizzato rappresenta un valore convenzionale adottato in molte normative internazionali (tra cui anche l'Eurocodice 8, ENV 1998-1-1, 1994), a fini di classificazione sismica.

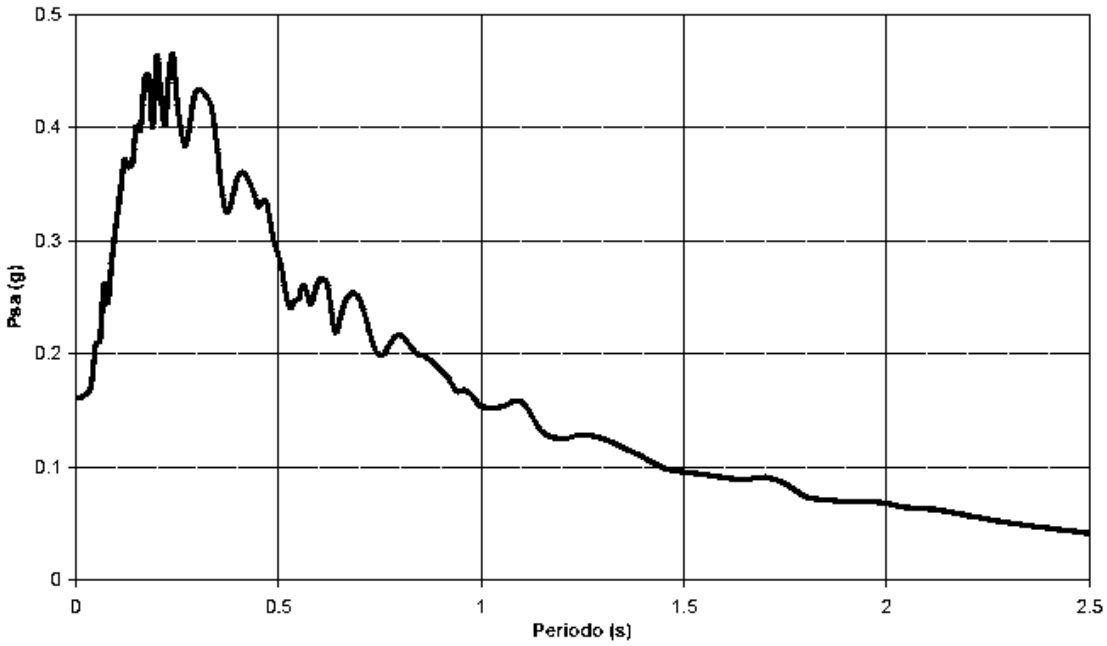
I risultati di dette analisi consistono in spettri a pericolosità uniforme in pseudoaccelerazione con il 5% dello smorzamento critico. La scelta degli spettri a pericolosità uniforme anziché di quello deterministico con pari periodo di ritorno, è stata dettata dalla impossibilità di separare all'interno della zona sismogenetica il contributo di ciascuna singola struttura, e pertanto si è ritenuto più corretto utilizzare il contributo cumulato, su base probabilistica, della scuotibilità derivante da tutte le potenziali sorgenti esistenti nell'area. In particolare utilizzando il catalogo dei terremoti (Gruppo di Lavoro CPTI, 1999), le zone sismogenetiche (Scandone, 1999) e leggi di attenuazione (Sabetta e Pugliese, 1996), si sono ottenuti per il centro oggetto di indagine i valori attesi di picco di accelerazione (Pga), picco di velocità (Pgv), Arias Intensity (Ai), durata dell'evento (d), ordinate spettrali per i vari periodi, in termini di pseudovelocità (Psv) al 5% dello smorzamento critico (da relazione del politecnico di milano per il completamento degli studi di MS per la città di Teni). A partire dagli spettri ottenuti sono stati generati accelerogrammi sintetici (Sabetta e Pugliese, 1996), fissata la magnitudo e distanza compatibile con la Pga ottenuta dall'analisi precedente.

In particolare si è ottenuto uno spettro in pseudoaccelerazione e un relativo accelerogramma per il sito, considerando un evento con magnitudo 5.5 e distanza epicentrale 7.0 km.

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Accelerogramma utilizzato per il sito di Terni





Spettro utilizzato per il sito di Terni dal Politecnico di Milano in occasione degli studi di MSS del post-sisma di Narni (16.12.2000 e per il completamento degli studi di microzonazione sismica del PRG di Terni (2002-2004).

I risultati delle analisi sono stati riassunti in una serie di spettri elastici in pseudo accelerazione calcolati per ciascuna stratigrafia tipo (stratigrafie individuate per le

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

varie zone della città).

$$SI\ (PSV) = \int_{0.1}^{0.5} PSV(T,\xi)dT$$

Per ogni spettro elastico è stata calcolata l'intensità spettrale (SI) nell'intervallo 0.1-0.5 s, assunto come rappresentativo del periodo proprio delle tipologie di edifici presenti nell'area e nell'intervallo 0.1-2.5 s come definito da Housner (1952).
L'intensità spettrale è stata calcolata sugli spettri in pseudovelocità (PSV) al 5% dello smorzamento critico ξ. Sono stati quindi calcolati i rapporti tra l'intensità spettrale calcolata per ciascuna colonna stratigrafica analizzata e l'intensità spettrale dello spettro di input.
Questo rapporto (Fa) definisce il fattore di amplificazione legato agli effetti di sito, da valutare comunque caso per caso per ogni intervento edilizio, considerato anche il fattore topografico oltre a quello stratigrafico, qui in ogni caso prevalente.
Per la definizione dei valori di Fa per gli intervalli compresi tra 0.1-0.5 s e 0.1-2.5 s sono stati utilizzati gli abachi disposti dal Dipartimento della Protezione Civile che prevede l'individuazione del modello di sottosuolo più adatto al contesto geologico locale; in questo caso si adotta un modello stratigrafico a profilo costante .
Con tali assunzioni è possibile utilizzare gli abachi pubblicati nel "Gli indirizzi e criteri per la micro zonazione sismica" del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile.
L'abaco utilizzato è dunque quello relativo alle accelerazioni ag/g=0.18 (corrispondente alle zone sismiche di classe 2 come il Comune di Terni), e i materiali di riferimento per il primo orizzonte individuato al di sopra del bedrock sismico di tipo argilla.
La Vs risultante dallo stendimento di sismica a rifrazione è= 496 m/sec per cui sarà utilizzata la colonna riferita alle Vs 500 m/sec per uno spessore H di 8 m tale per cui si utilizzera a titolo di cautela il valore di 10 m come a seguire.

Fattore di amplificazione FA	Tipo di terreno Argilla	a_g (g) 0.18g	Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia

	$V_{s,H}$ (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.37	1.86	1.72	1.48	1.28	1.15	1.09	1.05	1.02	1.01
10	2.62	2.40	2.07	1.75	1.52	1.36	1.25	1.17	1.07	1.02
15	2.25	2.35	2.21	1.96	1.75	1.55	1.40	1.28	1.13	1.04
20	1.86	2.12	2.15	1.98	1.80	1.62	1.48	1.36	1.18	1.06
25	1.86	1.88	1.98	1.94	1.80	1.63	1.51	1.39	1.21	1.08
30	-	1.86	1.87	1.80	1.75	1.62	1.50	1.39	1.22	1.08
35	-	1.83	1.83	1.71	1.63	1.58	1.48	1.39	1.21	1.08
40	-	1.79	1.80	1.71	1.56	1.52	1.45	1.36	1.21	1.08
50	-	1.61	1.74	1.67	1.56	1.45	1.36	1.30	1.18	1.06
H 60	-	1.53	1.66	1.62	1.54	1.43	1.34	1.27	1.15	1.05
70	-	1.43	1.56	1.59	1.49	1.41	1.32	1.25	1.13	1.03
80	-	1.41	1.53	1.49	1.47	1.37	1.31	1.23	1.12	1.02
90	-	1.33	1.46	1.47	1.42	1.36	1.28	1.22	1.10	1.01
100	-	1.22	1.40	1.42	1.39	1.33	1.27	1.20	1.09	1.00
110	-	1.16	1.36	1.38	1.34	1.29	1.24	1.19	1.08	0.99
120	-	1.17	1.27	1.34	1.32	1.27	1.21	1.17	1.07	0.98
130	-	1.11	1.21	1.31	1.28	1.26	1.19	1.15	1.06	0.98
140	-	1.04	1.19	1.27	1.25	1.22	1.18	1.13	1.05	0.96
150	-	1.00	1.17	1.21	1.22	1.19	1.16	1.11	1.03	0.96

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Fattore di amplificazione	Tipo di terreno	a_g (g)	Profilo di velocità
FV	Argilla	0.18g	Lineare pendenza intermedia

H	V_{sh} (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.18	1.09	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
10	2.32	1.54	1.18	1.11	1.08	1.05	1.03	1.02	1.01	1.00
15	2.99	2.13	1.61	1.29	1.16	1.11	1.07	1.05	1.02	1.01
20	3.15	2.56	1.93	1.56	1.32	1.18	1.13	1.09	1.04	1.01
25	3.05	2.76	2.23	1.78	1.49	1.30	1.19	1.13	1.06	1.02
30	-	2.75	2.38	1.97	1.64	1.42	1.28	1.18	1.08	1.03
35	-	2.70	2.49	2.06	1.74	1.52	1.35	1.23	1.10	1.03
40	-	2.65	2.45	2.15	1.82	1.59	1.41	1.27	1.12	1.04
50	-	2.45	2.39	2.17	1.94	1.71	1.52	1.37	1.17	1.05
60	-	2.41	2.29	2.12	1.91	1.74	1.58	1.43	1.20	1.06
70	-	2.20	2.16	2.06	1.89	1.72	1.56	1.43	1.21	1.08
80	-	2.07	2.14	1.97	1.85	1.69	1.56	1.44	1.22	1.09
90	-	2.06	2.01	1.92	1.77	1.66	1.54	1.43	1.23	1.09
100	-	2.03	1.93	1.89	1.73	1.61	1.51	1.41	1.23	1.09
110	-	1.98	1.92	1.82	1.70	1.58	1.48	1.38	1.22	1.09
120	-	1.97	1.91	1.75	1.67	1.55	1.45	1.37	1.21	1.08
130	-	1.94	1.87	1.73	1.63	1.53	1.43	1.34	1.19	1.06
140	-	1.88	1.83	1.74	1.59	1.50	1.40	1.32	1.18	1.05
150	-	1.83	1.80	1.72	1.54	1.46	1.39	1.30	1.17	1.04

Dunque i fattori di amplificazione determinati secondo le tabelle del Dipartimento di Protezione Civile sono:

FA = 1.17 FV = 1.02

I valori di St (coefficiente di amplificazione topografica) relativi alla tabella 3.2.VI delle NTC 2008 capitolo 3 indicano che per categorie topogrtafiche T1 il valore di Fa Topografico è pari a 1.

FA topografico = 1

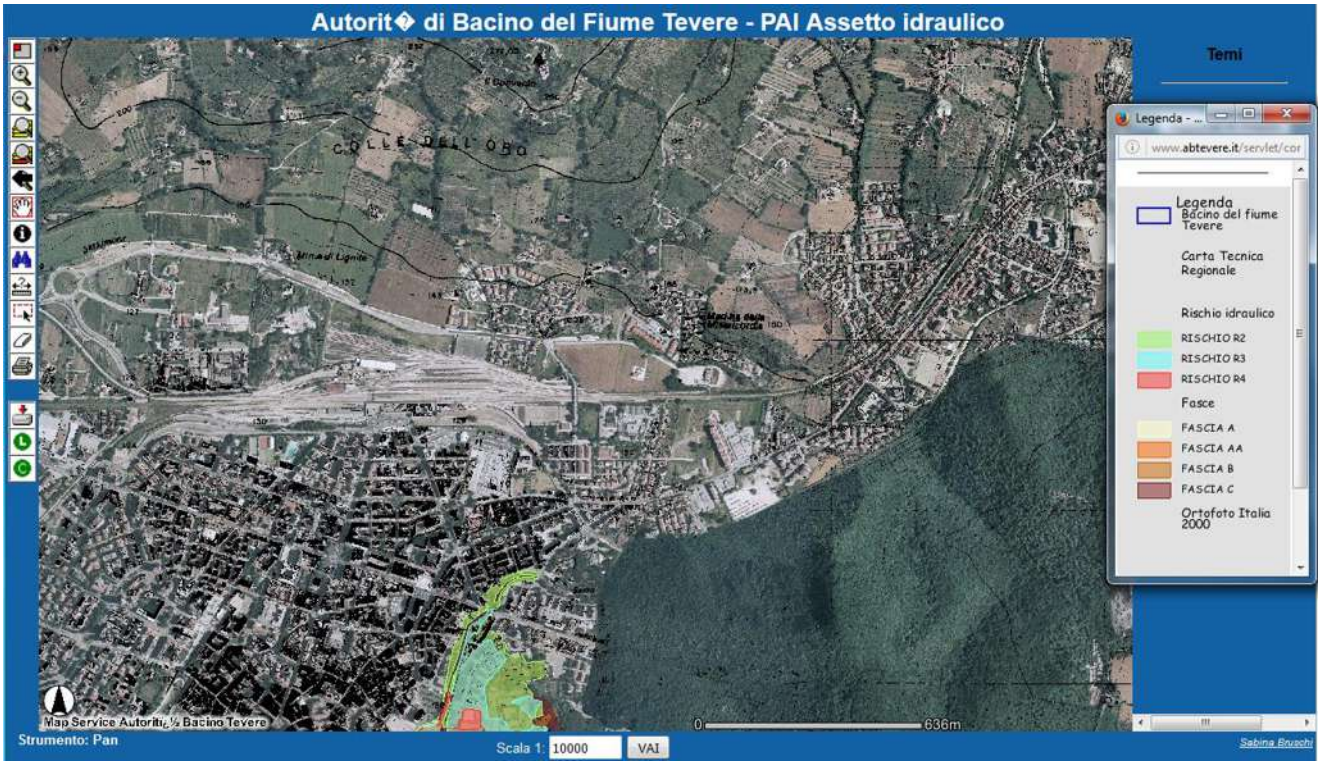
10-VALUTAZIONI IN MERITO AL PAI

Ad integrazione del paragrafo 4 – Rischio idraulico di pagina 7 della relazione Tecnica precedentemente presentata (Settembre 2012) a corredo del Piano Attuativo in oggetto si presentano in questa sede valutazioni in merito *VI stralcio funzionale P.S. 6 per l'assetto idrogeologico P.A.I. Progetto* di variante alle N.T.A. Adozione misure di salvaguardia denominato "PAI Bis".

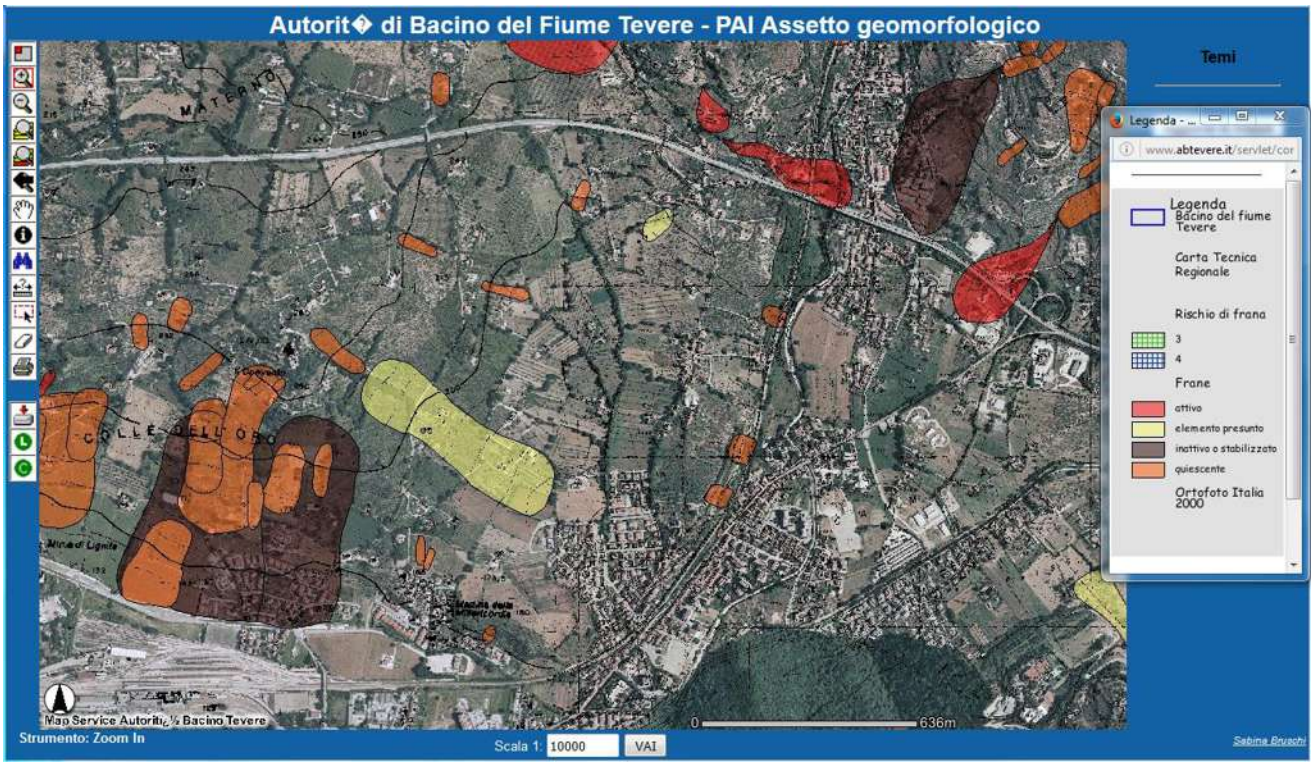
Il Comune di Terni, rientra, secondo questo strumento urbanistico, sia nei comuni nei quali ricade almeno un'area perimetrata a rischio di esondazione che a rischio di movimenti franosi.

Dall'esame di questo documento si ricava che il sito previsto per l'intervento non rientra nelle aree perimetrate a rischio di esondazione né del reticolo principale (F. Nera), né in quelle del reticolo secondario, né in quelle a rischio di frana.

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H



http://www.abtevere.it/website/pai_frane/viewer.htm



http://www.abtevere.it/website/pai_fasce/viewer.htm

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

11-CONCLUSIONI

Sulla base delle caratteristiche litotecniche, idrogeologiche e geomorfologiche della zona in studio e, facendo riferimento alla normativa vigente in materia si perviene alle seguenti conclusioni:

- il sito, allo stato attuale, è stabile e non si notano problematiche di ordine geologico–geotecnico; il rilevamento effettuato non ha portato ad individuare zone interessate da movimenti di dissesto di tipo franoso profondo, o aree in stato di equilibrio gravitativo precario, non sono presenti fenomeni gravitativi attivi e/o quiescenti, il tutto è confermato dall'analisi delle carte del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) e del PRG.
- Il sito in esame, in base alle prove penetrometriche e MASW effettuate, rientra nella categoria di suolo **Tipo B: "***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina)".*
- **In base alla Microzonazione di livello 3 si consiglia di utilizzare per l'area oggetto di studio valori di FA e FV rispettivamente pari a 1,17 e 1,02.**

La categoria topografia risulta essere pari a T1: Aree con pendenze inferiore a 15° di inclinazione.

Terni, 04 Luglio 2016

Dott. Geol. Giuseppe Caracciolo
Ordine Geologi Regione Umbria n. 360

CARACCIOLO
studio di geologia

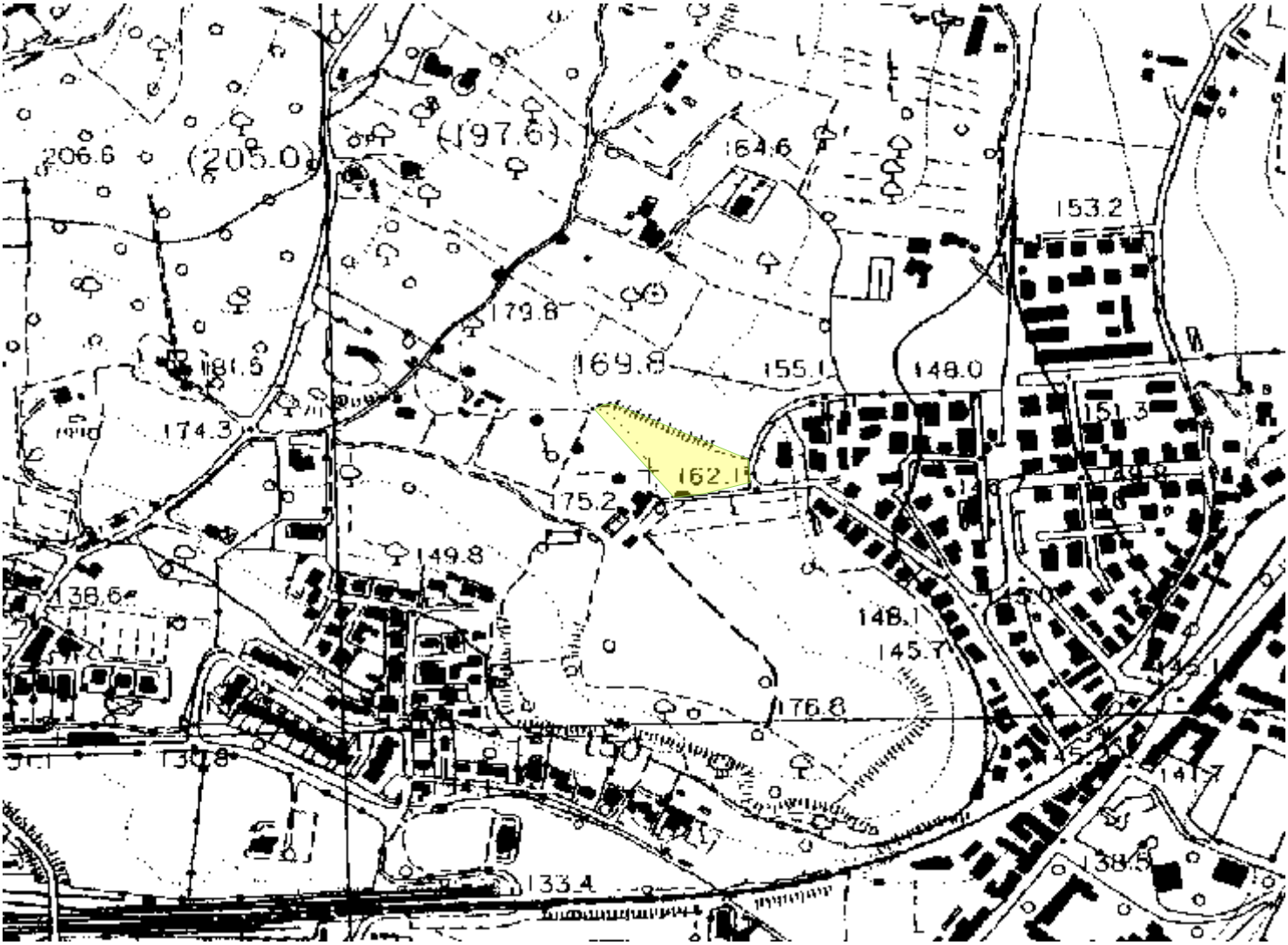
>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Allegato 1

COMUNE DI TERNI

CTR

Scala 1:5.000



CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Allegato 2

COMUNE DI TERNI

Stralcio Planimetria Catastale e ortofoto con ubicazione delle indagini geognostiche eseguite

Scala 1:2.000

P1 ● Ubicazione prova penetrometrica

Traccia stendimento sismico MASW

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Allegato 3

NUOVO PIANO REGOLATORE GENERALE

STUDI GEOLOGICO-AMBIENTALI
PARTE STRUTTURALE E OPERATIVA

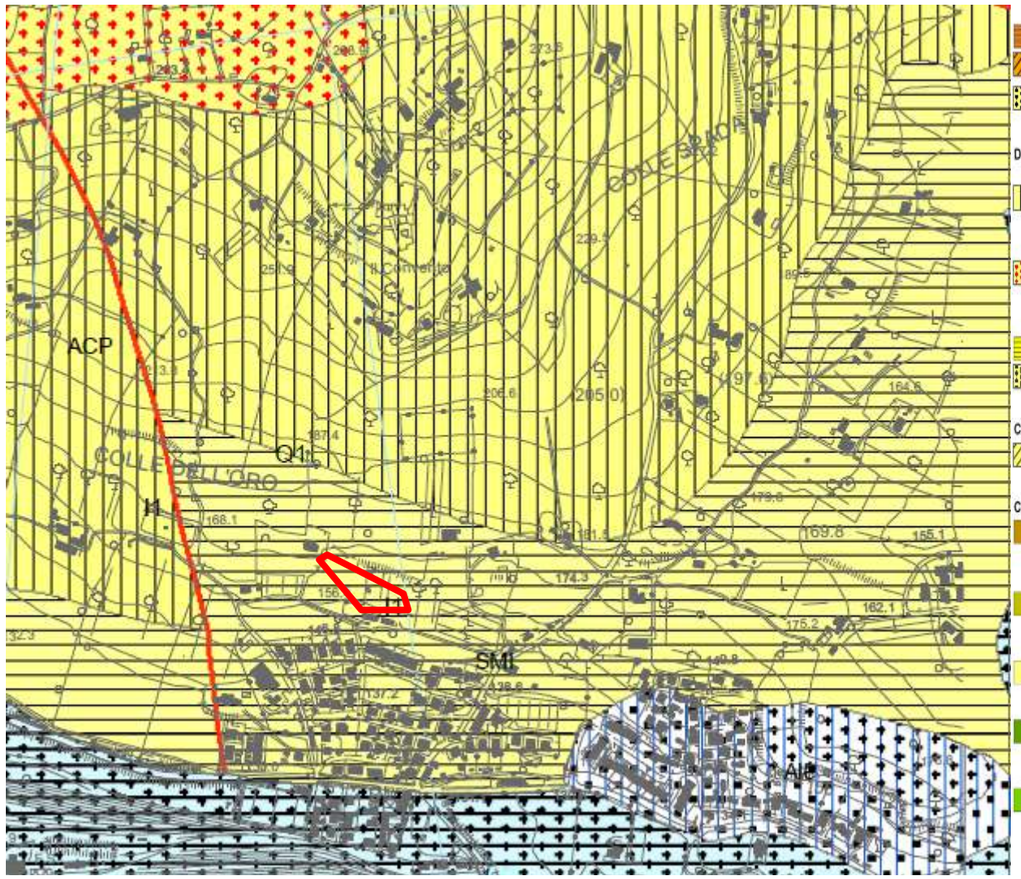
GEOL. SANDRO TRASTULLI (CAPOGRUPPO)
GEOL. SANDRO FRANCHI GEOL. OTELLO MASSARELLI GEOL. MAURIZIO PALOMBI
GEOL. RAFFAELA PETRALLA

GEOL. PAOLO PACCARA

ELABORAZIONI CARTOGRAFICHE G.I.S.:Analisi, gestione e struttura dei database realizzate dal DOTT. GEOL. PIERPAOLO CHIRAZ

CARTA GEOLOGICA
C.T.R. 346040 "TERNI"

ELABORATO N. 4.1 a



LEGENDA

ELEMENTI GEOLOGICI

ant — Accumuli Antropici: Depositi di materiale non cementato, da poco a mediamente addensato; materiali di riporto di origine antropica (Olocene)

col — Depositi eluvio-Colluviali: Depositi essenzialmente fini con clasti di varie dimensioni, provenienti dal disfacimento delle rocce del substrato, accumulati sul posto o sedimentati sui versanti per trasporto di massa e/o per ruscellamento diffuso (Pleistocene-Olocene)

ter — Terre Rosse: Depositi residuali argillosi-limosi di colore rosso, talora frammisti a materiale calcareo detritico, provenienti dall'alterazione e dalla dissoluzione dei carbonati (Pleistocene-Olocene)

Alluvioni:
Limi sabbiosi e limi argillosi con inglobati depositi lentiformi e nastriformi dighiaie e ghiaie sabbiose sciolte o debolmente cementate, talora a stratificazione incrociata, con intercalazioni di lenti di sabbie bruno-giallastre e di argille grigie

aA — (aA) Depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Olocene)

aB — (aA) Depositi alluvionali non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con aA (Pleistocene-Olocene)

ale — (ale) Depositi alluvionali non in rapporto con la morfologia né la dinamica attuale (Pleistocene)

dpl — Depositi palustri: Depositi argillosi e limosi con presenza di torbe (Pleistocene-Olocene)

Detriti di versante
Depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classati a fortemente etero metrici, i clasti sono prevalentemente a spigoli vivi, per lo più in accumuli massivi o grossolana mente stratificati

dra — (dra) Depositi in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Olocene)

drr — (drr) Depositi non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con aA (Pleistocene-Olocene)

dran — (dran) Depositi non in rapporto con la morfologia attuale (Pleistocene)

Travertini

tr — (tr) Travertini terrosi: sabbie e limi calcarei, travertini terrosi

tr1 — (tr1) Travertini litoidi: travertini litoidi in giacitura massiva o grossolanamente stratificati (Pleistocene-Olocene)

LAC — **GHIAIE E CONGLOMERATI**
Ghiaie e conglomerati di origine lacustre, talvolta in matrice sabbiosa, a clasti calcarei mediamente evoluti, localmente con evidenti embriciature; (Pleistocene inf-Pleistocene medio)

Depositi Fluvio-Lacustri del Bacino Tiberino

ACP — **TRAVERTINI, SABBIE E LIMI TRAVERTINOSI**
Limi calcareo-travertinosi, sabbie limose fini sottilmente laminate, associate a travertino fitotermale e fitoclastico, subordinatamente a strati di calcare litoide; è presente malaco fauna dulcicola terrestre (Pleistocene inf-Pleistocene medio?)

CGS — **GHIAIE, GHIAIE SABBIOSE E CONGLOMERATI**
Ghiaie e conglomerati in matrice sabbiosa, conglomerati poco coerenti a clasti calcarei da poco a ben evoluti, localmente con evidenti embriciature; possono essere presenti livelli di sabbie limose o argille. (Pleistocene inf-Pleistocene medio)

SMI / **SMIg** — **ARGILLE ED ARGILLE SABBIOSE**
Argille ed argille siltose grigie e marroni chiaro, sabbie argillose giallastre o avana, a luo ghi compatine di alterazione e di ossidi ferrosi, laminate o sottilmente stratificate, alterna te a livelli sabbiosi con strutture trattive (SMI);
Localmente sono presenti potenti corpi ghiaioso-conglomeratici a matrice sabbiosa (SMIg) (Pliocene sup?-Pleistocene inf.)

Complesso Terrigeno Umbro

SCH — **SCHLIER**
Nella parte bassa marne siltose ed argillose in strati da spessi a molto spessi in genere mal distinti; verso l'alto progressivo incremento dei letti siltosi e stratificazione più marca ta

Complesso Carbonatico Umbro

BIS — **BISCIARO**
Calcari marnosi grigio scuri e marne grigie; nella parte bassa strati di selce nera; sottili inter calazioni di vulcanoclastiti e tufiti sono più frequenti nella porzione inferiore; contiene fora miniferi planctonici (Aquitaniano -Burdigaliano)

SCC — **SCAGLIA CINEREA**
Marne e marne argillose grigio-verdi o grigio-cenere alternate, alla base, con calcari marno si grigi in strati con spessore da centimetrico a decimetrico; localmente intercalazioni di cal carenti grigie in strati di 10-60 cm (Eocene sup.-Aquitaniano)

VAS — **SCAGLIA VARIEGATA**
Marne e marne argillose rosse e grigio-verdi con intercalazioni di calcari marnosi rossi e di calcareniti; stratificazione sottile (2-20 cm) e ritmica (Eocene medio-Eocene sup.)

SGO — **SCAGLIA ROSSA**
Calcari e calcari marnosi da rosati a rosso scuri con noduli e liste di selce generalmente rosea o rossa; sono presenti calcareniti, frequentemente laminate di colore grigio o bianco, talora di notevole spessore (Turoniano-Eocene medio)

SBI — **SCAGLIA BIANCA**
Calcari micritici bianchi o grigi fittamente stratificati, con liste e strati di selce nera o grigia nella parte alta, frequentemente bianca o rosata nella parte bassa; sono pre senti intercalazioni calcarenitiche, talora clacrudtiche;
Nella parte sommitale, alcuni metri prima del passaggio con la scaglia rossa, è in genere presente il Livello Bonarelli (scisti bituminosi neri con resti di pesci e radiolari) (Albiano-Turoniano)

FUC — **MARNE A FUCOIDI**
Argille marnose ed argille laminate, grigio scure, talvolta variegate con ripetute inter calazioni nere, bituminose; nelle parti più marnose e marnoso-calcaree frequenti tracce dendritiche di bioturbazione (Fucoidi Auctt.) (Aptiano-Albiano)

MAI — **MAIOLICA**
Calcari micritici bianchi a grana finissima e frattura concoide, regolarmente stratifi cati in banchi di spessore variabile fra 10 e 60 cm, talora con sottili interstrati argil losi grigio-neri con selce grigia in strati o noduli (Titonico sup-Aptiano)

CDU — **CALCARI DIASPRIGNI**
Calcari selciferi, selci comee, argilliti selciose, sabbie radilaritiche, sempre finemente stratificate; colore variabile dal rossiccio al verde-grigio; nella parte alta presenza di calcari e calcari-marnosi grigio-verdi, fittemente stratificati; (Bajociano/Calloviano-Titonico inf.)

POD — **CALCARI E MARNE A POSIDONIA**
Calcari e calcari marnosi grigi o nocciola fittamente e regolarmente stratificati; alla ba se intercalazioni marnose grigio-verdi, livelli di selce talora abbondanti ed intercalazio ni (nella parte alta) di calcareniti avana in grossi strati laminati (Aaleniano inf.-Bajociano/Calloviano)

RSA — **ROSSO AMMONITICO**
Marne e marne argillose passanti a marne calcaree, calcari marnosi e calcari nodulari fortemente bioturbati; stratificazione fitta e regolare; colore prevalente rosso scuro, sporadicamente verdastro; talora eteropico alle marne del monte serrone (Toarciano-Aaleniano inf.)

SRN — **MARNE DEL MONTE SERRONE**
Marne e marne argillose grigie, subordinatamente rossiccie o verdi, fittamente stratificate con intercalati livelli di calcari marnosi a struttura nodulare ed arnioni di selce; nella parte alta livelli calcarenitici fini con strutture hummocky (Toarciano inf.-Toarciano medio)

COI — **CORNIOLA**
Calcari grigi o nocciola, regolarmente stratificati (20-50 cm) con noduli e liste di selce biancastra o grigia, intercalazioni di torbiditi calcaree a carattere prossimale, più frequenti alla base; interstra ti marnosi grigio-verdi frequenti alla sommità (Lotharingiano-Domeriano)

BUG — **FORMAZIONE DEL BUGARONE**
Micriti grigie o nocciola ricche in bioclasti, a struttura nodulare, talora dolomitizzate; stratificazioni in grossi strati (40-80 cm); nelle successioni giurassiche sostituisce tutta la sequenza di formazioni dalla Corniola alla Maiolica (Sinemuriano-Titonico inf.?)

MAS — **CALCARE MASSICCIO**
Calcari biancastri o nocciola chiaro, in facies di piattaforma carbonatica; litofacies più comuni grainstones e packstones; stratificazione irregolare, talora a carattere ciclotemico; contiene al ghe calcaree, foraminiferi e molluschi (Hettangiano-Sinemuriano)

Sovrassimboli depositi alluvionali

- Depositi prevalentemente Limo-sabbiosi
- Depositi prevalentemente Ghiaiosi
- Depositi prevalentemente Ghiaiosi e Limo-sabbiosi
- Depositi prevalentemente Limo-argillosi

CORPI DI FRANA

STATO				TIPOLOGIA
attivo A	quiescente Q	inattivo I	diffuso D	
				1 Colamento
				2 Scorrimento
				3 Crollo
				4 Complessa
				5 Erosione
				6 Debris flow

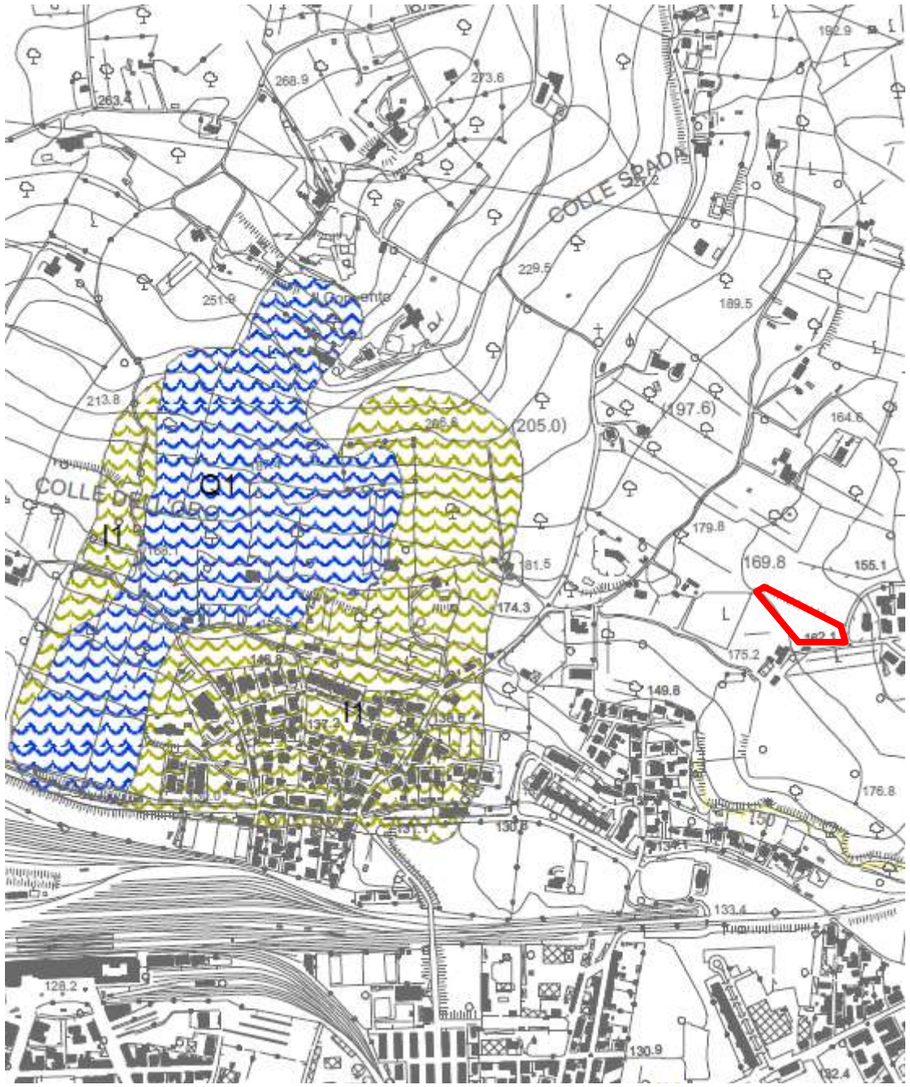
ELEMENTI TETTONICI E SEGNI CONVENZIONALI

- 35 — Stratificazione
- 53 — Stratificazione rovescia
- Faglia transtensiva
- Faglia diretta
- Faglia sepolta
- Sovrascorrimento
- Sovrascorrimento sepolto
- Conoide di deiezione
- Traccia della sezione geologica

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Allegato 4



NUOVO PIANO REGOLATORE GENERALE

STUDI GEOLOGICO-AMBIENTALI
PARTE STRUTTURALE E OPERATIVA

GEOL. SANDRO TRASTULLI (CAPOGRUPPO)
GEOL. SANDRO FRANCHI GEOL. OTELLO MASSARELLI GEOL. MAURIZIO PALOMBI
GEOL. RAFFAELA PETRALLA

GEOL. PAOLO PACCARA

ELABORAZIONI CARTOGRAFICHE G.I.S.:Analisi, gestione e struttura dei database realizzate dal DOTT. GEOL. PIERPAOLO CHIRAZ

CARTA GEOMORFOLOGICA
C.T.R. 346040 "TERNI"

ELABORATO N. 4.2 d

LEGENDA

(a)
(b)
Zona di crinale affilato (a) e cocuzzolo (b)

Orlo di scarpata H>10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)

Orlo di scarpata H<10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)

attiva quiescente inattiva
Scarpata principale di frana

CORPI DI FRANA

STATO					TIPOLOGIA
attivo A	quiescente Q	inattivo I	diffuso D		
				1	Colamento
				2	Scorrimento
				3	Crollo
				4	Complessa
				5	Erosione
				6	Debris flow

attiva quiescente inattiva
Frana non cartografabile

Area di influenza al pericolo di frana

Deformazioni plastiche

Area Classificata R4
"Rischio molto elevato" - P.A.I. (Autorità Bacino del Fiume Tevere)

Area Classificata R3
"Rischio elevato" - P.A.I. (Autorità Bacino del Fiume Tevere)

Conoide di deiezione

Area di discarica, terreni di colmata o di riporto

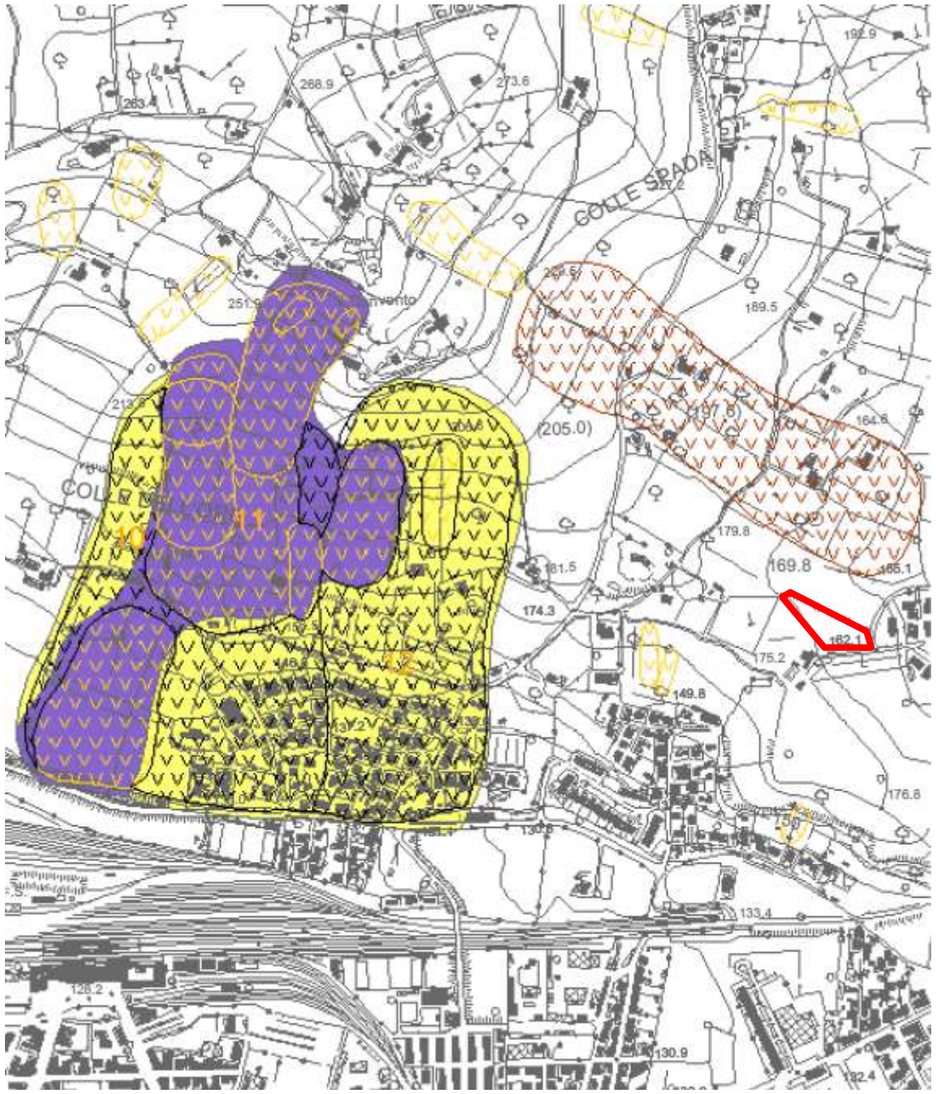
Area morfologicamente in depressione

Limite comunale

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Allegato 5



NUOVO PIANO REGOLATORE GENERALE

STUDI GEOLOGICO-AMBIENTALI
PARTE STRUTTURALE E OPERATIVA

GEOL. SANDRO TRASTULLI (CAPOGRUPPO)
GEOL. SANDRO FRANCHI GEOL. OTELLO MASSARELLI GEOL. MAURIZIO PALOMBI
GEOL. RAFFAELA PETRALLA

GEOL. PAOLO PACCARA

ELABORAZIONI CARTOGRAFICHE G.I.S.:Analisi, gestione e struttura dei database realizzate dal DOTT. GEOL. PIERPAOLO CHIRAZ

INVENTARIO DISSESTI IROGEOLOGICI
CON ADEGUAMENTO AL PAI

C.T.R. 346040 "TERNI"

ELABORATO N. 4.2 c

LEGENDA

SITUAZIONI DI RISCHIO DA FRANA

- R4
- R3

INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI

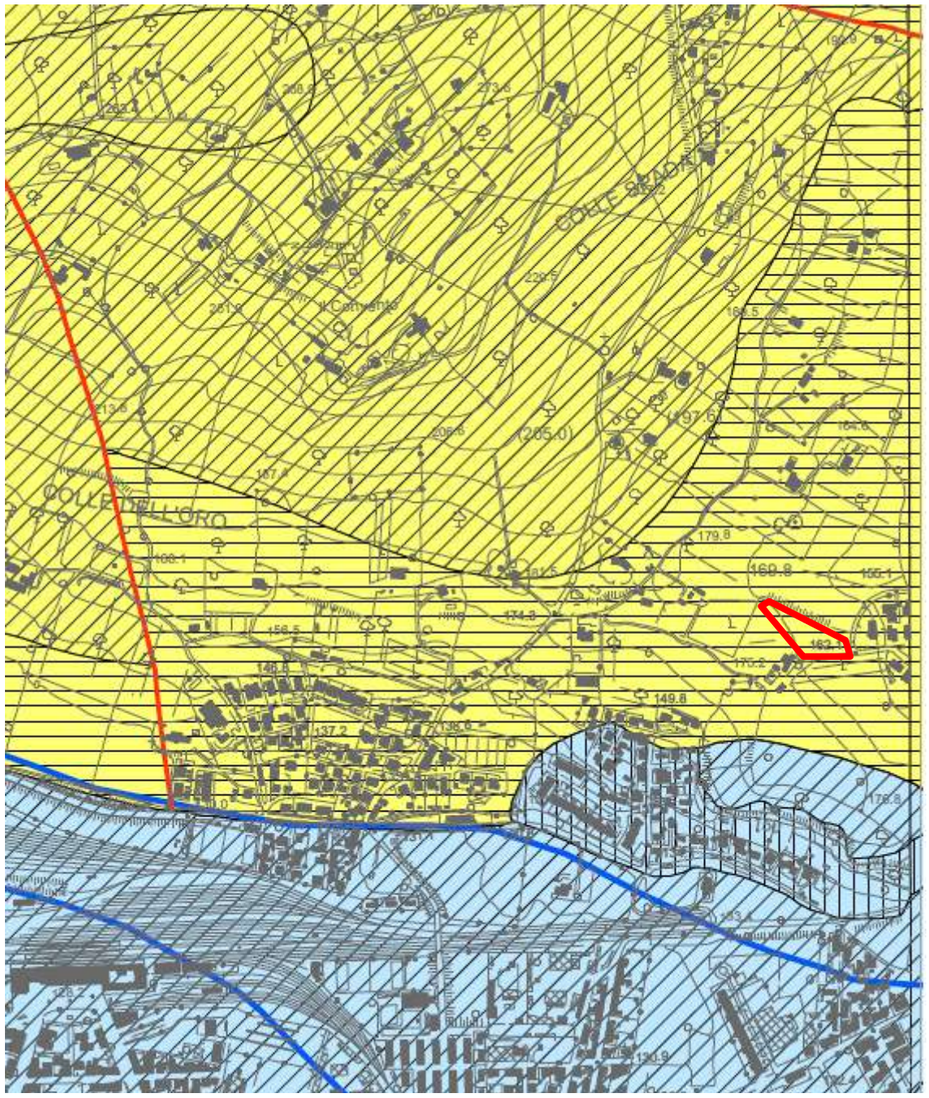
fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno inattivo	fenomeno presunto	
				frana per crollo o ribaltamento
				frana per scivolamento
				frana per colamento
				frana complessa
				falda e/o cono di detrito
				debris flow (colata di detrito)
				area a calanchi o in erosione
				frana presunta

STATO DEL DISSESTO

- DISSESTO ATTIVO
- DISSESTO QUIESCENTE
- DISSESTO DIFFUSO
- DISSESTO INATTIVO

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H



NUOVO PIANO REGOLATORE GENERALE

STUDI GEOLOGICO-AMBIENTALI
PARTE STRUTTURALE E OPERATIVA

GEOL. SANDRO TRASTULLI (CAPOGRUPPO)
GEOL. SANDRO FRANCHI GEOL. OTELLO MASSARELLI GEOL. MAURIZIO PALOMBI
GEOL. RAFFAELA PETRALLA

GEOL. PAOLO PACCARA

ELABORAZIONI CARTOGRAFICHE G.I.S.:Analisi, gestione e struttura dei database realizzate dal DOTT. GEOL. PIERPAOLO CHIRAZ

CARTA IDROGEOLOGICA ED IDROLOGICA

C.T.R. 346040 "TERNI"

ELABORATO N. 4.3 b

LEGENDA

COMPLESSI IDROGEOLOGICI

- Alluvionale
- Bacino Tiberino
- Carbonatico
- Complesso
- Detritico
- Travertini
- Continentale (di origine palustre - Lago di Piediluco)

PERMEABILITA' DELLE LITOLOGIE AFFIORANTI

- Litologie aventi permeabilità alta
- Litologie aventi permeabilità media
- Litologie aventi permeabilità bassa

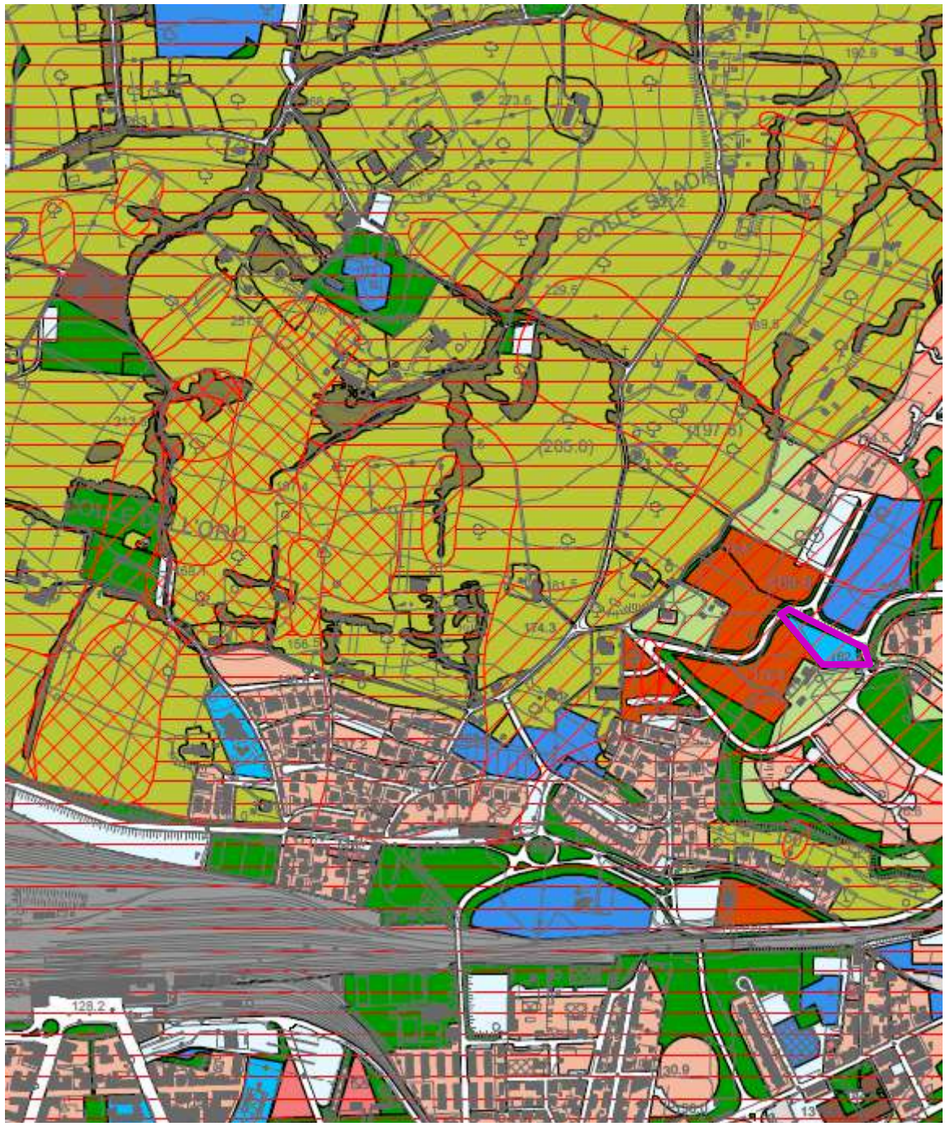
ELEMENTI IDROGEOLOGICI

- Captazioni ad uso idropotabile
- Captazioni ad uso non idropotabile
- 120 — Isopieze in quote assolute
- 100 — Isopieze in quote assolute nelle formazioni carbonatiche
- Direzioni principali di flusso delle falde nelle formazioni continentali
- Direzioni principali di flusso delle falde nelle formazioni continentali
  - Certa
  - Probabile

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Allegato 7



NUOVO PIANO REGOLATORE GENERALE

STUDI GEOLOGICO-AMBIENTALI
PARTE OPERATIVA

GEOL. SANDRO TRASTULLI (CAPOGRUPPO)
GEOL. SANDRO FRANCHI GEOL. OTELLO MASSARELLI GEOL. MAURIZIO PALOMBI
GEOL. RAFFAELA PETRALLA

GEOL. PAOLO PACCARA

ELABORAZIONI CARTOGRAFICHE G.I.S.:Analisi, gestione e struttura dei database realizzate dal DOTT. GEOL. PIERPAOLO CHIRAZ

CARTA DELL' IDONEITA' GEOLOGICO-AMBIENTALE ALLA DESTINAZIONE URBANISTICA CON ADEGUAMENTO AL PAI

C.T.R. 346030 "TERNI"

ELABORATO N. 4.10 a

DESTINAZIONI URBANISTICHE

- Restauro e Risanamento cons.
- Conservazione/Completamento
- Ristrutturaz. Urbanistica
- Espansione
- Verde privato
- Attrezz. di interesse comune
- Istruzione
- Verde/Sport
- Parcheggi
- Attrezz. turistiche/Servizi privati
- Attrezz. sportive private
- Boschi
- Pascoli
- Particolare interesse agricolo
- Agricolo
- Zona di salvag. amb./Prog. amb.
- Verde urbano A
- Verde urbano B
- Edifici rurali di pregio
- Zone di rispetto
- Ferrovie/Rispetto ferroviario
- Carburanti
- Sistema ettometrico
- Aviosuperficie
- Industr.+Artigianato
- Grande industria
- Industr.+Artig.+Commerc.
- Artig.+Residenza
- Infrastrutture tecniche
- Produttive miste
- Attrezzature tecnologiche
- Cave
- Discariche
- Zone denudate
- Fiumi-Corsi d'acqua
- Piazze

LEGENDA

CLASSE A: ZONA EDIFICABILE
Aree nelle quali sono assenti elementi morfogenetici di dissesto e/o di erosione; le caratteristiche morfologiche dei versanti e le proprietà litotecniche dei terreni sono tali da non ingenerare situazioni di instabilità diffusa.
Aree individuate nella carta inventario dei fenomeni franosi del PAI quali dissesti di tipo inattivo o presunto.
Aree individuate a rischio di inondazione nel PAI, Fascia C del fiume Nera.

CLASSE B: ZONA AD EDIFICABILITA' CONDIZIONATA
Aree nelle quali sono presenti elementi morfogenetici di dissesto (movimenti franosi quiescenti) o fenomeni di erosione accentuata e di ruscellamento diffuso.
Aree con caratteristiche morfologiche dei versanti e proprietà litotecniche dei terreni tali da favorire situazioni locali di instabilità.
Aree individuate a rischio elevato di inondazione nel PAI, Fascia B del fiume Nera.
Fascia circumlacuale del lago di Piediluco, zone A1 e A2 del PS3

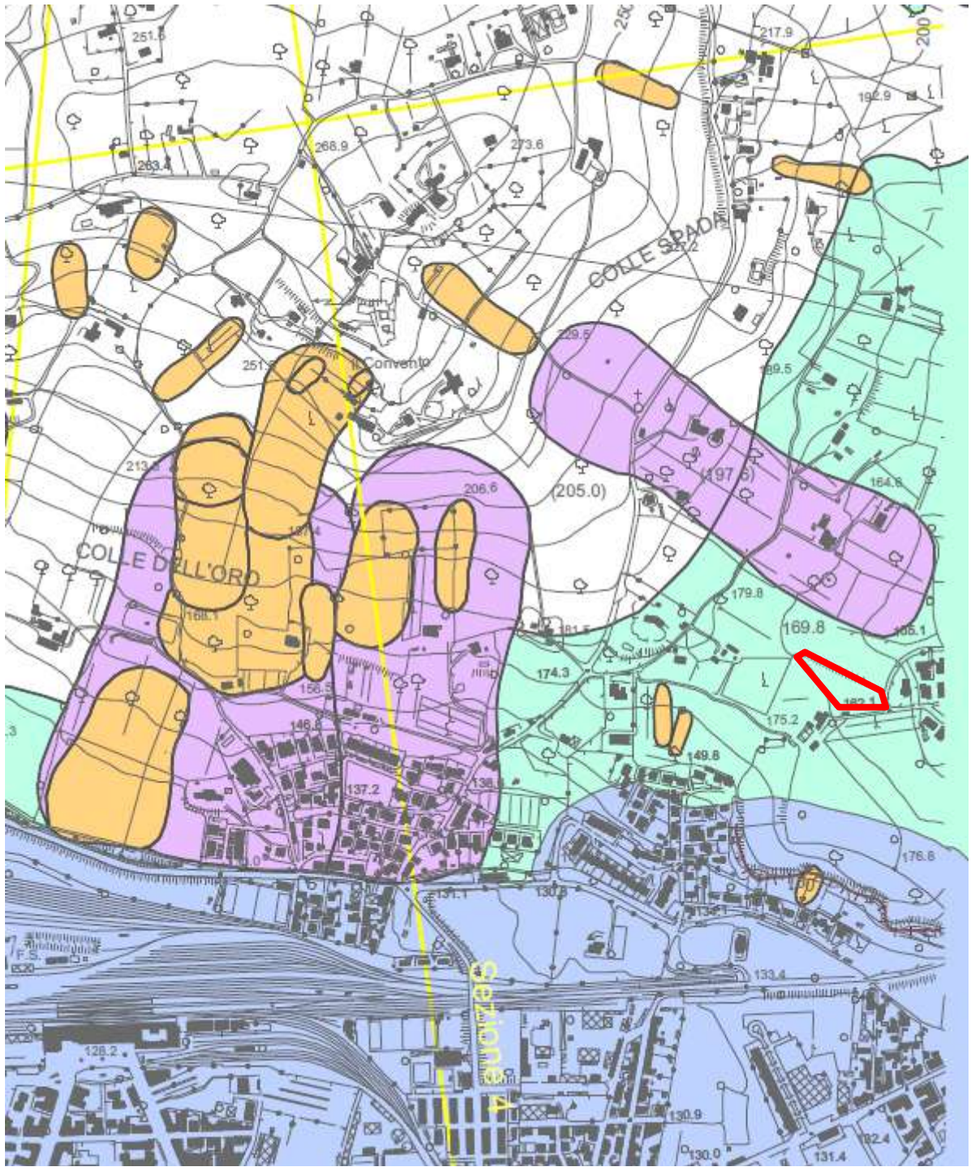
CLASSE C: ZONA AD INEDIFICABILITA' CONDIZIONATA
Aree nelle quali sono presenti elementi morfogenetici di dissesto (movimenti franosi attivi e quiescenti ad elevata probabilità di riattivazione) quali fenomeni di frana da crollo, scivolamenti, scoscendimenti e colamenti.

Aree individuate a rischio molto elevato di inondazione nel PAI.
Fascia A del fiume Nera e aree R4 di inondazione del reticolo idrografico secondario.

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Allegato 8



NUOVO PIANO REGOLATORE GENERALE

STUDI GEOLOGICO-AMBIENTALI
PARTE STRUTTURALE E OPERATIVA

GEOL. SANDRO TRASTULLI (CAPOGRUPPO)
GEOL. SANDRO FRANCHI GEOL. OTELLO MASSARELLI GEOL. MAURIZIO PALOMBI
GEOL. RAFFAELA PETRALLA

GEOL. PAOLO PACCARA

ELABORAZIONI CARTOGRAFICHE G.I.S.:Analisi, gestione e struttura dei database realizzate dal DOTT. GEOL. PIERPAOLO CHIRAZ

CARTA DI SUSCETTIBILITA' SISMICA E/O DI INSTABILITA' DINAMICHE LOCALI CON ADEGUAMENTO AL PAI

C.T.R. 346040 "TERNI"
ELABORATO N. 4.6 c

LEGENDA

TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI

1	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi
2	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti
3	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana
4	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)
5	Zona di ciglio con H>10 metri (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale, di natura antropica)
(a) (b) 6	Zona di crinale affilato (a) o cocuzzolo (b)
7	Zona di fondovalle
8	Zona pedemontana di falda di detrito e cono di deiezione
9	Zona di contatto tar litotipi con caratteristiche fisico-mec caniche molto diverse
	Traccia della sezione interpretativa
	Confine comunale

Area oggetto d'intervento

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

NUOVO PIANO REGOLATORE GENERALE

STUDI GEOLOGICO-AMBIENTALI
PARTE STRUTTURALE E OPERATIVA

GEOL. SANDRO TRASTULLI (CAPOGRUPPO)
GEOL. SANDRO FRANCHI GEOL. OTELLO MASSARELLI GEOL. MAURIZIO PALOMBI
GEOL. RAFFAELA PETRALLA

GEOL. PAOLO PACCARA

ELABORAZIONI CARTOGRAFICHE G.I.S.:Analisi, gestione e struttura dei database realizzate dal DOTT. GEOL. PIERPAOLO CHIRAZ

PROFILI GEOLOGICI CON INDICAZIONE DELLE ZONE DI SUSCETTIBILITA' SISMICA O INSTABILITA' DINAMICHE LOCALI C.T.R. 346040 "TERNI"

ELABORATO N. **4.6 d**

ELEMENTI TETTONICI E SEGNI CONVENZIONALI

Faglia transtensiva

Sovrascorrimento

Sondaggio

Discontinuità geoelettrica

LEGENDA DELLE ZONE SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI O INSTABILITA' DINAMICHE LOCALI

TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI

1 Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi

2 Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti

3 Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana

4 Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)

7 Zona di fondovalle

8 Zona pedemontana di falda di detrito e cono di deiezione

ELEMENTI GEOLOGICI

ant Accumuli Antropici: Depositi di materiale non cementato, da poco a mediamente addensato; materiali di riporto di origine antropica (Olocene)

col Depositi eluvio-Colluviali: Depositi essenzialmente fini con clasti di varie dimensioni, provenienti dal disfacimento delle rocce del substrato, accumulati sul posto o sedimentati sui versanti per trasporto di massa e/o per ruscellamento diffuso (Pleistocene-Olocene)

ter Terre Rosse: Depositi residuali argillosi-limosi di colore rosso, talora frammisti a materiale calcareo detritico, provenienti dall'alterazione e dalla dissoluzione dei carbonati (Pleistocene-Olocene)

Alluvioni:
Limi sabbiosi e limi argillosi con inglobati depositi lentiformi e nastriformi dighiaie e ghiaie sabbiose sciolte o debolmente cementate, talora a stratificazione incrociata, con intercalazioni di lenti di sabbie bruno-giallastre e di argille grigie

aA (aA) Depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Olocene)

aB (aA) Depositi alluvionali non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con aA (Pleistocene-Olocene)

ale (ale) Depositi alluvionali non in rapporto con la morfologia nè la dinamica attuale (Pleistocene)

dpl Depositi palustri: Depositi argillosi e limosi con presenza di torbe (Pleistocene-Olocene)

Detriti di versante
Depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classati a fortemente etero metrici, i clasti sono prevalentemente a spigoli vivi, per lo più in accumuli massivi o grossolana mente stratificati

dra (dra) Depositi in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Olocene)

drr (drr) Depositi non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con aA (Pleistocene-Olocene)

dran (dran) Depositi non in rapporto con la morfologia attuale (Pleistocene)

Travertini

tr (tr) Travertini terrosi: sabbie e limi calcarei, travertini terrosi

tr1 (tr1) Travertini litoidi: travertini litoidi in giacitura massiva o grossolanamente stratificati (Pleistocene-Olocene)

LAC GHIAIE E CONGLOMERATI
Ghiaie e conglomerati di origine lacustre, talvolta in matrice sabbiosa, a clasti calcarei mediamente evoluti, localmente con evidenti embriciature; (Pleistocene inf-Pleistocene medio)

Depositi Fluvio-Lacustri del Bacino Tiberino

ACP TRAVERTINI, SABBIE E LIMI TRAVERTINOSI
Limi calcareo-travertinosi, sabbie limose fini sottilmente laminate, associate a travertino fitotermale e fitoclastico, subordinatamente a strati di calcare litoide; è presente malaco fauna dulcicola terrestre (Pleistocene inf-Pleistocene medio?)

CGS GHIAIE, GHIAIE SABBIOSE E CONGLOMERATI
Ghiaie e conglomerati in matrice sabbiosa, conglomerati poco coerenti a clasti calcarei da poco a ben evoluti, localmente con evidenti embriciature; possono essere presenti livelli di sabbie limose o argille. (Pleistocene inf-Pleistocene medio)

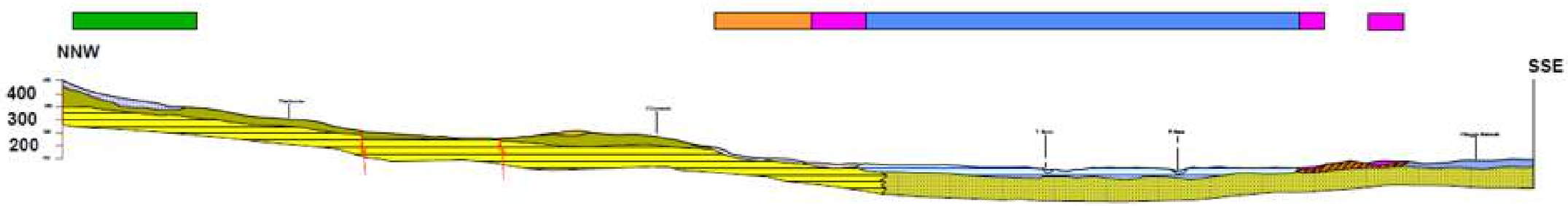
SMl ARGILLE ED ARGILLE SABBIOSE
Argille ed argille siltose grigie e marroni chiaro, sabbie argillose giallastre o avana, a luo ghi conpatine di alterazione e di ossidi ferrosi, laminate o sottilmente stratificate, alterna te a livelli sabbiosi con strutture trattive (SMl);

SMlg Localmente sono presenti potenti corpi ghiaioso-conglomeratici a matrice sabbiosa (SMlg) (Pliocene sup?-Pleistocene inf.)

Complesso Terrigeno Umbro

SCH SCHLIER
Nella parte bassa marne siltose ed argillose in strati da spessi a molto spessi in genere mal distinti; verso l'alto progressivo incremento dei letti siltosi e stratificazione più marca ta

Sezione 4



CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Allegato 10

NUOVO PIANO REGOLATORE GENERALE

STUDI GEOLOGICO-AMBIENTALI
PARTE STRUTTURALE E OPERATIVA

GEOL. SANDRO TRASTULLI (CAPOGRUPPO)
GEOL. SANDRO FRANCHI GEOL. OTELLO MASSARELLI GEOL. MAURIZIO PALOMBI
GEOL. RAFFAELA PETRALLA

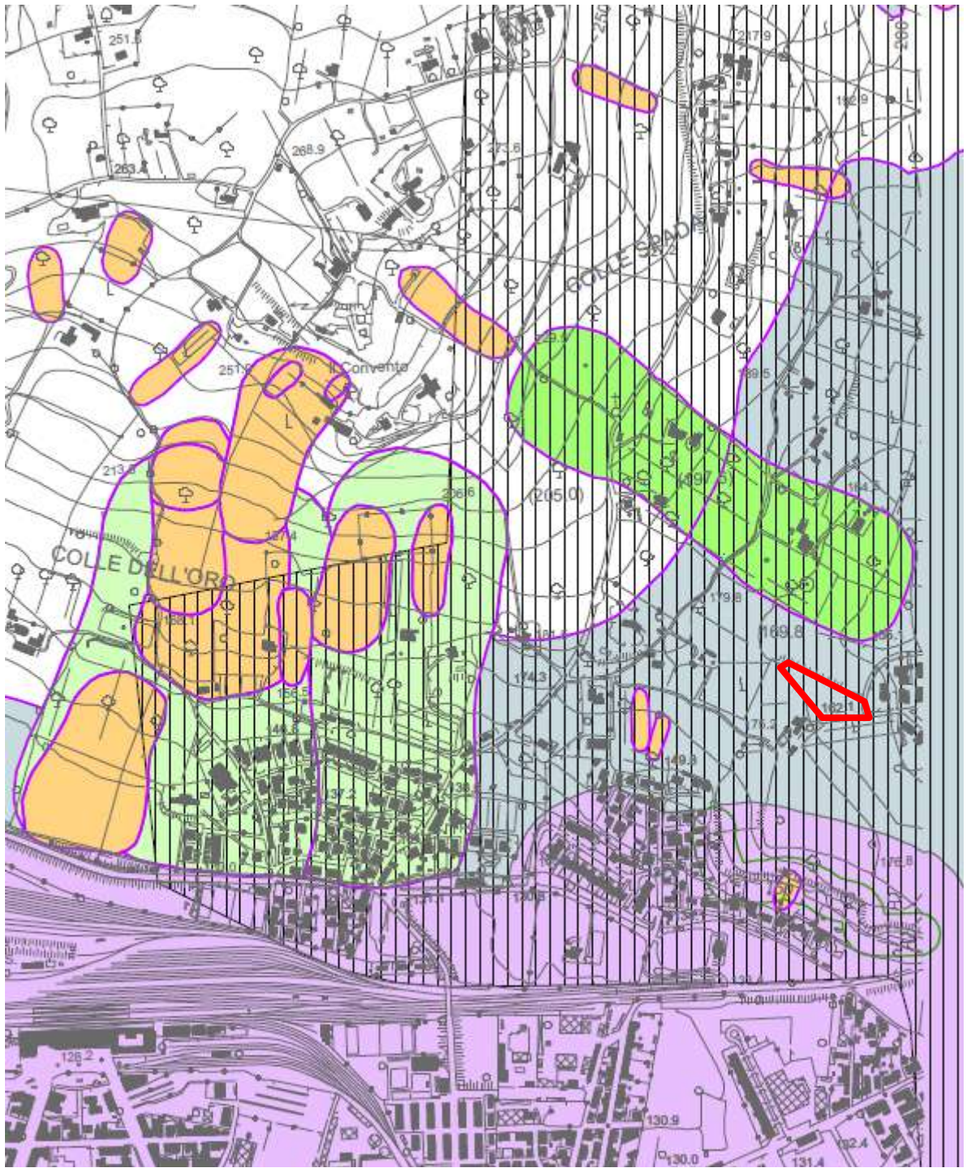
GEOL. PAOLO PACCARA

ELABORAZIONI CARTOGRAFICHE G.I.S.:Analisi, gestione e struttura dei database realizzate dal DOTT. GEOL. PIERPAOLO CHIRAZ

CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA CON ADEGUAMENTO AL PAI

C.T.R. 346040 "TERNI"

ELABORATO N. 4.6 e



Area oggetto d'intervento

Zone di cresta: picco isolato

- classe B
- classe C

Zone di cresta: crinale

- classe B
- classe C

Aree oggetto di microzonazione sismica

Realizzate dal Comune di Terni

- "Terni Est"
- "Marmore"
- "Collestatte"
- "Piediluco"
- "Valenza"

Aree oggetto di microzonazione sismica

Realizzate dalla Regione dell'Umbria

- Capoluogo
- Collescipoli
- Flaminia1
- Flaminia2
- Flaminia3
- Flaminia4
- Gabelletta
- S.Lorenzo

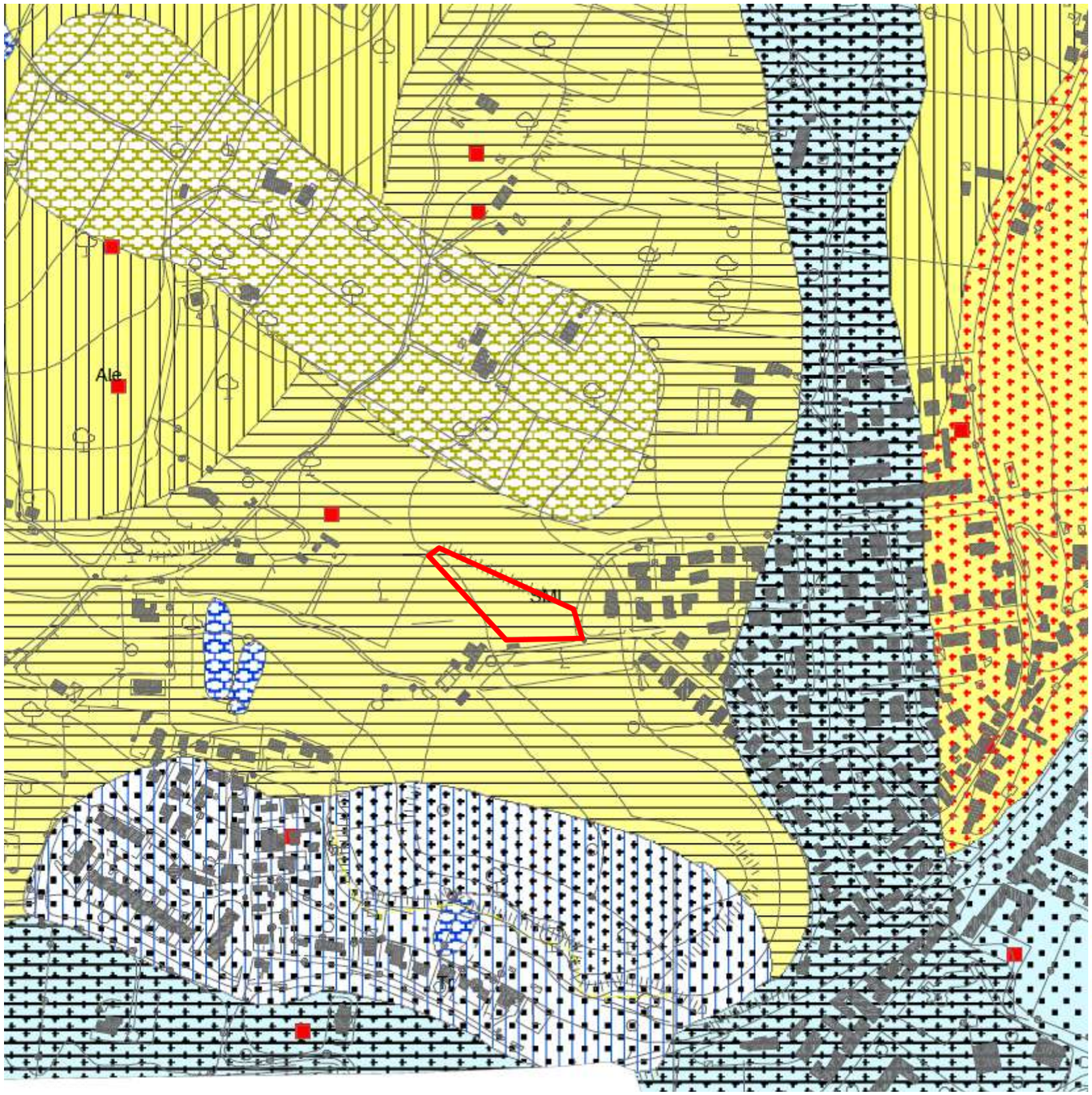
LEGENDA

- Confine comunale
- Zona 9
- Classe di amplificazione sismica locale bassa o nulla (A)
- Classe di amplificazione sismica locale media (B)
- Classe di amplificazione sismica locale elevata (C)
- Classe di amplificazione sismica locale da nulla o trascurabile (A) a molto elevata (D)
- Classe di amplificazione sismica locale da media (B) a molto elevata (D)
- Classe di amplificazione sismica locale molto elevata (D)
- Zona di ciglio con H> 10 metri: La classe di amplificazione sismica locale è aumentata di un livello di rischio rispetto a quella risultante dalla litologia

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Allegato 11



NUOVO PIANO REGOLATORE GENERALE

STUDI GEOLOGICO-AMBIENTALI
PARTE STRUTTURALE E OPERATIVA

GEOL. SANDRO TRASTULLI (CAPOGRUPPO)
GEOL. SANDRO FRANCHI GEOL. OTELLO MASSARELLI GEOL. MAURIZIO PALOMBI
GEOL. RAFFAELA PETRALLA

GEOL. PAOLO PACCARA

ELABORAZIONI CARTOGRAFICHE G.I.S. Analisi, gestione e struttura dei database realizzate dal DOTT. GEOL. PIERPAOLO CHIRAZ

CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA
CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI
MICROZONAZIONE "TERNI EST"

ELABORATO N. 4.7 a

LEGENDA

ELEMENTI GEOLOGICI

ant Accumuli Antropici: Depositi di materiale non cementato, da poco a mediamente addensato; materiali di riporto di origine antropica (Olocene)

col Depositi eluvio-Colluviali: Depositi essenzialmente fini con clasti di varie dimensioni, provenienti dal disfacimento delle rocce del substrato, accumulati sul posto o sedimentati sui versanti per trasporto di massa e/o per ruscellamento diffuso (Pleistocene-Olocene)

ter Terre Rosse: Depositi residuali argillosi-limosi di colore rosso, talora frammisti a materiale calcareo detritico, provenienti dall'alterazione e dalla dissoluzione dei carbonati (Pleistocene-Olocene)

Alluvioni:
Limi sabbiosi e limi argillosi con inglobati depositi lentiformi e nastriformi dighiaie e ghiaie sabbiose sciolte o debolmente cementate, talora a stratificazione incrociata, con intercalazioni di lenti di sabbie bruno-giallastre e di argille grigie

aA (aA) Depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Olocene)

aB (aA) Depositi alluvionali non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con aA (Pleistocene-Olocene)

ale (ale) Depositi alluvionali non in rapporto con la morfologia nè la dinamica attuale (Pleistocene)

dpl Depositi palustri: Depositi argillosi e limosi con presenza di torbe (Pleistocene-Olocene)

Detriti di versante
Depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classati a fortemente etero metrici, i clasti sono prevalentemente a spigoli vivi, per lo più in accumuli massivi o grossolana mente stratificati

dra (dra) Depositi in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Olocene)

drr (drr) Depositi non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con aA (Pleistocene-Olocene)

dran (dran) Depositi non in rapporto con la morfologia attuale (Pleistocene)

Travertini

tr (tr) Travertini terrosi: sabbie e limi calcarei, travertini terrosi

tr1 (tr1) Travertini litoidi: travertini litoidi in giacitura massiva o grossolanamente stratificati (Pleistocene-Olocene)

LAC **GHIAIE E CONGLOMERATI**
Ghiaie e conglomerati di origine lacustre, talvolta in matrice sabbiosa, a clasti calcarei mediamente evoluti, localmente con evidenti embriciature; (Pleistocene inf-Pleistocene medio)

Depositi Fluvio-Lacustri del Bacino Tiberino

ACP **TRAVERTINI, SABBIE E LIMI TRAVERTINOSI**
Limi calcareo-travertinosi, sabbie limose fini sottilmente laminate, associate a travertino fitotermale e fitoclastico, subordinatamente a strati di calcare litoide; è presente malaco fauna dulcicola terrestre (Pleistocene inf-Pleistocene medio?)

CGS **GHIAIE, GHIAIE SABBIOSE E CONGLOMERATI**
Ghiaie e conglomerati in matrice sabbiosa, conglomerati poco coerenti a clasti calcarei da poco a ben evoluti, localmente con evidenti embriciature; possono essere presenti livelli di sabbie limose o argille. (Pleistocene inf-Pleistocene medio)

SMI **ARGILLE ED ARGILLE SABBIOSE**
Argille ed argille siltose grigie e marroni chiaro, sabbie argillose giallastre o avana, a luo ghi conpatine di alterazione e di ossidi ferrosi, laminate o sottilmente stratificate, alterna te a livelli sabbiosi con strutture trattive (SMI);

SMIg Localmente sono presenti potenti corpi ghiaioso-conglomeratici a matrice sabbiosa (SMIg) (Pliocene sup?-Pleistocene inf.)

Sovrassimboli depositi alluvionali

- Depositi prevalentemente Limo-sabbiosi
- Depositi prevalentemente Ghiaiosi
- Depositi prevalentemente Ghiaiosi e Limo-sabbiosi
- Depositi prevalentemente Limo-argillosi

CORPI DI FRANA

STATO: attivo A	STATO: quiescente Q	STATO: inattivo I	STATO: diffuso D		TIPOLOGIA
				1	Colamento
				2	Scorrimento
				3	Crollo
				4	Complessa
				5	Erosione
				6	Debris flow

ELEMENTI TETTONICI E SEGNI CONVENZIONALI

- 35 Stratificazione
- 53 Stratificazione rovescia
- Faglia transtensiva
- Faglia diretta
- Faglia sepolta
- Sovrascorrimento
- Sovrascorrimento sepolto
- Conoide di deiezione
- Traccia della sezione geologica

Area oggetto d'intervento

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 07
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fis

Allegato 12

NUOVO PIANO REGOLATORE GENERALE

STUDI GEOLOGICO-AMBIENTALI
PARTE STRUTTURALE E OPERATIVA

GEOL. SANDRO TRASTULLI (CAPOGRUPPO)
GEOL. SANDRO FRANCHI GEOL. OTELLO MASSARELLI GEOL. MAURIZIO PALOMBI
GEOL. RAFFAELA PETRALLA

GEOL. PAOLO PACCARA

ELABORAZIONI CARTOGRAFICHE G.I.S.:Analisi, gestione e struttura dei database realizzate dal DOTT. GEOL. PIERPAOLO CHIRAZ

CARTA DI SUSCETTIBILITA' SISMICA E/O INSTABILITA' DINAMICHE LOCALI
MICROZONAZIONE DELLE AREE DI BATTIFERRO, CECALOCCO

ELABORATO N. 4.7 c

LEGENDA

TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI

1	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi
2	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti
3	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana
4	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)
5	Zona di ciglio con H>10 metri (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale, di natura antropica)
(a) (b) 6	Zona di crinale affilato (a) o cocuzzolo (b)
7	Zona di fondovalle
8	Zona pedemontana di falda di detrito e cono di deiezione
9	Zona di contatto tar litotipi con caratteristiche fisico-mec caniche molto diverse
	Traccia della sezione interpretativa
	Confine comunale

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Allegato 13

MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

RELAZIONE INDAGINE MASW

VARIANTE PARZIALE AL PRG PO DEL PIANO ATTUATIVO DI UN'AREA SITA IN STRADA DI S. GIUSTA, COMPRESA TRA STRADA DEL TORRIONE E VIA DELLA CIVITELLA – TERNI.

DITTA PELLEGRINI MASSIMILIANO – BP SPA.

Committente:

Ditta Pellegrini Massimiliano – BP SpA.

TERNI

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

INDICE

1. Premessa. Pag. 3
2. Metodologia MASW – Cenni storici. Pag. 3
3. Strumentazione e modalità operative. Pag. 4
4. Elaborazione dati. Pag. 6
5. Risultati. Pag. 7
6. Osservazioni conclusive. Pag. 9

ALLEGATI

1. Planimetria ubicazione indagini. Pag. 10
2. Risultati dell'elaborazione delle prospezione MASW. Pag. 11

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

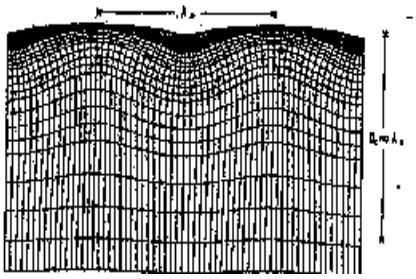
1. PREMESSA

Su incarico ricevuto dai proprietari, è stata eseguita la presente indagine sismica sui terreni siti in strada di S. Giusta (TR) all'interno di un lotto compreso tra strada del Torrione e via della Civitella La velocità di propagazione delle onde trasversali (onde S) nel sottosuolo nei primi 30 metri di profondità (Vs30) è stata determinata in ottemperanza a quanto disposto dalla recente normativa antisismica D.M. 14/01/2008. A tal fine è stata eseguita una prospezione sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

L'esito dello studio condotto è illustrato nel dettaglio di seguito.

2. METODOLOGIA MASW - CENNI TEORICI

Il metodo MASW è una tecnica d'indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio Vs, a partire dall'analisi delle onde superficiali di Rayleigh registrate da un array di sensori sismici (geofoni) installati sulla superficie del suolo.

a) 

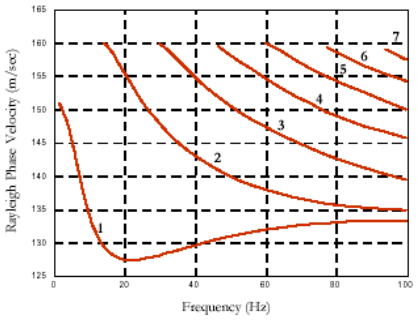
b) 

Figura 1 – a) Propagazione di un'onda superficiale di Raiyeigh; b) Relazione di dispersione multimodale per un mezzo verticalmente eterogeneo (da Lai, 1998).

Le onde superficiali di Rayleigh (R) sono prodotte dall'accoppiamento di un'onda di volume compressiva P con un'onda di volume di taglio S polarizzata sul piano verticale (SV), entrambe con propagazione attraverso una superficie. Le onde di Rayleigh provocano un moto delle particelle su traiettorie ellittiche esclusivamente sul piano radiale (Fig. 1a), e la velocità di propagazione (o velocità di fase) è inferiore rispetto alle onde S, e decade esponenzialmente con la profondità, divenendo trascurabile a profondità maggiori della lunghezza d'onda: onde con piccole lunghezze d'onda campionano quindi il sottosuolo a minori profondità mentre all'aumentare della

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

lunghezza d'onda aumenta anche la velocità di fase. Questa dipendenza della velocità di fase Vf dalla lunghezza d'onda λ e dalla frequenza f ($Vf = \lambda f$) rappresenta la caratteristica 'dispersiva' tipica delle onde superficiali di Rayleigh (R), e il plot di questa relazione è la curva di dispersione. Si ricorda che tale caratteristica non è osservabile nelle onde di volume (S e P).
La propagazione del campo d'onda avviene anche secondo diversi modi: mentre il modo fondamentale si riconosce a tutte le frequenze, i modi maggiori si riconoscono solo sotto alcune frequenze di cut-off, il valore del quale aumenta con l'ordine del modo (Fig. 1b).

3. STRUMENTAZIONE E MODALITA' OPERATIVE

La strumentazione sismica è costituita dal sismografo DoReMi prodotto dalla ditta ***SARA Instruments***. La catena strumentale utilizzata per l'acquisizione dei dati (Fig.2) è composta da:

- **Sistema energizzante -** Il campo d'onda è generato da un impulso impartito mediante una massa del peso di 8 Kg, battente su una piastra metallica posta ad una distanza (offset) di 4 metri dal primo e dall'ultimo geofono ricevente. Per aumentare il rapporto segnale/rumore, per ognuna delle due disposizioni sono stati effettuati 4 shots, i cui segali registrati sono stati mediati quindi analizzati.

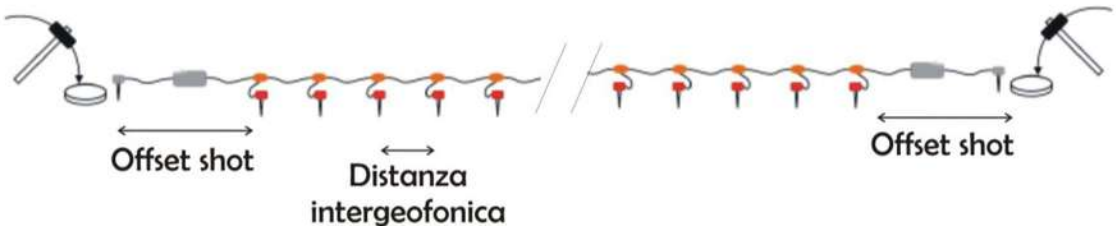


Figura 2 – Catena strumentale

- **Trigger** - circuito elettrico chiuso mediante un geofono starter nell'istante in cui il sistema energizzante colpisce la base di battuta determinando l'inizio della registrazione;
- **Sistema di ricezione** – uno stendimento lineare (o array) di 46 metri composto da 12 geofoni verticali collegati da un cavo bipolare, con frequenza propria di 4,5 Hz

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

e distanza intergeofonica di 4 metri. Per simulare la presenza di 24 geofoni spaziati 2 metri, gli shots sono stati eseguiti in due punti rispettivamente a 4 e 2 metri di distanza sia dal primo che dall'ultimo geofono ricevente.

La distanza intergeofonica indicativamente rappresenta lo spessore minimo della discontinuità rilevabile. La profondità massima di penetrazione, diversamente dalla sismica a rifrazione tradizionale, è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e le sue frequenze, quindi non dipende dalla geometria dello stendimento, ma dalle caratteristiche della successione litostratigrafia del terreno investigato. L'accoppiamento dei sensori con il terreno è garantito da un apposito piedistallo (Fig. 3). La conversione analogico/digitale del segnale avviene prima della trasmissione al cavo ed all'interfaccia (rappresentata da pc), garantendo un'efficace eliminazione dei problemi di rumore strumentale. Il segnale è stato acquisito con frequenza di campionamento 1000 Hz e lunghezza di registrazione pari a 2 s.

Figura 3 – Particolare del sensore ed accoppiamento col terreno e sistema energizzante.

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Dinamica del sistema	
Risoluzione con guadagno 10x	7.600 μV
Risoluzione con guadagno 1000x	0.076 μV
Dinamica di base	96 dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore	80 dB
Signal to Noise ratio RMS fra 0.5 e 30 Hz	>90 dB
Full range a 10x	0.5 V p-p
Dinamica totale teorica	155 dB
Dinamica totale senza postprocessing	> 127 dB
Dinamica totale in postprocessing	>140 dB
Convertitore A/D	
Tipologia	SAR
Risoluzione	16 bit
Dinamica	96 dB

4. ELABORAZIONE DATI

Per ricavare la curva di dispersione (modo fondamentale e/o modi superiori) dalla registrazione delle onde superficiali impresse dalla massa battente, e determinare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio), è stato utilizzato il software GEOPSY (www.**geopsy**.org/), sviluppato nell'ambito del progetto europeo Sesame (http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/index.htm).

Il calcolo della curva di dispersione è effettuato mediante analisi F-k, realizzando spettri f-k a diversi intervalli di frequenza, e ripetendo il calcolo per tutti i range contenuti nei segnali acquisiti.

La curva di dispersione viene quindi invertita per la determinazione del profilo di velocità mediante l'algoritmo di inversione "neighbourhood algorithm" (Sambridge,1999, implementato da Wathelet, 2005) che si basa su:

1. Decomposizione dello spazio dei parametri (Vs, Vp, spessori e densità) fornito dall'operatore all'inizio del processo di inversione come ranges di variazione;
2. Generazione di diversi modelli, per ognuno dei quali è calcolata una curva di dispersione sintetica;

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

3. Confronto della curva sintetica con la curva sperimentale.

Ad ogni iterazione l'algoritmo campiona lo spazio dei parametri dove il fit tra il modello ed i dati è migliore, minimizzando progressivamente la funzione di errore. L'errore è dato dal misfit, calcolato come differenza quadratica media tra la velocità della curva dati x_{dt} alla frequenza f_t, e la velocità del modello x_{ct} alla stessa frequenza:

$$misfit = \sqrt{\sum_{t=1}^{N} \frac{(x_{dt} - x_{ct})^2}{\sigma_t^2 N}} \qquad \text{Eq.1}$$

in cui N è il numero di campioni e σ_t è l'incertezza del campione di frequenza considerato (SESAME del.24-13).

In questo modo si ottiene un profilo verticale delle Vs relative al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento realizzato in superficie, ed il valore del parametro Vs30 è calcolato utilizzando la seguente formula:

$$Vs = \frac{30}{\sum_{i=1}^{N} \frac{H_i}{V_i}} \qquad \text{Eq.2}$$

Dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m di sottosuolo.

5. RISULTATI

In Figura 7 si riportano i profili di **Vp**, **Vs** e densità relativi al modello migliore (in rosso), ed ottenuti applicando la procedura di inversione alle curve di dispersione (modo fondamentale).

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

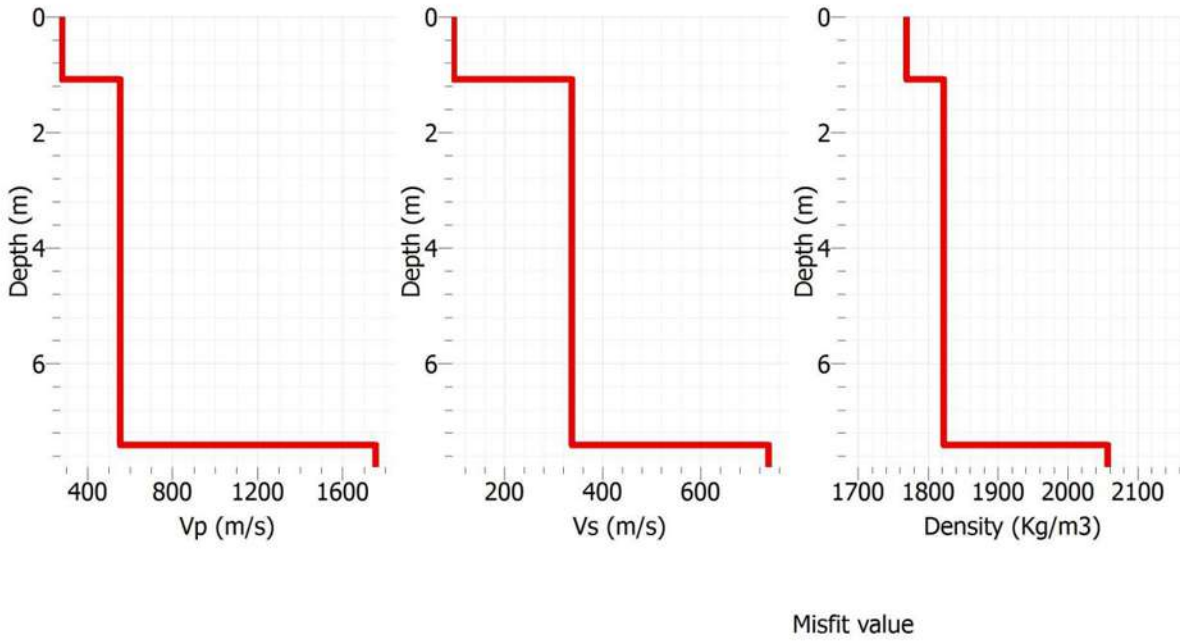


Figura 7 – Profili di **Vp**, **Vs** e **densità** relativi al modello migliore (in rosso).

MODELLO MIGLIORE		
Strato n°	**Spessore (m)**	**Vs (m/s)**
1	1	97
2	5.5	344
3	----	1745

Figura 8 – Modello sismo-stratigrafico migliore

Il profilo verticale delle onde S è mostrato in Figura 7 (in rosso) ed è costituito da 3 sismo-strati con velocità Vs complessivamente in aumento con la profondità. Inoltre in Figura 8 si riporta una stima approssimativa della velocità delle onde prime (Vp), della densità e di alcuni moduli elastici.

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Strato N	H (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Densità (g/cm³)	Modulo di Poisson	Modulo di Young dinamico (daN/cm²)	Modulo di Taglio (daN/cm²)	Costante di Lamè (daN/cm²)	Modulo di compressione (daN/cm²)
1	1	97	289	1,77	0,34	480	170	1150	1260
2	5	344	541	1,82	0,35	5000	2150	102	2460
2		737	1745	2,05	0,39	30990	11130	4015	47580

Figura 9 - Modello sismo stratigrafico, Vp, densità e moduli elastici.

6. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Il profilo verticale delle onde S ottenuto è costituito da 3 sismo-strati. Il parametro Vs30 è stato calcolato sul profilo di velocità utilizzando l'Eq.2. Il valore corrispondente è riportato nella seguente tabella, unitamente alla rispettiva classe definita secondo le NTC 14/01/2008:

PROSPEZIONE	Vs30	Classificazione secondo NTC 14/01/2008
Strada di S. Giusta (TR)	**Vs30 = 496 m/s**	**B**

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità delle onde di taglio, la velocità media **Vs30** finale ottenuta è pari a **496 m/s**, collocando tali terreni nella classe di **Tipo B:** "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina)*".

Terni, 27 Giugno 2016

Dott. Geol. Giuseppe Caracciolo
Ordine Geologi Regione Umbria n.360

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Allegato 1

ORTOFOTO

Ubicazione delle indagini

Traccia stendimento sismico MASW

CARACCIOLO
studio di geologia

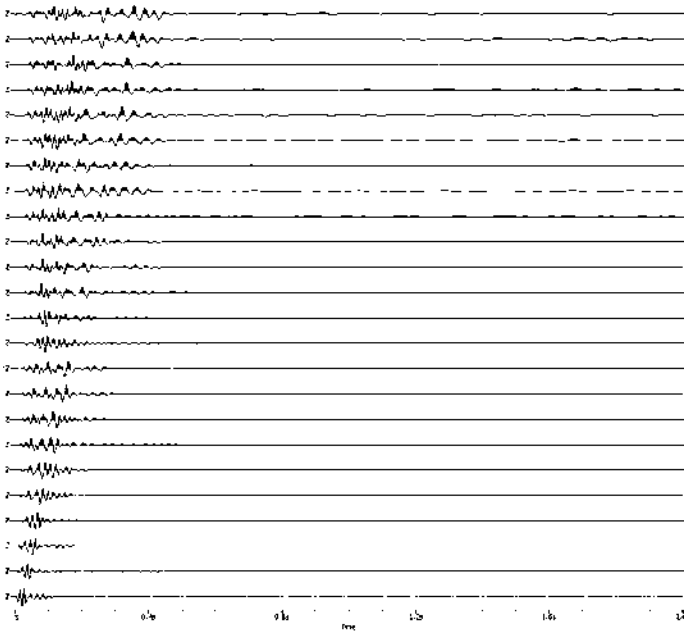
>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Allegato 2

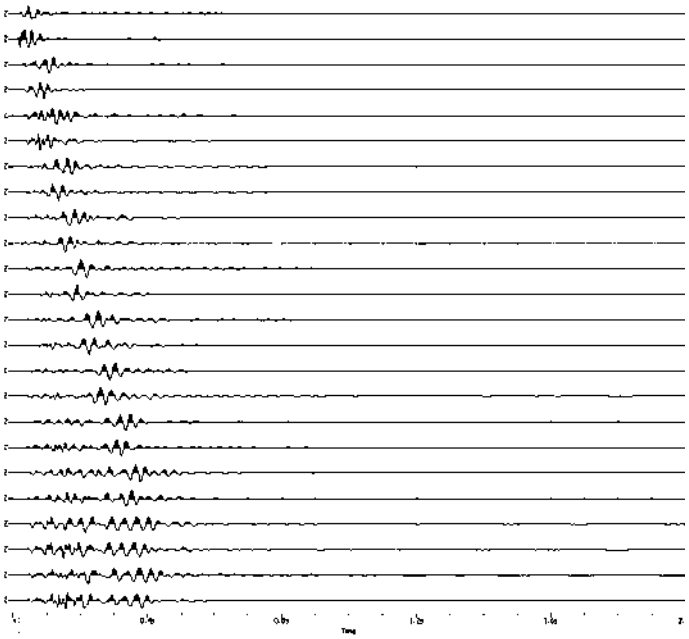
RISULTATI DELL'ELABORAZIONE DATI

STEP-1: Segnali registrati dall'array di geofoni

SHOT 1

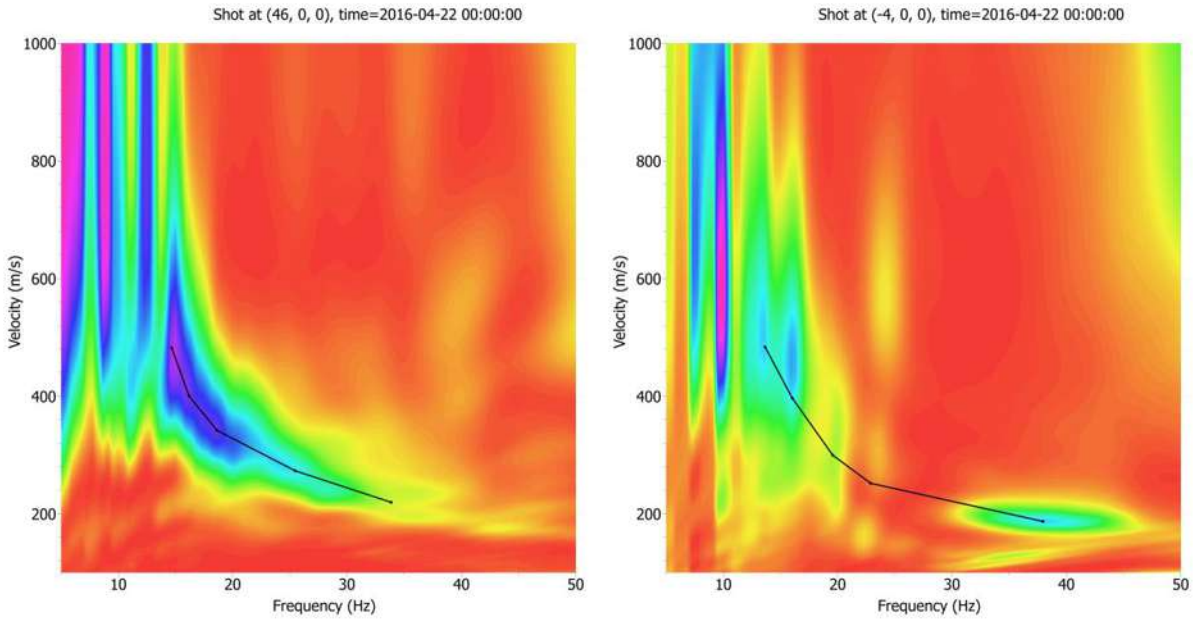


SHOT 2

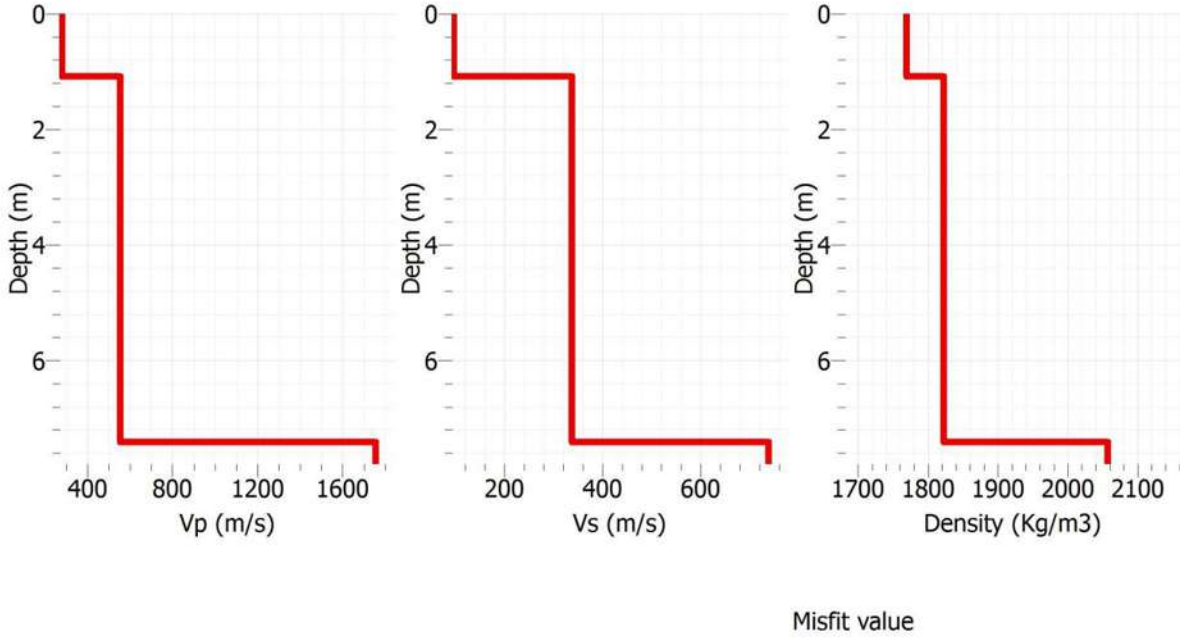


STEP-2: Curve di dispersione sperimentali piccate sull'analisi F-K

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H



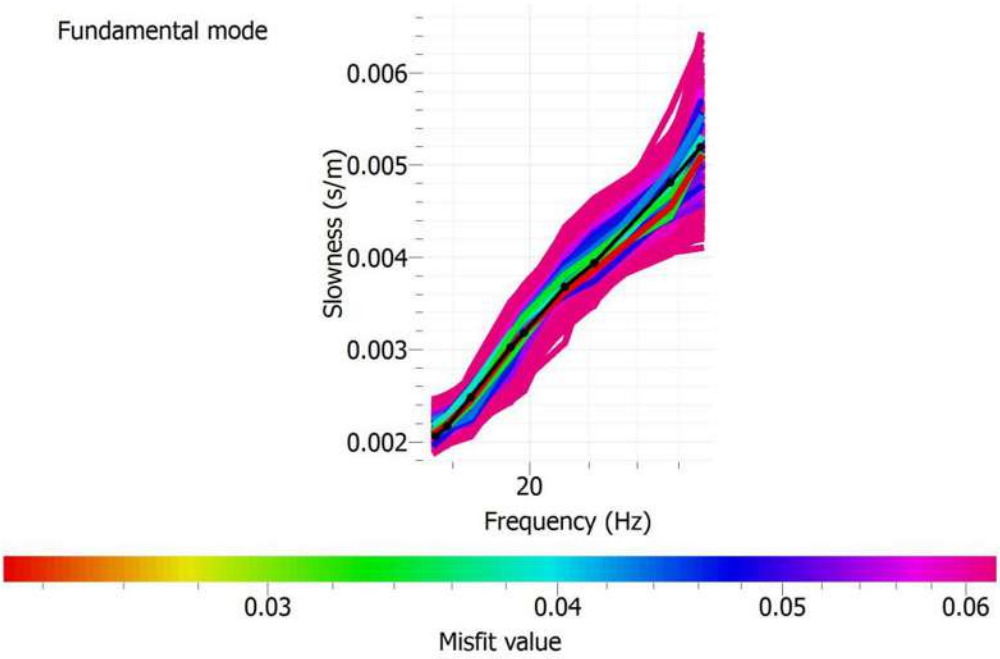
STEP-3: Modelli di Vp, Vs e densità, risultanti dall'inversione delle curve di dispersione sperimentali



STEP-4: Calcolo delle curve di dispersione teoriche a partire dai modelli e confronto con la curva sperimentale (in nero).

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

La scala colorimetrica rappresenta i valori della funzione di errore (misfit) per ogni modello.



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA - ESECUZIONE STENDIMENTO SISMICO MASW

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Allegato 14

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

Committente: TUILLO SRL Cantiere: TUILLO Località: TERNI	

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,761
Rivestimento/fanghi	Si
Angolo di apertura punta	60 °

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DMP 3020 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	15,25 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,783
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	**Sigla di riferimento**	**peso della massa M** *(kg)*	**prof. max indagine battente** *(m)*
Leggero	DPL (Light)	M ≤ 10	8
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40 ≤ M < 60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M ≥ 60	25

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α=60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^2 rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α= 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^2 rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento δ=30 cm, punta conica (α = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm^2 rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento δ=20-30 cm, punta conica conica (α = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm^2, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M+P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M+P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/ N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$(N_1)_{60} = \mathrm{CN} \cdot \mathrm{N60}$ con $\mathrm{CN} = \sqrt{(\mathrm{Pa}/'\sigma_{vo})}$ $\mathrm{CN} < 1.7$ $\mathrm{Pa} = 101.32\ \mathrm{kPa}$ *(Liao e Whitman 1986)*

$N_{60} = N_{SPT} \cdot (\mathrm{ER}/60) \cdot \mathrm{C_S} \cdot \mathrm{C_r} \cdot \mathrm{C_d}$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C_S	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C_d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C_r	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software.*

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media
Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima
Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo
Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo
Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio
Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata
Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

***Media* (+ s)**
Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

***Media* (– s)**
Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.
Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$Nspt_{,k} = Nspt_{,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt})$$

dove σ_{Nspt} è la deviazione standard di Nspt

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di Nspt,k viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di Nspt distribuiti normalmente:

$$Nspt_{,k} = Nspt_{,medio} - 1.645 \cdot \left(\sigma_{Nspt}\right) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immorsamento d = 1 m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati Nspt il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).
Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se Nspt dello strato considerato risulta inferiore a Nspt critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione Nspt in presenza di falda

$$Nspt\ corretto = 15 + 0.5 \cdot (Nspt - 15)$$

Nspt è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) σ >5 t/mq.

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) σ >15 t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) s>15 t/mq.

- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young *(E_y)*

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione *(Stress Ratio)*

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio *Vs (m/s)*

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio *(G)*

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Modulo di reazione *(Ko)*

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico *(Qc)*

- Robertson (1983) - Qc

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con Nspt < 8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). *C*u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche
  < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con Nc = 20 e Qc/Nspt = 2.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico *(Qc)*

- Robertson (1983) - Qc

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Modulo Edometrico-Confinato *(Mo)*

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità (IP < 20), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità (IP < 20) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Qc/Nspt=1.5-2.0).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt < 30) medie e molli (Nspt < 4) e argille sabbiose (Nspt = 6-12).

Modulo Di Young *(E_Y)*

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 24/06/2016
Profondità prova 1,80 mt
Quota 94,00 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	4	0	0,857	11,44	13,36	0,57	0,67
0,20	10	0	0,855	28,54	33,40	1,43	1,67
0,30	11	0	0,853	31,32	36,73	1,57	1,84
0,40	14	0	0,801	37,44	46,75	1,87	2,34
0,50	14	0	0,799	37,35	46,75	1,87	2,34
0,60	13	0	0,797	34,60	43,41	1,73	2,17
0,70	14	0	0,795	37,18	46,75	1,86	2,34
0,80	17	0	0,793	45,04	56,77	2,25	2,84
0,90	25	0	0,742	58,75	79,23	2,94	3,96
1,00	28	0	0,740	65,64	88,73	3,28	4,44
1,10	21	0	0,738	49,11	66,55	2,46	3,33
1,20	32	0	0,686	69,59	101,41	3,48	5,07
1,30	37	0	0,685	80,27	117,25	4,01	5,86
1,40	215	0	0,633	431,20	681,34	21,56	34,07
1,50	62	0	0,631	124,02	196,48	6,20	9,82
1,60	88	0	0,630	175,57	278,87	8,78	13,94
1,70	90	0	0,628	179,09	285,21	8,95	14,26
1,80	200	0	0,626	396,97	633,80	19,85	31,69

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,8	12,12	40,49	Coesivo	0	1,94	2,13	0,08	0,76	9,22	Suolo agrario argilloso
1,8	79,8	252,89	Coesivo	0	2,5	2,5	0,28	0,76	60,73	Alternanza limi argillosi e argille limose

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Suolo agrario argilloso	0.00-0,80	9,22	Coesivo	1,94	2,13	--	0,62	95,83	92,20	--	--	84,18
Strato (2) Alternanza limi argillosi e argille limose	0,80-1,80	60,73	Coesivo	2,50	2,50	--	4,10	621,20	607,30	--	--	146,43

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 24/06/2016
Profondità prova 5,80 mt
Quota 96,00 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	7	0	0,857	20,02	23,38	1,00	1,17
0,20	7	0	0,855	19,98	23,38	1,00	1,17
0,30	9	0	0,853	25,63	30,06	1,28	1,50
0,40	10	0	0,851	28,41	33,40	1,42	1,67
0,50	11	0	0,849	31,18	36,73	1,56	1,84
0,60	8	0	0,847	22,63	26,72	1,13	1,34
0,70	7	0	0,845	19,76	23,38	0,99	1,17
0,80	7	0	0,843	19,71	23,38	0,99	1,17
0,90	7	0	0,842	18,67	22,18	0,93	1,11
1,00	5	0	0,840	13,31	15,85	0,67	0,79
1,10	3	0	0,838	7,97	9,51	0,40	0,48
1,20	6	0	0,836	15,90	19,01	0,80	0,95
1,30	7	0	0,835	18,51	22,18	0,93	1,11
1,40	15	0	0,783	37,21	47,54	1,86	2,38
1,50	21	0	0,731	48,66	66,55	2,43	3,33
1,60	26	0	0,730	60,11	82,39	3,01	4,12

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

1,70	20	0	0,778	49,31	63,38	2,47	3,17
1,80	18	0	0,776	44,28	57,04	2,21	2,85
1,90	19	0	0,775	44,38	57,29	2,22	2,86
2,00	18	0	0,773	41,96	54,27	2,10	2,71
2,10	18	0	0,772	41,88	54,27	2,09	2,71
2,20	18	0	0,770	41,80	54,27	2,09	2,71
2,30	12	0	0,819	29,62	36,18	1,48	1,81
2,40	10	0	0,817	24,64	30,15	1,23	1,51
2,50	14	0	0,766	32,32	42,21	1,62	2,11
2,60	14	0	0,764	32,26	42,21	1,61	2,11
2,70	15	0	0,763	34,50	45,23	1,72	2,26
2,80	10	0	0,811	24,46	30,15	1,22	1,51
2,90	12	0	0,810	27,95	34,50	1,40	1,73
3,00	10	0	0,809	23,25	28,75	1,16	1,44
3,10	8	0	0,807	18,57	23,00	0,93	1,15
3,20	9	0	0,806	20,86	25,88	1,04	1,29
3,30	11	0	0,805	25,45	31,63	1,27	1,58
3,40	13	0	0,753	28,16	37,38	1,41	1,87
3,50	12	0	0,802	27,68	34,50	1,38	1,73
3,60	11	0	0,801	25,33	31,63	1,27	1,58
3,70	11	0	0,800	25,29	31,63	1,26	1,58
3,80	12	0	0,798	27,55	34,50	1,38	1,73
3,90	11	0	0,797	24,10	30,23	1,20	1,51
4,00	11	0	0,796	24,06	30,23	1,20	1,51
4,10	10	0	0,795	21,84	27,48	1,09	1,37
4,20	12	0	0,794	26,17	32,98	1,31	1,65
4,30	12	0	0,793	26,14	32,98	1,31	1,65
4,40	12	0	0,791	26,10	32,98	1,30	1,65
4,50	11	0	0,790	23,89	30,23	1,19	1,51
4,60	11	0	0,789	23,86	30,23	1,19	1,51
4,70	9	0	0,788	19,49	24,73	0,97	1,24
4,80	10	0	0,787	21,63	27,48	1,08	1,37
4,90	11	0	0,786	22,75	28,95	1,14	1,45
5,00	10	0	0,785	20,66	26,32	1,03	1,32
5,10	10	0	0,784	20,63	26,32	1,03	1,32
5,20	12	0	0,783	24,73	31,58	1,24	1,58
5,30	14	0	0,732	26,97	36,84	1,35	1,84
5,40	17	0	0,731	32,70	44,74	1,64	2,24
5,50	14	0	0,730	26,90	36,84	1,34	1,84
5,60	34	0	0,629	56,29	89,47	2,81	4,47
5,70	65	0	0,578	98,90	171,05	4,95	8,55
5,80	154	0	0,577	233,95	405,26	11,70	20,26

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,3	7,23	23,78	Coesivo	0	1,79	1,88	0,12	0,76	5,5	Suolo agrario argilloso
5,8	17,93	50,52	Coesivo	0	2,05	2,25	0,69	0,76	13,64	Alternanza di limi argillosi e argille limose

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Suolo agrario argilloso	0.00-1,30	5,5	Coesivo	1,79	1,88	--	0,34	57,89	55,00	--	--	84,55
Strato (2) Alternanza di limi argillosi e argille limose	1,30-5,80	13,64	Coesivo	2,05	2,25	--	0,92	140,91	136,40	--	--	137,29

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 24/06/2016
Profondità prova 4,20 mt
Quota 97,00 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	6	0	0,857	17,16	20,04	0,86	1,00
0,20	5	0	0,855	14,27	16,70	0,71	0,83
0,30	4	0	0,853	11,39	13,36	0,57	0,67
0,40	4	0	0,851	11,36	13,36	0,57	0,67
0,50	7	0	0,849	19,84	23,38	0,99	1,17
0,60	7	0	0,847	19,80	23,38	0,99	1,17
0,70	7	0	0,845	19,76	23,38	0,99	1,17
0,80	7	0	0,843	19,71	23,38	0,99	1,17
0,90	7	0	0,842	18,67	22,18	0,93	1,11
1,00	6	0	0,840	15,97	19,01	0,80	0,95
1,10	8	0	0,838	21,25	25,35	1,06	1,27
1,20	11	0	0,836	29,15	34,86	1,46	1,74
1,30	7	0	0,835	18,51	22,18	0,93	1,11
1,40	6	0	0,833	15,84	19,01	0,79	0,95
1,50	6	0	0,831	15,80	19,01	0,79	0,95
1,60	5	0	0,830	13,14	15,85	0,66	0,79

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

1,70	6	0	0,828	15,74	19,01	0,79	0,95
1,80	5	0	0,826	13,09	15,85	0,65	0,79
1,90	6	0	0,825	14,92	18,09	0,75	0,90
2,00	7	0	0,823	17,37	21,11	0,87	1,06
2,10	8	0	0,822	19,82	24,12	0,99	1,21
2,20	9	0	0,820	22,25	27,14	1,11	1,36
2,30	9	0	0,819	22,21	27,14	1,11	1,36
2,40	10	0	0,817	24,64	30,15	1,23	1,51
2,50	10	0	0,816	24,59	30,15	1,23	1,51
2,60	11	0	0,814	27,01	33,17	1,35	1,66
2,70	10	0	0,813	24,51	30,15	1,23	1,51
2,80	9	0	0,811	22,02	27,14	1,10	1,36
2,90	9	0	0,810	20,96	25,88	1,05	1,29
3,00	10	0	0,809	23,25	28,75	1,16	1,44
3,10	9	0	0,807	20,89	25,88	1,04	1,29
3,20	8	0	0,806	18,54	23,00	0,93	1,15
3,30	8	0	0,805	18,51	23,00	0,93	1,15
3,40	7	0	0,803	16,17	20,13	0,81	1,01
3,50	6	0	0,802	13,84	17,25	0,69	0,86
3,60	6	0	0,801	13,82	17,25	0,69	0,86
3,70	10	0	0,800	22,99	28,75	1,15	1,44
3,80	11	0	0,798	25,25	31,63	1,26	1,58
3,90	12	0	0,797	26,29	32,98	1,31	1,65
4,00	12	0	0,796	26,25	32,98	1,31	1,65
4,10	23	0	0,695	43,92	63,21	2,20	3,16
4,20	150	0	0,594	244,73	412,21	12,24	20,61

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1	6	19,82	Coesivo	0	1,73	1,87	0,09	0,76	4,57	Suolo agrario argilloso
4,2	13,25	38,2	Coesivo	0	1,97	2,17	0,49	0,76	10,08	Alternanza di limi argillosi e argille limose

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Suolo agrario argilloso	0.00-1,00	4,57	Coesivo	1,73	1,87	--	0,29	48,40	45,70	--	--	77,84
Strato (2) Alternanza di limi argillosi e argille limose	1,00-4,20	10,08	Coesivo	1,97	2,17	--	0,68	104,60	100,80	--	--	122,69

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 26/06/2016
Profondità prova 4,50 mt
Quota 95,50 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	6	0	0,857	17,16	20,04	0,86	1,00
0,20	7	0	0,855	19,98	23,38	1,00	1,17
0,30	6	0	0,853	17,09	20,04	0,85	1,00
0,40	7	0	0,851	19,89	23,38	0,99	1,17
0,50	10	0	0,849	28,35	33,40	1,42	1,67
0,60	10	0	0,847	28,29	33,40	1,41	1,67
0,70	9	0	0,845	25,40	30,06	1,27	1,50
0,80	9	0	0,843	25,35	30,06	1,27	1,50
0,90	10	0	0,842	26,67	31,69	1,33	1,58
1,00	8	0	0,840	21,29	25,35	1,06	1,27
1,10	13	0	0,788	32,46	41,20	1,62	2,06
1,20	58	0	0,636	116,95	183,80	5,85	9,19
1,30	37	0	0,685	80,27	117,25	4,01	5,86
1,40	23	0	0,733	53,42	72,89	2,67	3,64
1,50	24	0	0,731	55,61	76,06	2,78	3,80
1,60	27	0	0,730	62,42	85,56	3,12	4,28
1,70	35	0	0,678	75,19	110,92	3,76	5,55
1,80	29	0	0,726	66,75	91,90	3,34	4,60
1,90	11	0	0,825	27,35	33,17	1,37	1,66
2,00	11	0	0,823	27,30	33,17	1,37	1,66
2,10	28	0	0,722	60,92	84,42	3,05	4,22
2,20	33	0	0,670	66,68	99,50	3,33	4,97
2,30	33	0	0,669	66,53	99,50	3,33	4,97
2,40	37	0	0,667	74,43	111,56	3,72	5,58
2,50	45	0	0,616	83,54	135,68	4,18	6,78
2,60	46	0	0,614	85,19	138,69	4,26	6,93
2,70	38	0	0,663	75,94	114,57	3,80	5,73
2,80	36	0	0,661	71,79	108,54	3,59	5,43
2,90	38	0	0,660	72,12	109,27	3,61	5,46
3,00	44	0	0,609	77,01	126,52	3,85	6,33
3,10	47	0	0,607	82,08	135,14	4,10	6,76
3,20	52	0	0,606	90,61	149,52	4,53	7,48
3,30	47	0	0,605	81,72	135,14	4,09	6,76
3,40	48	0	0,603	83,28	138,02	4,16	6,90
3,50	48	0	0,602	83,11	138,02	4,16	6,90
3,60	66	0	0,601	114,03	189,78	5,70	9,49
3,70	71	0	0,600	122,42	204,15	6,12	10,21
3,80	57	0	0,598	98,08	163,90	4,90	8,19
3,90	62	0	0,597	101,75	170,38	5,09	8,52
4,00	71	0	0,596	116,29	195,11	5,81	9,76
4,10	75	0	0,595	122,60	206,11	6,13	10,31

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

4,20	53	0	0,594	86,47	145,65	4,32	7,28
4,30	52	0	0,593	84,68	142,90	4,23	7,15
4,40	180	0	0,591	292,56	494,66	14,63	24,73
4,50	0	0	0,790	0,00	0,00	0,00	0,00

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,1	8,64	28,36	Coesivo	0	1,84	1,89	0,1	0,76	6,58	Argilla-limosa
4,4	47,33	137,62	Coesivo	0	2,32	2,5	0,59	0,76	36,02	Limo sabbioso

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Argilla-limosa	0.00-1,10	6,58	Coesivo	1,84	1,89	--	0,41	68,90	65,80	--	--	84,44
Strato (2) Limo sabbioso	1,10-4,40	36,02	Coesivo	2,32	2,50	--	2,43	369,17	360,20	--	--	154,59

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
Prova eseguita in data 25/06/2016
Profondità prova 2,60 mt
Quota 91,50 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	3	0,857	9,71	11,33	0,49	0,57
0,20	5	0,855	16,14	18,89	0,81	0,94
0,30	5	0,853	16,11	18,89	0,81	0,94
0,40	4	0,851	12,86	15,11	0,64	0,76
0,50	4	0,849	12,83	15,11	0,64	0,76
0,60	4	0,847	12,80	15,11	0,64	0,76
0,70	4	0,845	12,77	15,11	0,64	0,76
0,80	4	0,843	12,74	15,11	0,64	0,76
0,90	4	0,842	12,11	14,39	0,61	0,72
1,00	6	0,840	18,12	21,58	0,91	1,08
1,10	7	0,838	21,10	25,17	1,05	1,26
1,20	10	0,836	30,08	35,96	1,50	1,80
1,30	20	0,785	56,43	71,93	2,82	3,60
1,40	20	0,783	56,31	71,93	2,82	3,60
1,50	28	0,731	73,63	100,70	3,68	5,03
1,60	30	0,730	78,71	107,89	3,94	5,39
1,70	27	0,728	70,68	97,10	3,53	4,86
1,80	28	0,726	73,14	100,70	3,66	5,03
1,90	30	0,725	74,62	102,96	3,73	5,15
2,00	30	0,723	74,46	102,96	3,72	5,15
2,10	23	0,722	56,96	78,93	2,85	3,95
2,20	25	0,720	61,78	85,80	3,09	4,29
2,30	111	0,619	235,66	380,93	11,78	19,05
2,40	80	0,617	169,44	274,55	8,47	13,73
2,50	190	0,616	401,46	652,05	20,07	32,60
2,60	200	0,614	421,60	686,37	21,08	34,32

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,2	5	18,48	Coesivo	0	1,69	1,87	0,1	0,78	3,91	Suolo agrario argilloso
2,6	60,14	208,2	Coesivo	0	2,5	2,5	0,38	0,78	47,09	Alternanza di limi argillosi e argilla limosa

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Suolo agrario argilloso	0.00-1,20	3,91	Coesivo	1,69	1,87	--	0,24	41,67	39,10	--	--	78,48
Strato (2) Alternanza di limi argillosi e argilla limosa	1,20-2,60	47,09	Coesivo	2,50	2,50	--	3,18	482,08	470,90	--	--	150,78

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Allegato 15

INDAGINE GEOFISICA TRAMITE TECNICA HVSR

SITO: Via Carnano (TR)

DATA: giugno 2016

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuate, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo Vs30.

Ubicazione dell'indagine svolta su foto aerea

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Dati generali

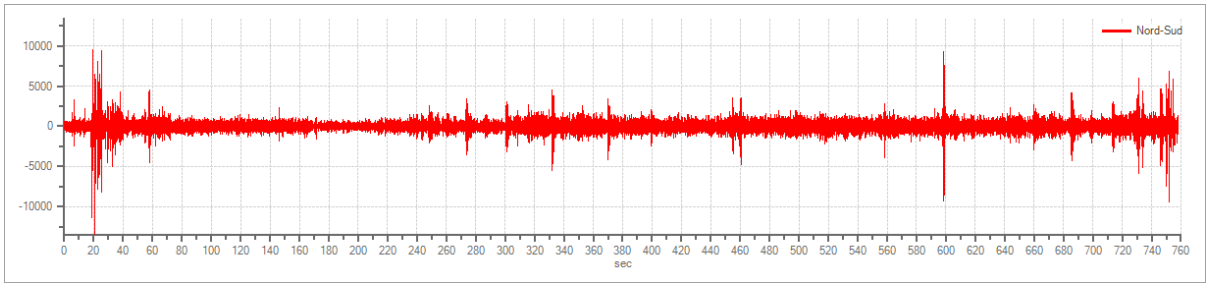
Nome progetto: micro zonazione pellegrini
Committente:
Cantiere: via carnano- terni
Responsabile:
Data: 30/06/2016 00.00.00

Tracce in input

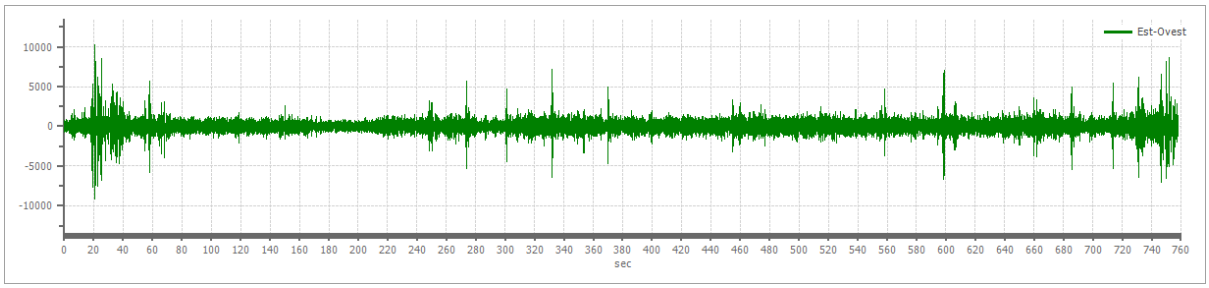
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	758 s
Frequenza di campionamento:	300.00 Hz
Numero campioni:	227400
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Grafici tracce:

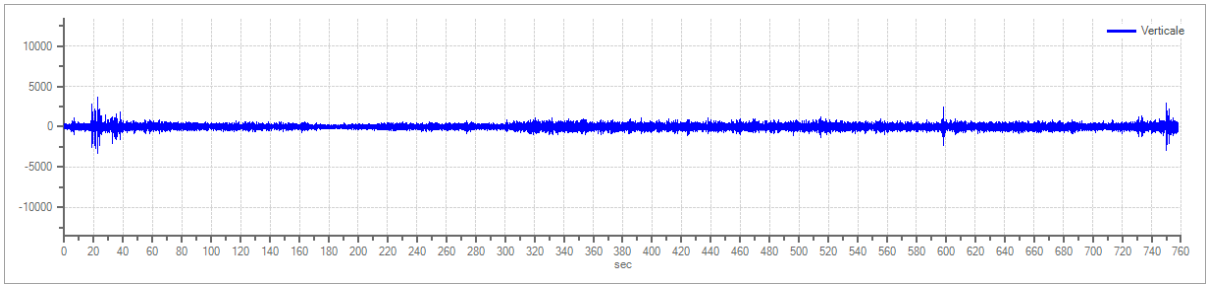


Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 39
Numero finestre incluse nel calcolo: 33
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 10.00 %
Coefficiente di banda: 30.00

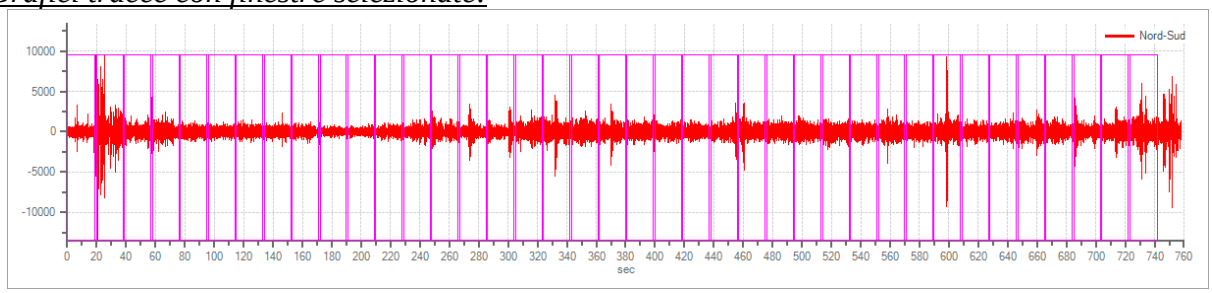
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	19	39	Inclusa
3	38	58	Inclusa
4	57	77	Inclusa
5	76	96	Inclusa
6	95	115	Inclusa
7	114	134	Inclusa
8	133	153	Inclusa
9	152	172	Inclusa
10	171	191	Inclusa
11	190	210	Inclusa
12	209	229	Inclusa
13	228	248	Inclusa
14	247	267	Inclusa
15	266	286	Esclusa
16	285	305	Esclusa
17	304	324	Inclusa
18	323	343	Esclusa
19	342	362	Esclusa
20	361	381	Inclusa
21	380	400	Inclusa
22	399	419	Inclusa
23	418	438	Inclusa
24	437	457	Inclusa
25	456	476	Inclusa
26	475	495	Inclusa

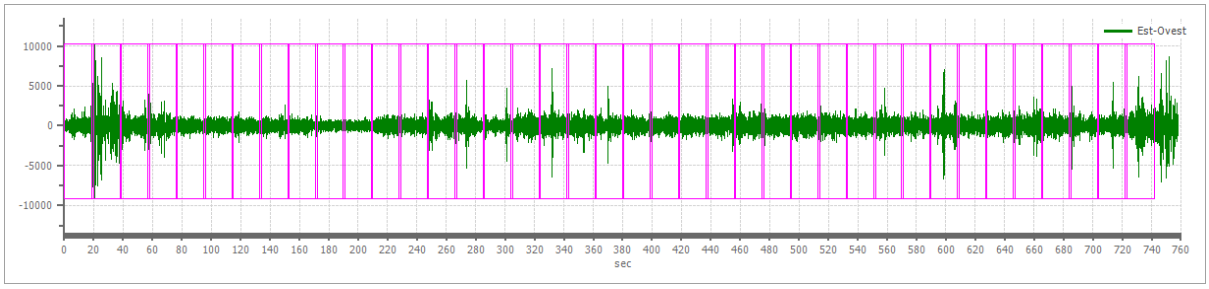
>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

27	494	514	Inclusa
28	513	533	Inclusa
29	532	552	Esclusa
30	551	571	Inclusa
31	570	590	Inclusa
32	589	609	Inclusa
33	608	628	Inclusa
34	627	647	Inclusa
35	646	666	Inclusa
36	665	685	Inclusa
37	684	704	Esclusa
38	703	723	Inclusa
39	722	742	Inclusa

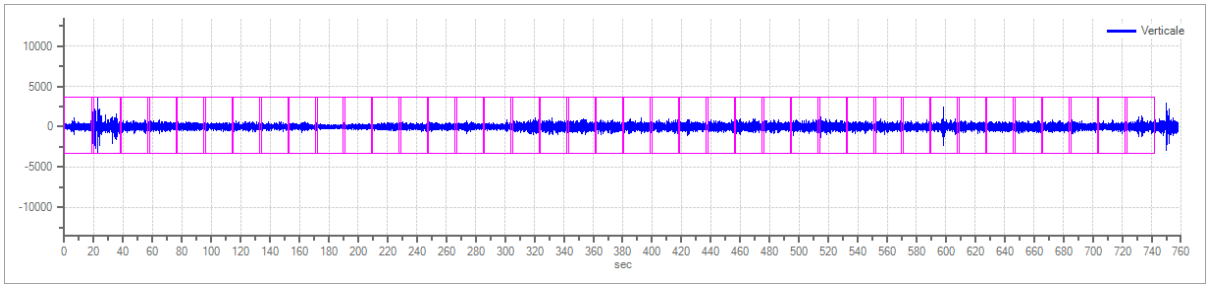
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



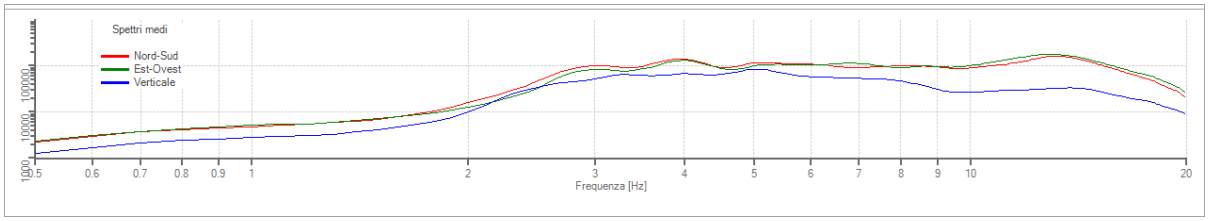
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



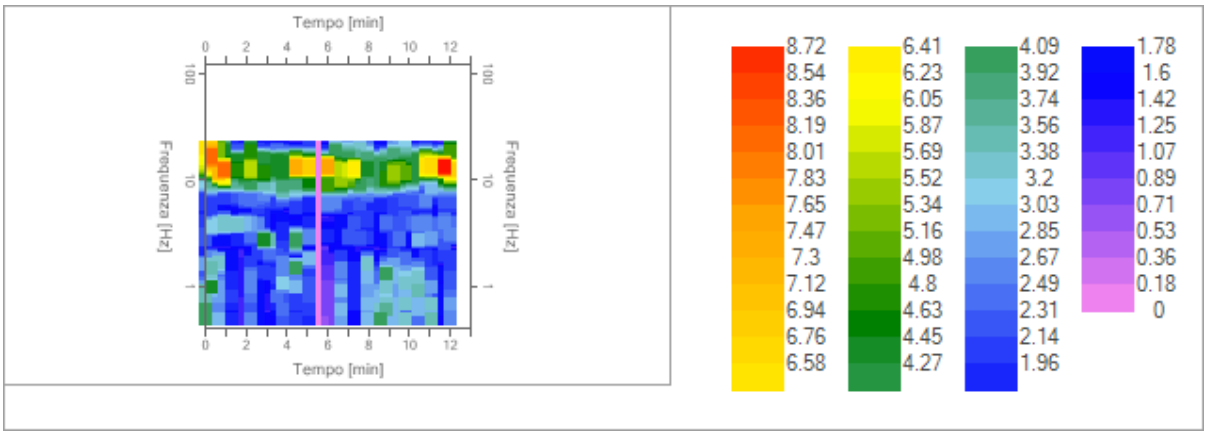
Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

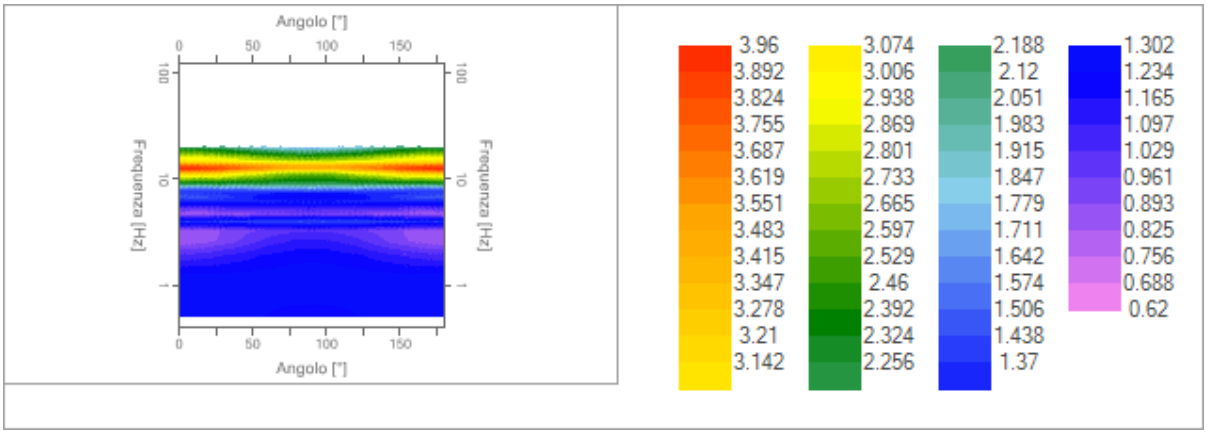
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

CARACCIOLO
studio di geologia

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

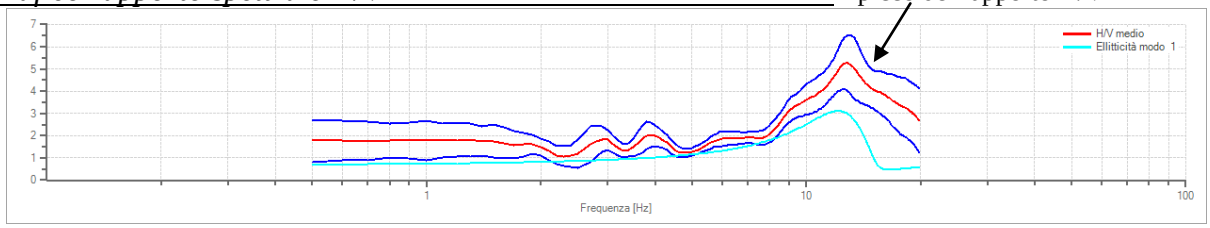
Frequenza massima:	20.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.10 Hz
Tipo lisciamento::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento:	10.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media quadratica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V:12.70 Hz ±0.23 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V

picco del rapporto H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2 \quad per \quad 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \quad se \quad f_0 > 0.5Hz$	Ok
$\sigma_A(f) < 3 \quad per \quad 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \quad se \quad f_0 < 0.5Hz$	
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

Modello stratigrafico

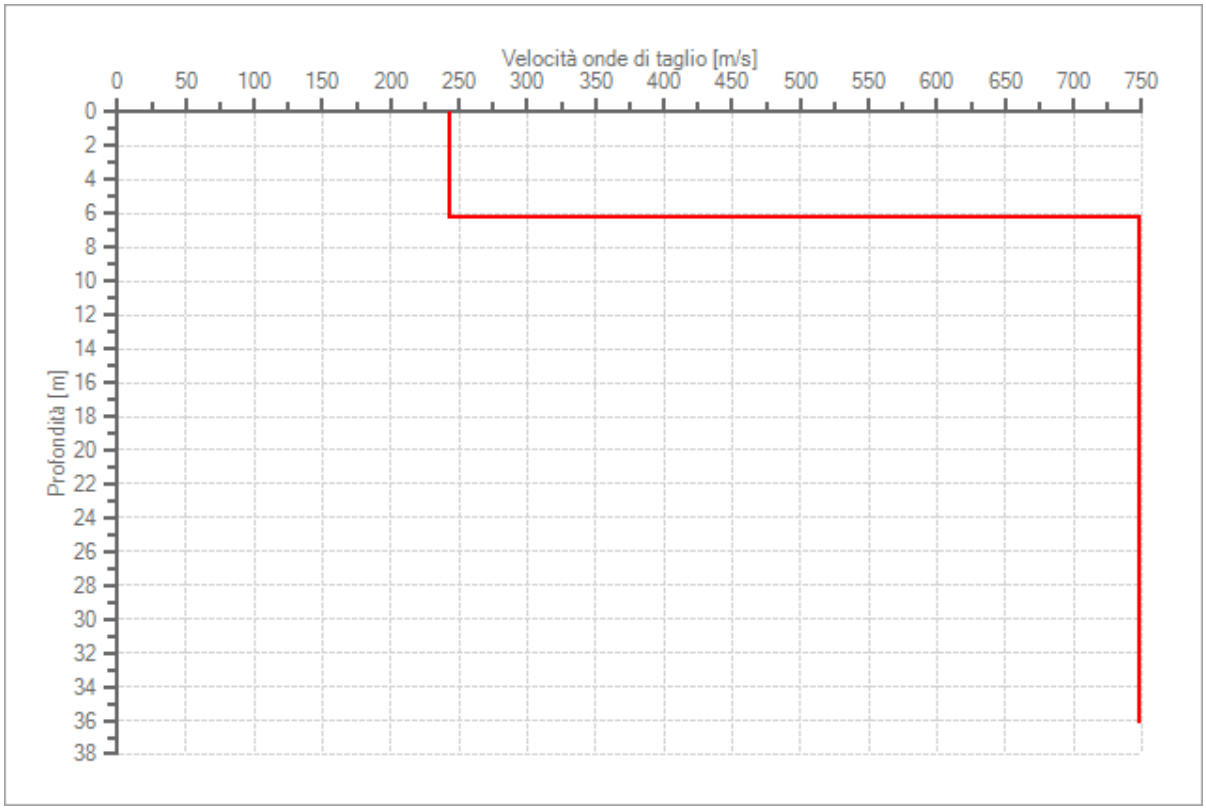
Dati riepilogativi:

Numero strati: 2
Frequenza del picco dell'ellitticità: 12.10 Hz
Valore di disadattamento: 0.44
Valore Vs30: 522.52 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m^3]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	6.2	18	0.3	242
2	6.2	30	18	0.3	748

Profilo delle velocità delle onde di taglio.



Concludendo, i risultati ottenuti sono rispondenti in modo positivo alle verifiche SESAME per quanto concerne l'affidabilità della curva H\V così come le verifiche riguardanti l'affidabilità del valore di picco . Ciò detto il valore del picco massimo di rapporto spettrale H/V è pari a 12.7 Hz e corrisponde a profondità del substrato rigido molto superficiale ovvero circa 7/8 m

>> Strada di Cardeto n°67 - 05100 Terni
Tel. (+39) 0744 441275 - Fax (+39) 0744 448590
Mob. (+39) 347 5445525
info@studiogeologiacaracciolo.it
www.studiogeologiacaracciolo.it
P.iva/cod.fisc. 01253310559 - Cod.Fisc. CRCGPP70R13Z347H

(corrispondenti secondo la stratigrafia commentata nei precedenti paragrafi alle argille grigie compatte) come desumibile dalla tabella allegata a seguire di interpolazione frequenze-profondità. Tuttavia dalla consultazione delle cartografie e degli studi tematici a disposizione è possibile individuare il bedrock carbonatico ad almeno -80 m dal p.c.

f_0 (Hz)	h (m)
< 1	> 100
$1 - 2$	$50 - 100$
$2 - 3$	$30 - 50$
$3 - 5$	$20 - 30$
$5 - 8$	$10 - 20$
$8 - 20$	$5 - 10$
> 20	< 5