



Dott. Geol. **ROBERTO TRONCARELLI**  
Studio Professionale di Geologia e Geotecnica

ambiente, geofisica, geotecnica, idrogeologia,  
sondaggi, laboratorio meccanica delle terre

# REGIONE LAZIO PROVINCIA DI VITERBO COMUNE di BARBARANO ROMANO

## RESTAURO CONSERVATIVO CHIESA SAN GIULIANO

STUDIO GEOMORFOLOGICO REDATTO SIA AI SENSI DEGLI ARTT. 9 E 19 DELLE NTA DEL PAI, AGGIORNATE A SEGUITO DELLA CONFERENZA DEL 24.03.2009 ED OGGETTO DI DELIBERAZIONE DEL COMITATO ISTITUZIONALE N. 01 DEL 13.07.200 E SIA IN OTTEMPERANZA ALLA D.G.R. N° 6215 DEL 30.07.1996, ALLA D.G.R. N° 3888 DEL 29.07.1998 ED AL "REGOLAMENTO PROVINCIALE PER LA GESTIONE DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO", SUI TERRENI SOGGETTI A VINCOLO IDROGEOLOGICO AI SENSI DEL R.D.L. N° 3267 DEL 30.12.1923 ("LEGGE FORESTALE") E DEL R.D. N° 1126 DEL 16.05.1926, ART. 21, ("REGOLAMENTO DI APPLICAZIONE ED ESECUZIONE"), VOLTO ALL'OTTENIMENTO DEL NULLA OSTA.

RELAZIONE GEOLOGICA REDATTA INOLTRE AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008 NONCHÉ IN OTTEMPERANZA ALL'ART. 93 DEL DPR 380/01, ESSENDO IL TERRITORIO COMUNALE CLASSIFICATO "ZONA SISMICA 3 - SOTTOZONA A" DALLA D.G.R. LAZIO 387/09, E SECONDO I DISPOSTI DEL R.R. 2/2012 SUI TERRENI INTERESSATI DAL PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO E RESTAURO CONSERVATIVO DELLA CHIESA DI "SAN GIULIANO".



Committente: PARCO MARTURANUM

Progettazione: Dott. Geol. Roberto TRONCARELLI

Data: Aprile 2012

Elaborato N°: 1397/10

Relazione Geologica



## INDICE

<i>Premessa</i> .....	2
<i>Riferimenti cartografici</i> .....	4
<i>Inquadramento geomorfologico</i> .....	5
<i>Geologia</i> .....	7
<i>Sismicità</i> .....	8
<i>Campagna penetrometrica</i> .....	11
<i>Indagine geofisica MASW</i> .....	15
Descrizione del metodo.....	15
Elaborazione dei dati della MASW .....	17
Risultati MASW .....	18
<i>Indagine Geofisica:Microtremore</i> .....	21
Risultati dell'analisi H/V .....	22
<i>Sintesi dei dati</i> .....	25
Modello Litotecnico.....	25
Coefficienti sismici.....	26
Conclusioni.....	29

## ALLEGATI

Tabulati delle prove penetrometriche

Documentazione fotografica

## **Premessa**

Il presente costituisce parte integrante del progetto per gli interventi di valorizzazione del Parco Marturanum approvati nell'ambito del Master Plan del Parco denominato "L'antico paesaggio etrusco e le vie d'acqua" dalla Regione Lazio – Dipartimento Territorio – Direzione Regionale e Ambiente e Cooperazione tra i Popoli, con propria nota n. 3128/700 del 31/07/2008.

In particolare tale studio si rende necessario per l'intervento di restauro conservativo della chiesa San Giuliano, ubicata all'interno del Parco.

Il sottoscritto Roberto Troncarelli, a seguito di propria offerta prot. n. 149/RT/PM/09 del 24.11.2009, veniva incaricato dall'Ufficio Parco Marturanum con Determinazione del Responsabile del Servizio, Dott. Celletti, n. 110 del 26.11.2009, della redazione della relazione geologica per l'intervento in esame, incarico per il quale veniva sottoscritta apposita convenzione in data 11.02.2010.

In particolare tale studio si rende necessario per l'intervento di consolidamento e restauro della chiesa di San Giuliano, ubicata all'interno del Parco.

Tale relazione è stata redatta sia ai sensi degli artt. 9 e 19 delle NTA del PAI, aggiornate a seguito della conferenza del 24.03.2009 ed oggetto di Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 01 del 13.07.2009 sia in ottemperanza alla D.G.R. n° 6215 del 30.07.1996, alla D.G.R. n° 3888 del 29.07.1998 ed al "Regolamento Provinciale per la Gestione del Vincolo Idrogeologico", essendo i terreni in studio soggetti a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. N° 3267 del 30.12.1923 ("Legge Forestale") e del R.D.

n° 1126 del 16.05.1926, art. 21, ("Regolamento di Applicazione ed Esecuzione"), volto all'ottenimento del nulla osta.

Infine, la relazione geologica è stata redatta inoltre ai sensi del D.M. 14.01.2008 nonche' in ottemperanza all'art. 93 del D.P.R. 380/01, essendo il territorio comunale classificato "zona sismica 3 - sottozona A" dalla D.G.R. Lazio 387/09 e secondo i disposti del nuovo regolamento regionale 2/2012.

La relazione si è basata sulle risultanze di una campagna geognostica e geofisica.

Le indagini sono state condotte nel rispetto del D.M. 11.3.1988, riguardante le "norme tecniche per indagini su terreni e rocce...omissis", e della Circolare del Ministero LL.PP. n° 30483 del 24.09.1988.

Lo studio ha avuto inizio nel mese di marzo 2010 ed è stato aggiornato con delle indagini geofisiche nel mese di aprile c.a., il tutto è stato così articolato:

- sopralluogo preliminare per l'acquisizione dello stato dei luoghi e della logistica;
- individuazione delle caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche del sito;
- esecuzione di una campagna geognostica mediante l'esecuzione di alcune prove penetrometriche dinamiche;
- caratterizzazione sismica e individuazione del parametro Vs30 dai dati ottenuti da una campagna geofisica mediante l'esecuzione di n. 1 indagine sismica di tipo MASW;
- esecuzione di un' indagine geofisica di tipo HVSR.

La corrente relazione presenta i risultati dello studio eseguito.

### **Riferimenti cartografici**

Per agevolare la lettura e la comprensione di quanto si riferisce ed al fine di fornire una documentazione quanto più completa possibile, sono stati acclusi alcuni allegati grafici:

- Stralcio della Cartografia IGM, in scala 1:25.000, Tav. 143 IV NO "Vetralla";
- Stralcio della Cartografia CTR (Carta Tecnica Regione Lazio), dal quale si desume come l'intervento ricada nella sezione 355090 "Blera", in scala 1:10.000;
- Stralcio dell'aerofotogrammetria, in scala 1:2.000;
- Stralcio del PTPR – Tavola A - Sistemi ed ambiti del paesaggio, in scala 1: 10.000;
- Stralcio del PTPR – Tavola B – Beni paesaggistici, in scala 1: 10.000;
- Planimetria di dettaglio in scala 1: 500 in cui si riporta l'ubicazione delle indagini eseguite.



COMUNE di BARBARANO ROMANO (VT)

Loc. "San Giuliano"

Stralcio IGM - Tav. N. 143 IV NO "Vetralla"

Scala 1:25.000



The map is a detailed topographic representation of the region around Barbarano Romano. Key features include:
 

- San Giuliano:** A small settlement circled in red, located near the Boccale Cave.
- Boccale Cave:** A large cave system, indicated by a large 'C' and 'A' in the center of the map.
- San Giuliano:** A small settlement circled in red, located near the Boccale Cave.
- San Simone:** A small settlement located to the east of San Giuliano.
- Barbarano Romano:** A larger settlement located at the bottom of the map.
- Topography:** Contour lines and elevation points (e.g., 338.7, 362.4, 418.6) are used to show the terrain's shape and height.
- Scale:** A scale bar at the bottom indicates a distance of 500 meters.
- Orientation:** A north arrow is located in the top right corner.






# COMUNE di BARBARANO ROMANO (VT)

Loc. "San Giuliano"




Stralcio PR - Tabla A - Sistemi ed ambiti del paesaggio - Scala 1:10.000

## Sistemi ed Ambiti del Paesaggio










### Sistema del Paesaggio Naturale

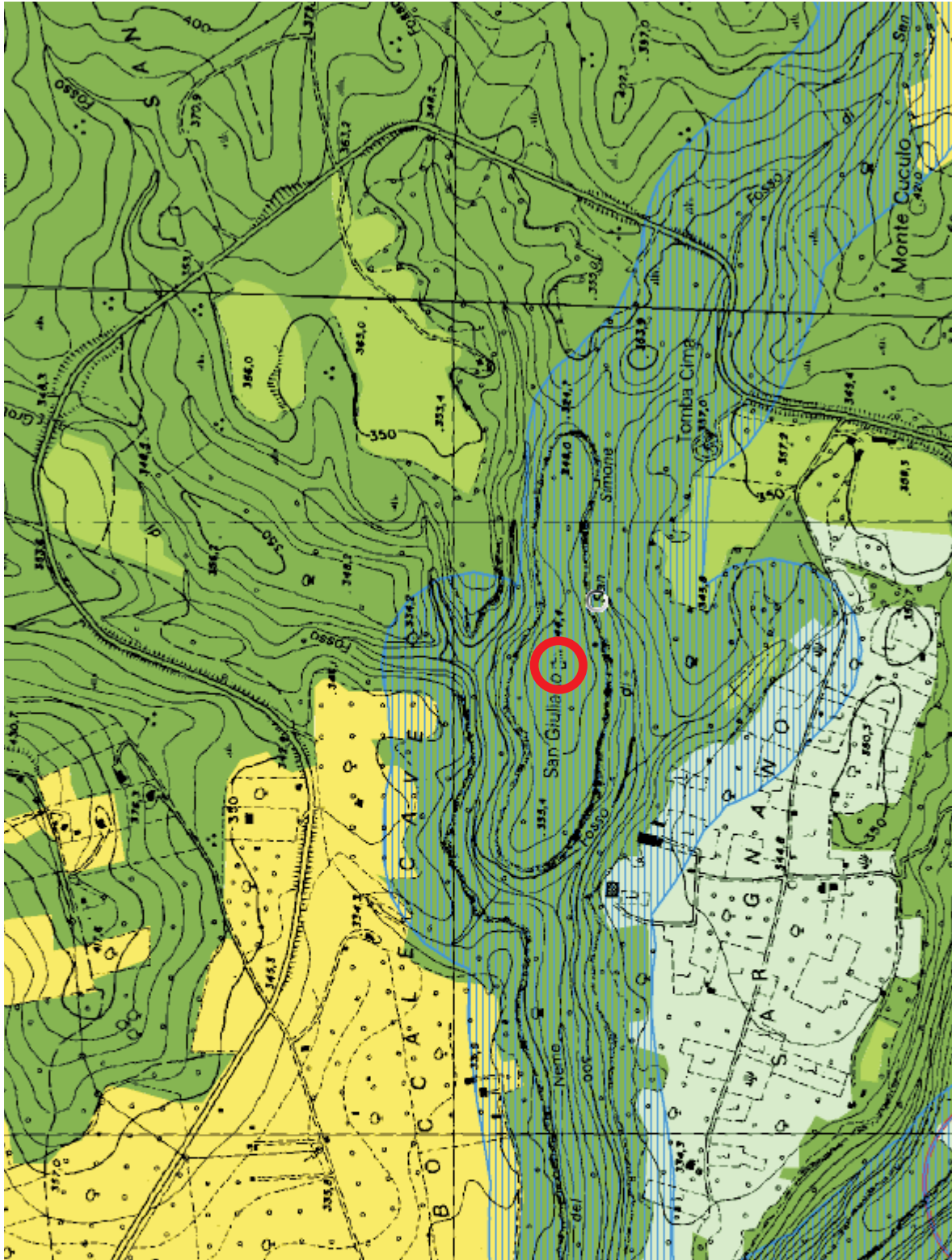
-  Paesaggio Naturale
-  Paesaggio Naturale di Continuità
-  Paesaggio Naturale Agrario
-  Coste marine, lacuali e corsi d'acqua

### Sistema del Paesaggio Agrario

-  Paesaggio Agrario di Rilevante Valore
-  Paesaggio Agrario di Valore
-  Paesaggio Agrario di Continuità

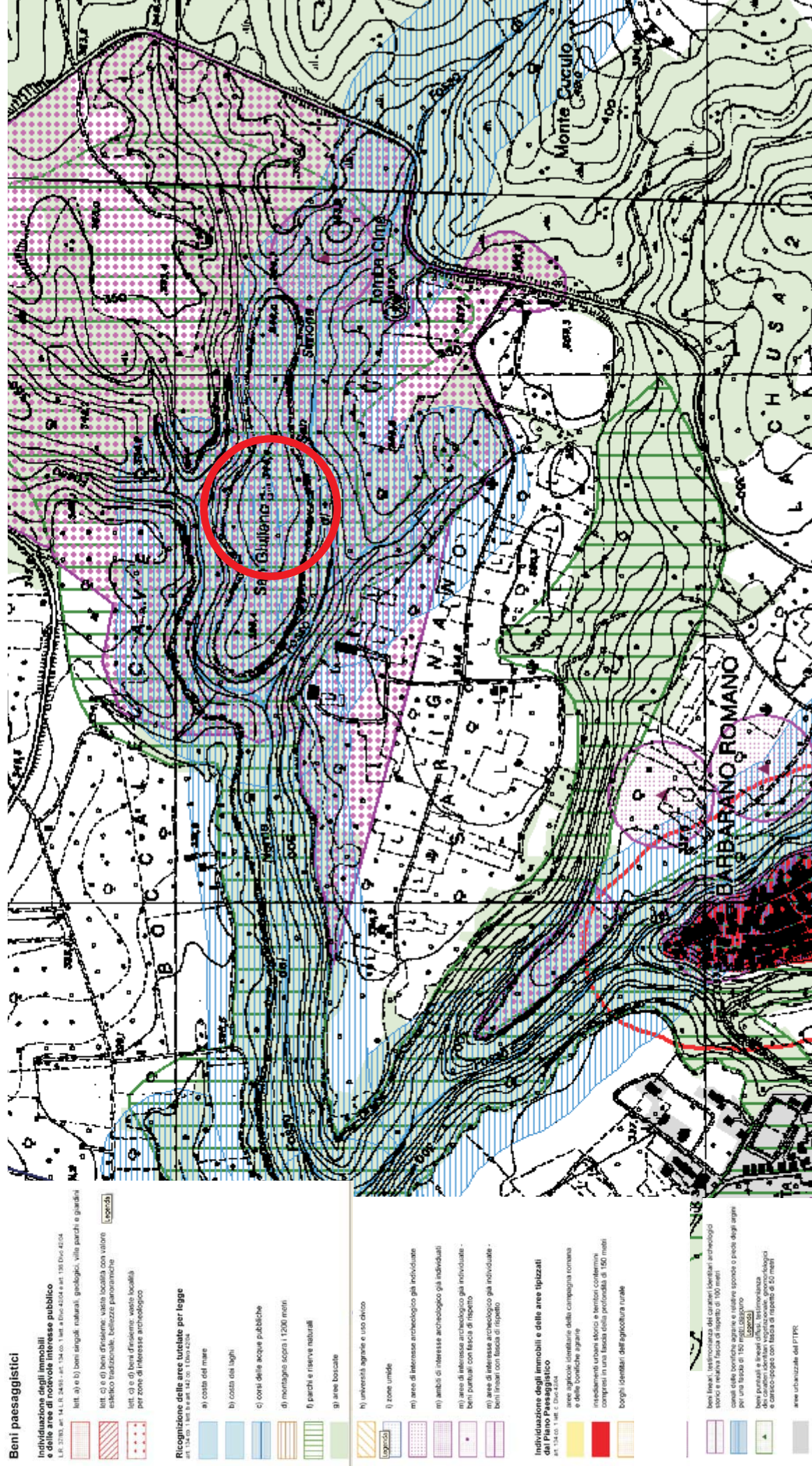
### Sistema del Paesaggio Insediativo

-  Paesaggio dei Centri e Nuclei Storici
-  Parchi, ville e giardini storici
-  Paesaggio degli Insediamenti Urbani
-  Paesaggio degli Insediamenti in Evoluzione
-  Paesaggio dell'Insediamento Storico Diffuso
-  Reti, Infrastrutture e Servizi
-  Ambiti di recupero e valorizzazione paesistica
-  Aree o Punti di Visuali
-  Proposte comunali di modifica del PTP vigenti



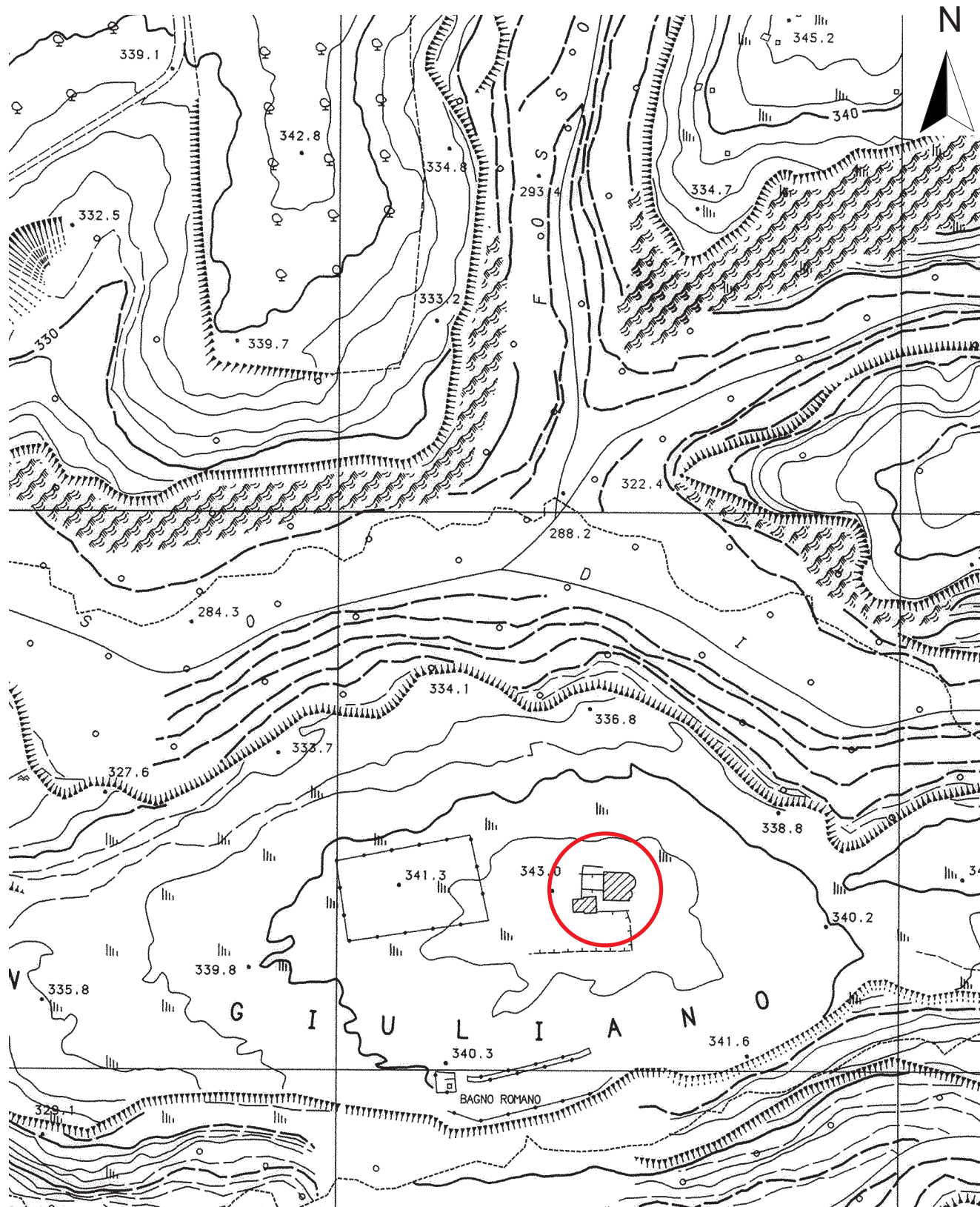


COMUNE di BARBARANO ROMANO (VT)  
 Loc. "San Giuliano"  
 Stralcio PTPR - Tavola B - Beni Paesaggistici- Scala 1:10.000



COMUNE di BARBARANO ROMANO (VT)  
Loc. "San Giuliano"

Stralcio Aerofotogrammetrico  
Scala 1:2.000



### **Inquadramento geomorfologico**

Il sito in oggetto ricade sul pianoro dello sperone tufaceo delimitato a Nord dal Fosso di Grotta e a Sud dal Fosso di San Simone.

Le più importanti lineazioni geomorfologiche si sviluppano pertanto lungo tali direttrici: gli orli di scarpata bordano il più delle volte i rilievi collinari, mettendo in luce la presenza di versanti talora decisamente acclivi; generalmente trattasi di cornici legate ad alcuni livelli particolarmente compatti delle piroclastiti.

Le linee di compluvio più importanti, costituite dai corsi d'acqua suddetti incidono il paesaggio vulcanico assumendo allineamenti Est-Ovest.

In dettaglio la morfologia locale dell'area presenta acclività quasi nulla e una quota media di circa 344 metri s.l.m. .

Pertanto la morfologia del lotto in esame è caratterizzata da una debole degradazione in direzione Ovest, ovvero verso la valle di confluenza fra i fossi summenzionati.

In seguito all'esame della "Carta Inventario Movimenti Franosi della Regione Lazio e della "Carta Inventario dei Fenomeni Franosi e Situazioni di Rischio da Frana" del Piano Assetto Idrogeologico (Autorità dei Bacini Regionale), è possibile affermare una sostanziale stabilizzazione delle forme sul pianoro, ma è da porre particolare l'attenzione in prossimità dei cigli di scarpata aggettanti sulle valli ma ragionevolmente distanti dall'area in esame.

Le linee di compluvio più importanti, oltre ai fossi sopraccitati, sono costituite da altri numerosi corsi d'acqua che incidono il paesaggio vulcanico assumendo allineamenti prevalentemente Est-Ovest.

Il reticolo idrografico dell'area in studio è definito da pattern *subdendritico* di forma arborescente sviluppatasi uniformemente in una direzione preferenziale ad andamento più o meno parallelo di alcuni rami, con il canale principale allineato secondo la direzione Est-Ovest che si suddivide in rami via via meno importanti procedendo verso Est; tale configurazione è tipica di terreni omogenei come nel nostro caso, poco permeabili e con un certo controllo tettonico dovuto ad un sistema di fratture più o meno parallele.



## **Geologia**

L'areale in studio mostra in affioramento esclusivamente depositi vulcanici ascrivibili alle fasi deposizionali pleistoceniche dell'apparato vicano.

Si allega uno stralcio della Carta Geologica in scala 1:10.000.

La facies piroclastica esaminata è nota in letteratura come ignimbrite III<sup>a</sup> vicana, localmente nota come "tufo rosso litoide a scorie nere" e petrograficamente appartenente alla serie tefritico-fonolitica.

In affioramento questa unità si presenta molto addensata, a colorazione rosso-brunastra, caratterizzata dalla presenza di pomici e scorie da giallastre a nere, con fenocristalli di leucite e sanidino.

La sequenza tufacea è ricoperta, verso le quote inferiori, in prossimità della confluenza suddetta, ed ai piedi delle scarpate, da una coltre di copertura detritica e di disfacimento meteorico di versante, frammista, negli alvei dei due torrenti, da depositi alluvionali di età recente (Olocene).

La potente serie vulcanica vicana ha ricoperto il sottostante substrato costituito da termini Paleocenico-Eocenici, litologicamente rappresentati da calcari marnosi e marne calcaree, di colore dal grigio al giallastro, con intercalazioni di strati tipo "scaglia" ovvero "pietra paesina" ovvero argilloscisti varicolori ed arenarie o calcareniti tipo "pietraforte", tutti facenti parte del cosiddetto "Flysch di Tolfa", a propria volta inquadrabile nell'unità geodinamica della "falda Sicilide".

COMUNE di BARBARANO ROMANO (VT)  
 Loc. "San Giuliano"  
 CARTA GEOLOGICA  
 Stralcio CTR - Sezione n. 355090 "Blera"  
 Scala 1:10.000

## Legenda



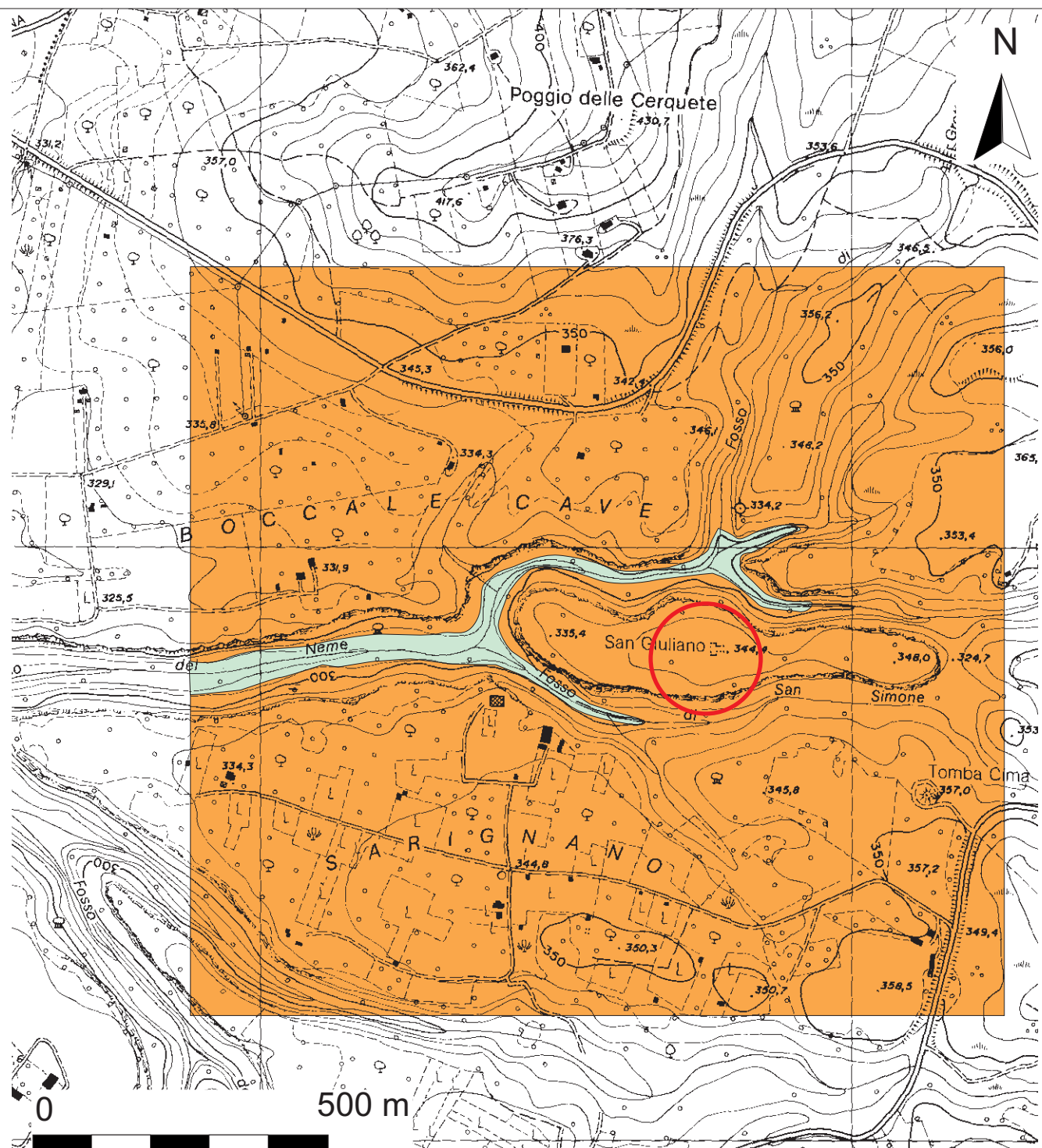
Delimitazione area in studio



Alluvioni medio-recenti ed attuali



Tufo Rosso a Scorie Nere



## **Sismicità**

L'area in studio è collocata in prossimità d'importanti aree sismogenetiche quali l'Appennino Umbro Marchigiano e la struttura sismogenetica di Bagnoregio.

Dall'analisi del Catalogo parametrico dei terremoti italiani (Boschi et al., 1995; Boschi et al., 2000), si osserva che il comune di Barbarano Romano non è stato epicentro di terremoti storici; inoltre in passato sono stati registrati pochi effetti dei terremoti di magnitudo pari o superiore a 4.5.

Studi riguardanti la distribuzione delle Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Stucchi et al. 2007 – disponibile on-line <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>) indicano, per la zona in oggetto, dei valori massimi intorno al quinto grado della scala macrosismica MCS.

I più importanti eventi sismici avvenuti nella zona e che hanno avuto un grande risentimento nell'area in studio sono sette e vengono riportati nella tab. 1

*TAB. 1 – Elenco degli eventi sismici sia storici che strumentali che hanno interessato direttamente o indirettamente l'area in studio. Is - intensità al sito (MCS); AE - Denominazione dell'area dei maggiori effetti; Io - Intensità epicentrale (MCS); Mw - magnitudo momento.*

Storia sismica di Barbarano Romano (VT)  
[42.251, 12.066]  
Osservazioni disponibili: 7

Effects	Earthquake occurred:					
Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	Io	Mw
5	1877 12 23 05 03	CAPRANICA	DOM	19	6	4.83
2	1892 01 22	COLLI ALBANI	DOM	81	6-7	5.17
2-3	1895 11 01	CASTELPORZIANO	DOM	98	6	4.83
5	1915 01 13 06 52	AVEZZANO	DOM	1040	11	6.99
6	1969 07 02 07 55	TOLFA	DOM	72	7	5.08
4	1979 09 19 21 35 37	Valnerina	CFTI	691	8-9	5.90
3-4	1997 09 26 09 40 25	Appennino umbro-march.	CFTI	869	8-9	6.05

Dall'analisi dei recenti inventari di faglie attive, nello specifico è stato consultato il Diss 3.1 (Diss Working Group, 2005 - consultabile on-line: <http://www.ingv.it/DISS/>) si evidenzia ad Ovest dell'area in studio la presenza della struttura sismogenetica sita in Bagnoregio responsabile del terremoto del 1695 e limitatamente al margine orientale della carta è presente la struttura sismogenetica del terremoto Viterbese-Umbria.

Con l'Ordinanza PCM 3274/03 e il successivo D.M. del 14.01.2008 si sono andati chiarendo e semplificando i rapporti fra esigenze normative e formati secondo i quali la pericolosità sismica deve essere valutata.

I dati di pericolosità sismica prodotti da INGV (MPS04 e successive integrazioni prodotte nell'ambito del progetto INGV-DPC S1, disponibili sui siti web <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> e <http://esse1.mi.ingv.it/>) hanno fornito una prima risposta, che ha avuto un riconoscimento ufficiale nell'Ordinanza PCM 3519/06 aventi oggetto i



"Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

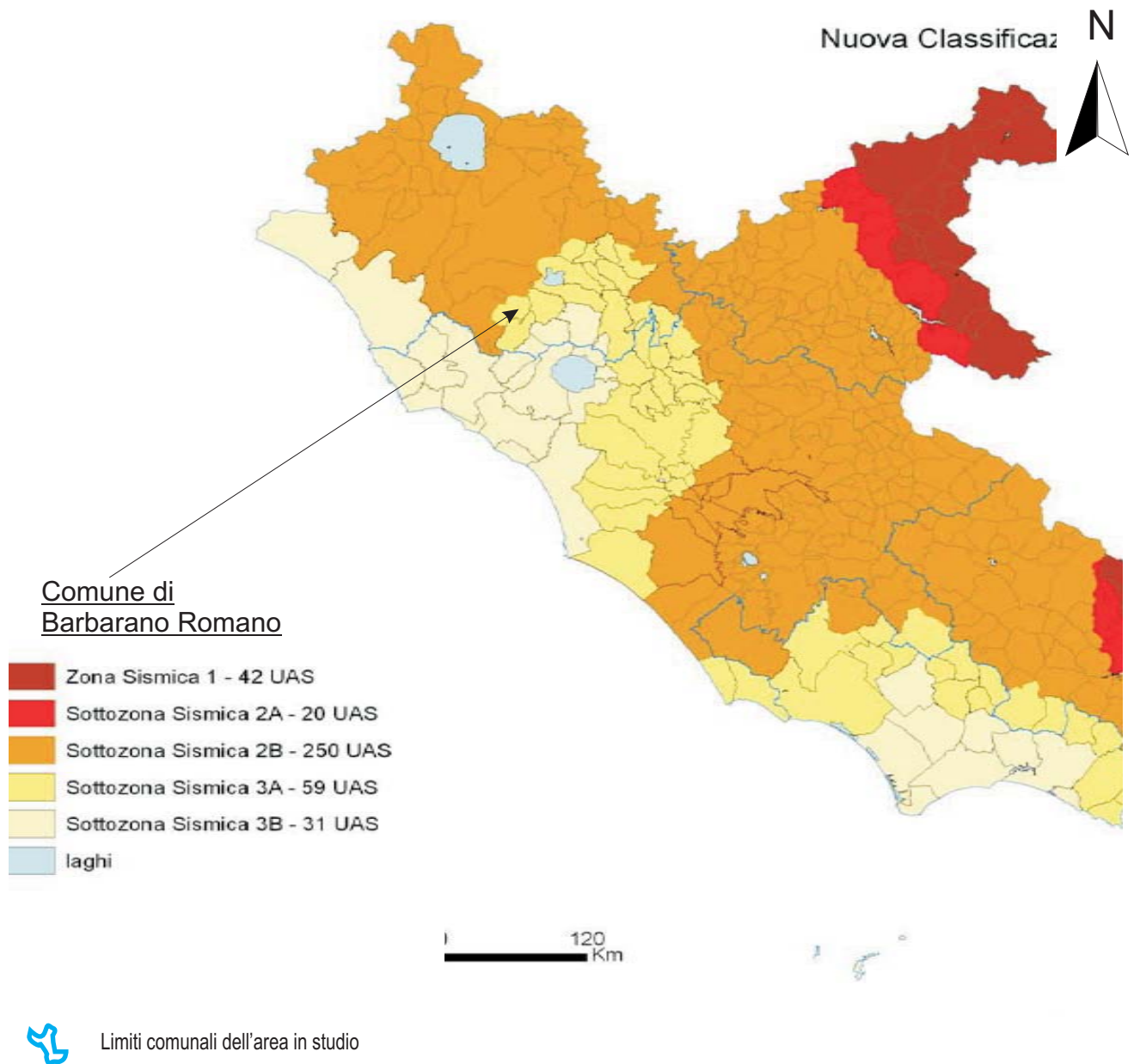
L'area in studio è stata classificata appartenete alla 3<sup>a</sup> categoria – sottozona "A" (vedi Carta Classificazione Sismica).

Dalla carta dei Valori di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale (in allegato), si osserva che la pericolosità sismica è stimata con una maggiore precisione; di fatto le variazioni sono continue e graduali, pertanto l'accelerazione orizzontale massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi è a **0,100-0,125 g**.

## COMUNE di BARBARANO ROMANO (VT)

### CARTA CLASSIFICAZIONE SISMICA

Ordinanza P.C.M. 3519 del 28/04/06 e con recepimento  
delle variazioni operate dalla D.G.R. 387 del 22/05/2009

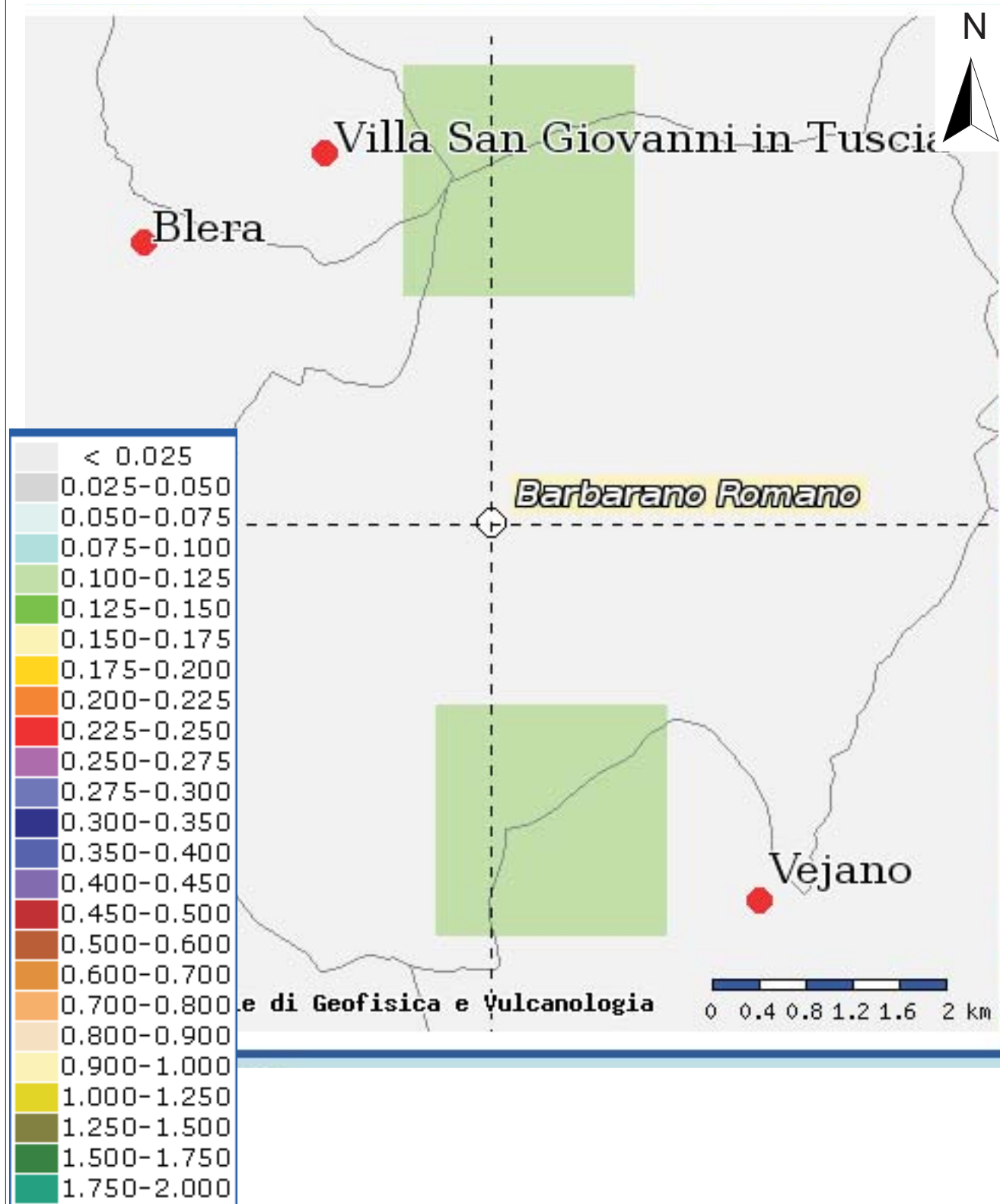


COMUNE di BARBARANO ROMANO (VT)

CARTA DEI VALORI DI PERICOLOSITA' SISMICA DEL TERRITORIO

(rif. Ordinanza PCM 3519 del 28/04/06)

Espressi in termini di accelerazione massima del suolo  
con probabilità di eccedenza > 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ( $V_s > 800\text{m/s}$ )



### **Campagna penetrometrica**

Al fine di valutare i parametri geomeccanici del sedime, sono state condotte, secondo l'ubicazione riportata nell'allegata planimetria, sei prove penetrometriche dinamiche con penetrometro leggero di tipo DPM30, con attrezzatura trasportabile a mano.

L'attrezzatura DPM 030, trasportabile a mano (penetrometro leggero), risulta particolarmente indicata in quei siti di difficile accesso.

Il penetrometro leggero consente l'infissione di aste di acciaio di diametro  $\varnothing = 2$  cm, lunghezza 100 cm e peso 2.40 Kg cadauna; il maglio di battuta del peso di 30 Kg prevede un'altezza di caduta fissa di 20 cm; al termine dell'ultima asta è montata una punta conica a perdere del diametro  $\varnothing = 3.56$  cm, area  $A = 10$  cmq ed angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$ .





Tale penetrometro sviluppa un'energia specifica / colpo  $Q = 6$  kg/cmq (per riferimento, una prova SPT sviluppa una  $Q_{SPT} = 7.83$  kg/cmq); il coefficiente teorico di energia vale pertanto  $\beta_t = Q / Q_{SPT} = 0.766$  (in teoria quindi  $N_{SPT} = \beta_t \times N$ ).

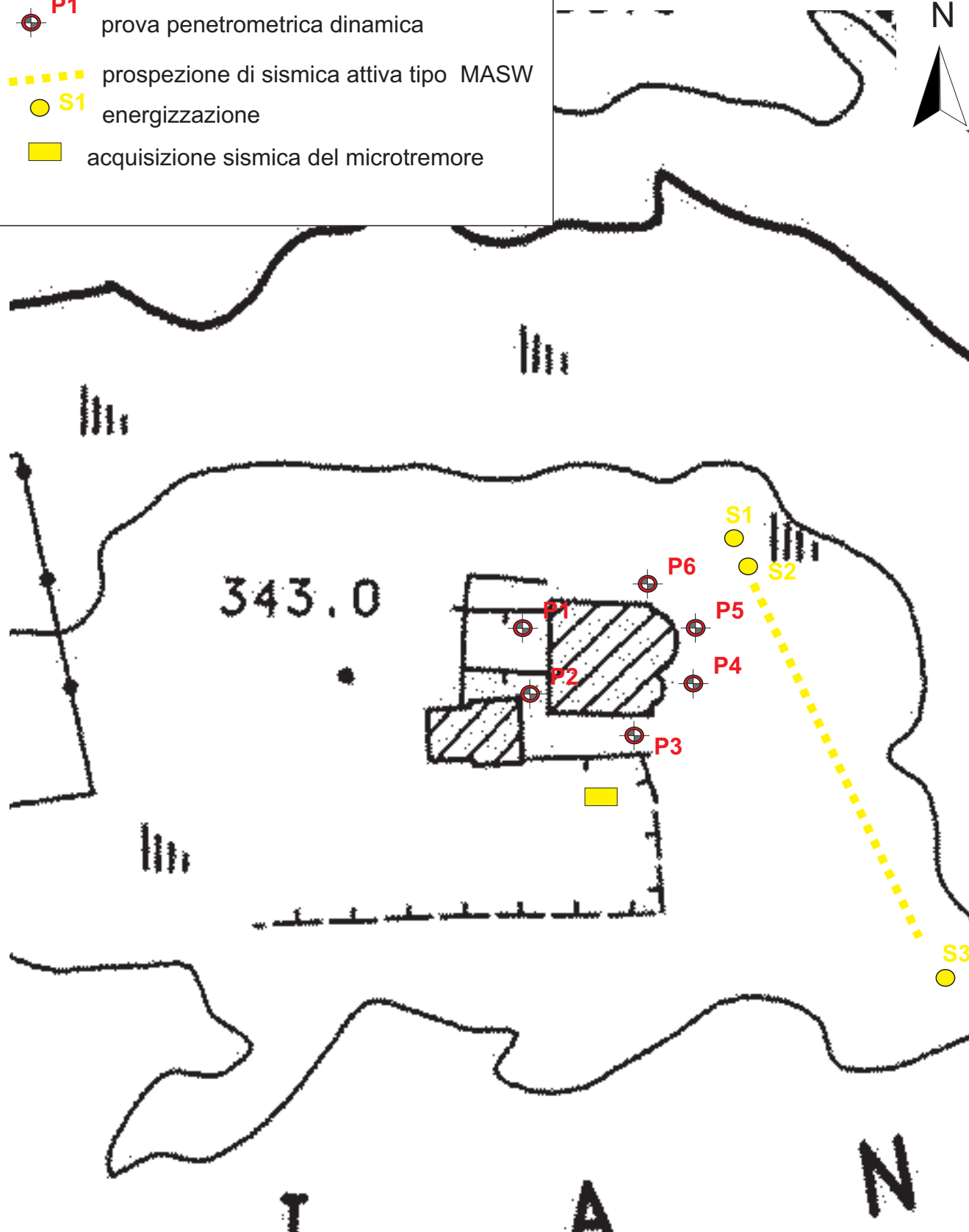
Sui tabulati allegati si riportano il numero dei colpi  $N$  per ogni 20 cm di avanzamento della batteria di aste, sia in veste analitica che grafica, ed i valori delle resistenze dinamiche di rottura alla punta con la profondità in Kg/cmq, calcolate ricorrendo alla formula olandese ricordata sul prospetto riepilogativo iniziale.

Sono infine stati correlati i dati ottenuti elaborando sia un prospetto statistico che un'interpretazione geomeccanica; ciò ha permesso di ricostruire la serie litotecnica, con le rispettive caratteristiche e le indicazioni dei valori di resistenza dinamica corrispondenti ad una prova SPT.



COMUNE di BARBARANO ROMANO (VT)  
Loc. "San Giuliano"  
CARTA UBICAZIONE DELLE INDAGINI  
Scala 1:500

- P1**  prova penetrometrica dinamica
-  prospezione di sismica attiva tipo MASW
- S1**  energizzazione
-  acquisizione sismica del microtremore



Le colonne litotecniche dei tests consentono un'interpretazione ed una definizione abbastanza affidabile della sequenza litologica e geomeccanica locale.

Durante l'esecuzione della campagna geognostica sono state scattate alcune fotografie, riportate nell'apposita sezione in allegato (rif. documentazione fotografica).

La prova P1, eseguita nell'atrio della chiesa è stata spinta fino a profondità dal locale piano di campagna di circa 2,80 metri, quota alla quale è stato riscontrato il rifiuto strumentale e pertanto ha imposto l'interruzione del sondaggio.

I dati sono riepilogati in appositi certificati (v. tabulati della prova penetrometrica) dai quali si ottengono i parametri di resistenza del terreno.

Dall'analisi dei dati forniti dalla prova penetrometrica P1, si osserva che dal piano campagna e fino alla profondità di 0,80 metri circa è presente uno strato che denota grado di addensamento mediocre.

A partire da - 0,80 metri si ha un sensibile miglioramento delle caratteristiche geotecniche.

Dalla profondità di 2,40 m si intercetta una facies molto addensata fino a raggiungere il valore di "rifiuto strumentale" in corrispondenza di - 2,80 metri.

La prova P2, eseguita all'interno del cortile della chiesa di San Giuliano è stata spinta fino a profondità dal locale piano di campagna di circa 2,60 metri, quota alla quale è stato riscontrato il rifiuto strumentale e pertanto ha imposto l'interruzione del sondaggio.

Si può osservare un andamento delle caratteristiche geomeccaniche dei livelli investigati simile a quello riscontrato durante l'indagine P1.

Dal piano campagna e fino alla profondità di 0,80 metri circa è presente uno strato di terreno, che stratigraficamente passa verso il basso ad un livello spesso circa 1,40 metri e presente fino alla profondità di 2,20 metri con caratteristiche geotecniche discrete.

Dalla profondità di 2,20 metri e fino alla profondità di 2,60 metri, le caratteristiche geotecniche migliorano, attestandosi su valori medio-alti del grado di addensamento .

La prova P3, ad eccezione 60 cm di terreno vegetale presenta una facie mediamente consistente fino alla profondità di 2,10 m.

Al letto di tale strato si individua la facie addensata che determina l'interruzione del sondaggio alla profondità di 2,70 m.

Le prove P4, P5 e P6 sono caratterizzate da uno strato superficiale mediamente addensato al letto del quale se ne trova uno scarsamente addensato alle profondità variabili.

Nella prova P4,-a partire da -1.10 metri di profondità, la facies investigata presenta un peggioramento delle caratteristiche geotecniche, con valori medio-bassi del grado di addensamento.

Al letto di questo strato si individua fino alla profondità di 3,30 metri un livello che presenta un netto miglioramento delle caratteristiche geotecniche, con valori medio-alti del grado di addensamento.

La prova P5 è caratterizzata ad eccezione dei primi 30 cm da una facies scarsamente addensata fino alla profondità di -1,60 m.

Al letto di questo strato si individua un intervallo, caratterizzato da un costante aumento della resistenza all'infissione della punta con l'aumentare della profondità; il

grado di addensamento si attesta su valori medio-alti fino alle profondità di circa 3,30 metri.

La prova P6 è caratterizzata dal piano campagna e fino alla profondità di 0,60 metri uno strato mediamente addensato, che stratigraficamente passa verso il basso ad un livello spesso circa 1,00 metri e presente fino alla profondità di 1,70 metri con caratteristiche geotecniche mediocri.

Al letto di questo strato si individua un intervallo, caratterizzato da un costante aumento della resistenza all'infissione della punta con l'aumentare della profondità; il grado di addensamento si attesta su valori medio-alti fino alle profondità di circa 3,30 metri.

A partire da -1,70 metri si ha un costante miglioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni investigati con l'aumentare della profondità, fino a -2,70 metri, profondità alla quale è stato raggiunto il rifiuto strumentale.

Da segnalare che le prove sono state eseguite all'esterno della sagoma di ingombro dell'edificio; di contro, al sedime dello stesso, sono state osservate due cavità cunicolari, probabilmente coalescenti, il cui sviluppo, areale e verticale, è ignoto.

Di tale elemento geologico di criticità sarà necessario tener conto nella fase di previsione degli interventi di miglioramento e consolidamento del manufatto, con modalità che dovranno essere meglio definite a seguito di pulizia dei cunicoli ed ispezione, anche sommaria, degli stessi.



## **Indagine geofisica MASW**

### *Descrizione del metodo*

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Ogni singolo geofono è collegato mediante un cavo bipolare che trasmette il segnale al sismografo, il segnale sismico viene così registrato, opportunamente amplificato, visualizzato sullo strumento e memorizzato per le successive elaborazioni ed interpretazioni.

La prospezione sismica (vedi "carta ubicazione delle indagini", in allegato) è stata realizzata con uno stendimento sismico da 24 geofoni allineati a distanza intergeofonica pari a 1.0 ml, che hanno registrato le onde sismiche generate in corrispondenza di due punti di energizzazione dislocati ad una distanza (offset) dal primo geofono all'esterno dello stendimento ed in allineamento con i geofoni pari a 8 e 9 metri da un lato mentre nel lato opposto la distanza delle sorgenti si trova a 5 e 6 metri.

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.

Le acquisizioni sono state eseguite con diversi tempi di campionamento: 500  $\mu$ s, 2 ms e 125  $\mu$ s ed una durata di acquisizione di 2048 ms.

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale della PASI modello 16S24-U, avente le seguenti caratteristiche tecniche :

- capacità di campionamento dei segnali tra 125  $\mu$ s e 2 ms;
- filtri in post-acquisizione (50-60 Notch, 250LP)
- antialiasing: attivi, LPF, 8°ordine Butterworth;
- attenuazione -48dB/oct (-160dB/dec);
- $f_0=5/8f_{nyq}$ ; accuratezza  $\pm 1\%$  freq.di taglio
- 24 bit con algoritmo proprietario
- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 8 Kg.

Per l'elaborazione del profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio), è stato utilizzato il software *winMASW* della *ELIOSOFT srl*.

### Elaborazione dei dati della MASW

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.5 ms, 2 ms e 0.125 ms, il sismogramma analizzato in queste pagine è quello con passo pari a 2.0 ms e offset pari a 5.0 metri di distanza dal primo geofono.

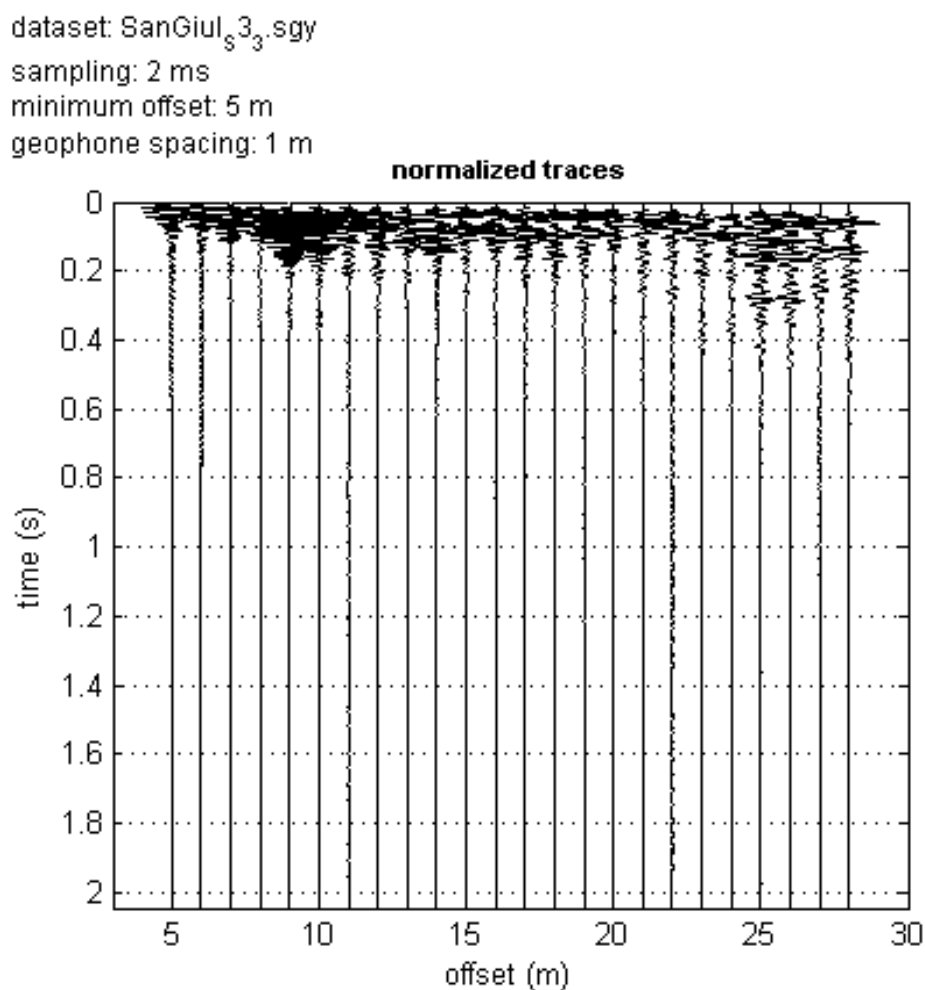


Figura n. 1. Sismogramma.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione (vedi fig. 2).

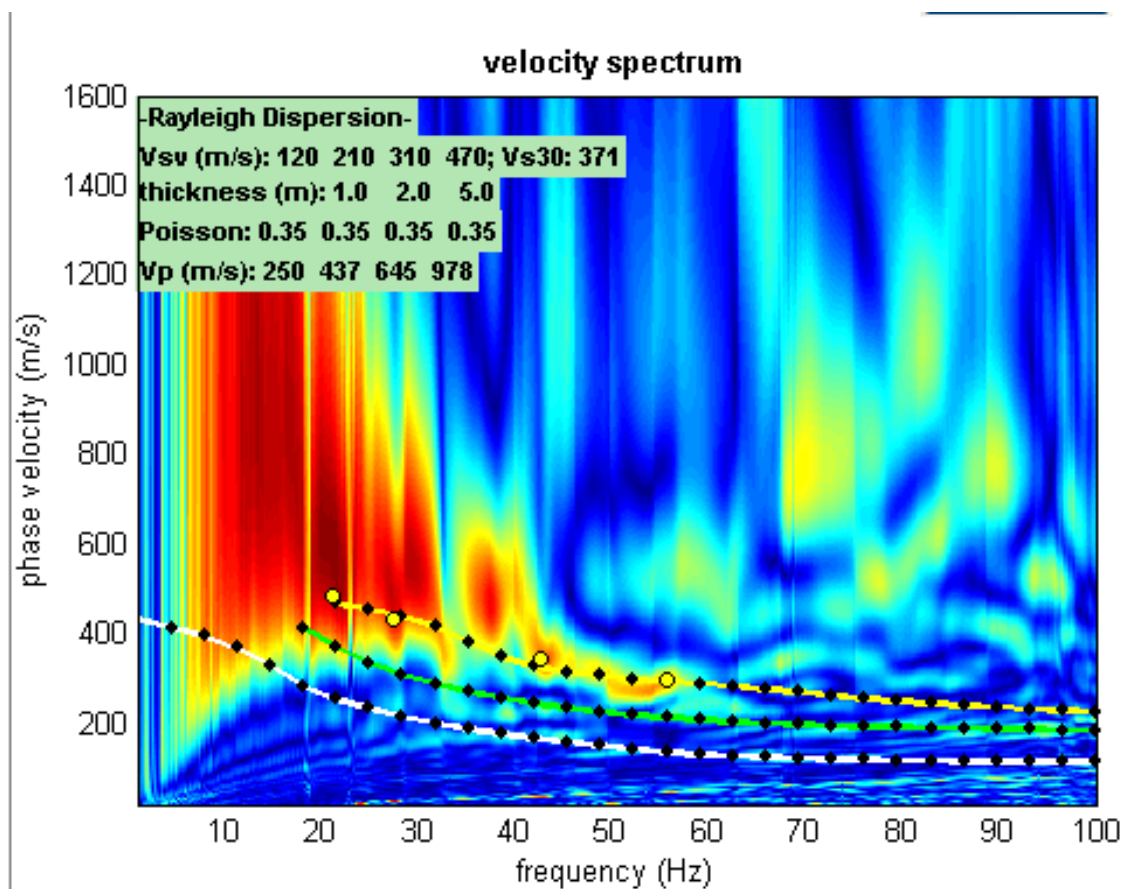


Figura n. 2. Spettro di velocità.

Nelle figure successive si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti.

### Risultati MASW

Dallo spettro di velocità (figura 2) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s)-frequenza (Hz) in un intervallo compreso tra 9 Hz e 60 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 350 m/s e 450 m/s (Fig.2).

Nella figura n. 3 si riportano i profili delle Vs calcolati.

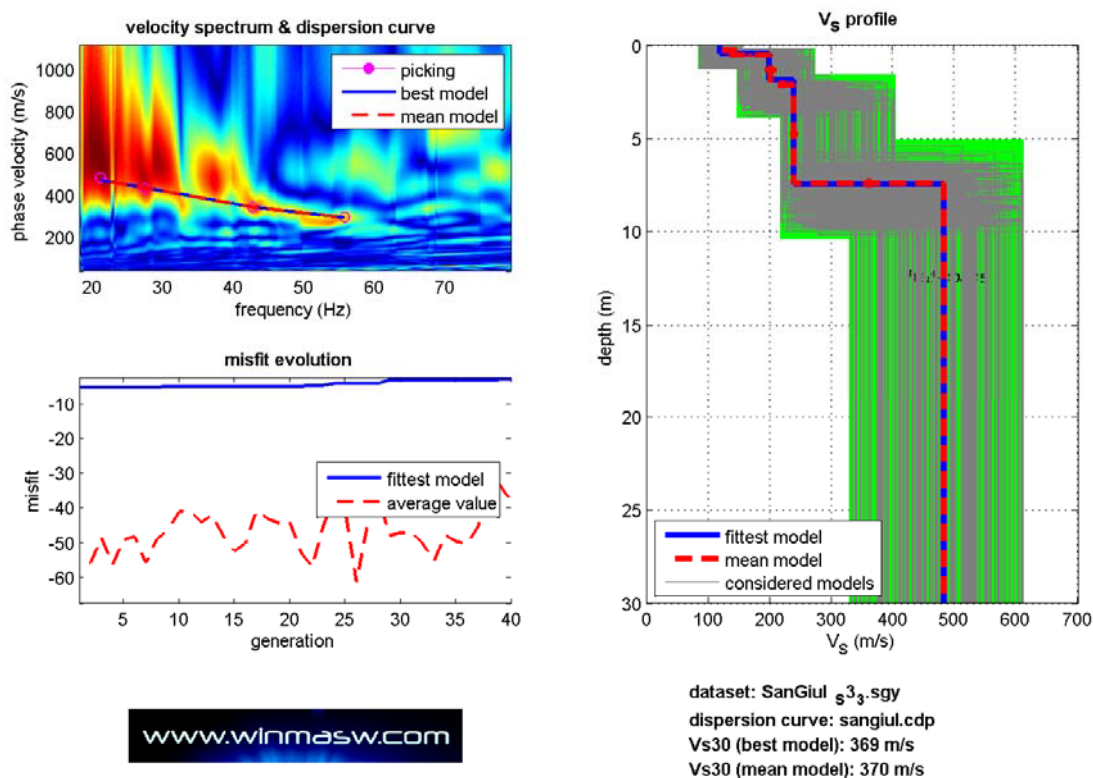


Figura n. 3- Modelli di velocità calcolati per la MASW.

La curva che meglio approssima i dati sperimentali, come già indicato nella figura n.3, deriva da un profilo verticale delle onde S costituito da 4 sismo-strati dalle seguenti caratteristiche:

MODELLO MIGLIORE MASW		
Strato n	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	0.5	119
2	1.4	199
3	5.6	238
4	-	481
Vs30=370 m/s		



Dallo studio della stratigrafia sismica delle Vs, si osservano dei valori di velocità delle onde S inferiori a 360 m/s nei primi sei metri dal piano campagna, correlabile allo strato superficiale e alle facies poco addensate riscontrate anche nelle prove penetrometriche. Al crescere della profondità si nota un costante e graduale incremento della Vs.

La classificazione del suolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad \text{dove } V_i \text{ e } h_i \text{ sono la velocità delle onde di taglio verticali e lo spessore dello strato } i\text{-esimo.}$$

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio ed estendendo il semispazio fino alla profondità di 30 metri, risulta che la **velocità media è paria a 370 m/s** classificando quindi il suolo di **tipo B**.

### **Indagine Geofisica: Microtremore**

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre, si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro.

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossime a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

La tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso, è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (Field e Jacob, 1993; Lachet e Bard, 1994; Lermo e Chavez-Garcia, 1993, 1994; Bard, 1998; Ibs-von Seht e Wohlenberg, 1999; Fah et al., 2001).

Sono state analizzate le registrazioni del rumore di fondo, effettuate nel mese di aprile 2012 sul sito.

Lo scopo di questa indagine è quello di verificare attraverso il metodo di Nakamura, l'eventuale presenza di eventuali contrasti di impedenza fra gli strati sismici investigati.

### *Risultati dell'analisi H/V*

Per le misure H/V (misure di microtremori a stazione singola) è stato utilizzato un Tromino (Micromed) - strumento dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo una terna cartesiana ortogonale.

L'elaborazione delle misure H/V è consistita in un lavoro di pulizia del dato finalizzato ad eliminare segnali transienti e poter quindi procedere con il calcolo degli spettri delle componenti orizzontali (H) e verticali (V) successivamente sintetizzate appunto nel rapporto spettrale H/V (in allegato).

Un progetto europeo denominato SESAME (Site EffectS Assessment using AMbient Excitations) si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array, fornendo dei criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi H/V eventualmente trovati.

In un' apposita tabella in allegato sono evidenziati i risultati dei criteri SESAME per le misure effettuate.

Lo spessore della coltre investigata ha evidenziato due picchi H/V, ma significativi a livello stratigrafico, tra **1.8-1.9 Hz**, correlabile con variazioni di impedenza acustica tra le interfacce dei mezzi stratificati investigati, mentre il picco misurato a 21.3 Hz non ha origini stratigrafiche.

## BARBARANO SG1

Strumento: TRZ-0142/01-11

Inizio registrazione: 10/04/12 13:54:56 Fine registrazione: 10/04/12 14:12:56

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h18'00".

Analizzato 74% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

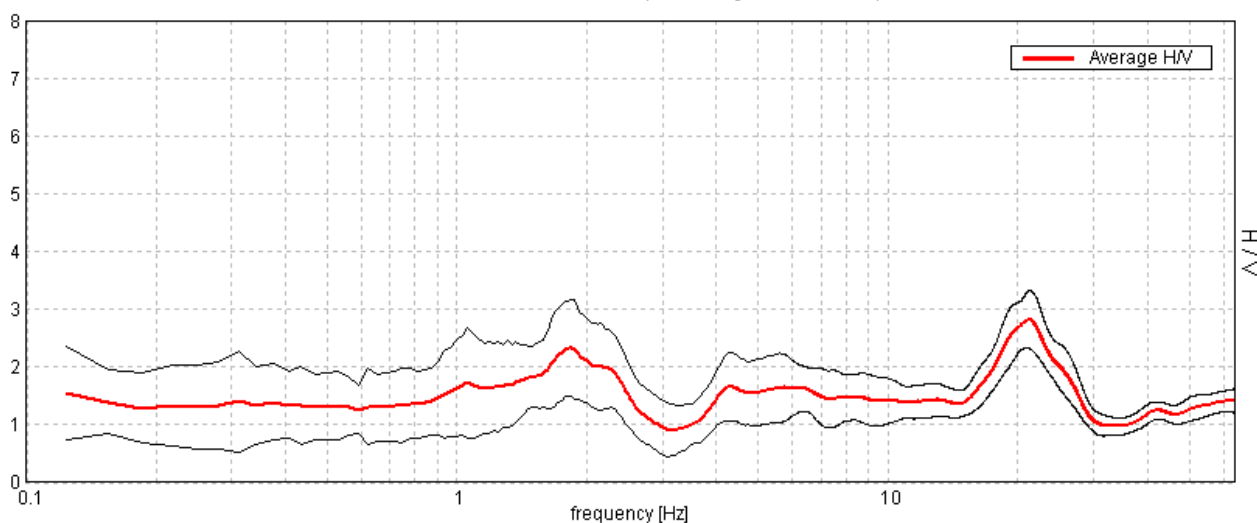
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

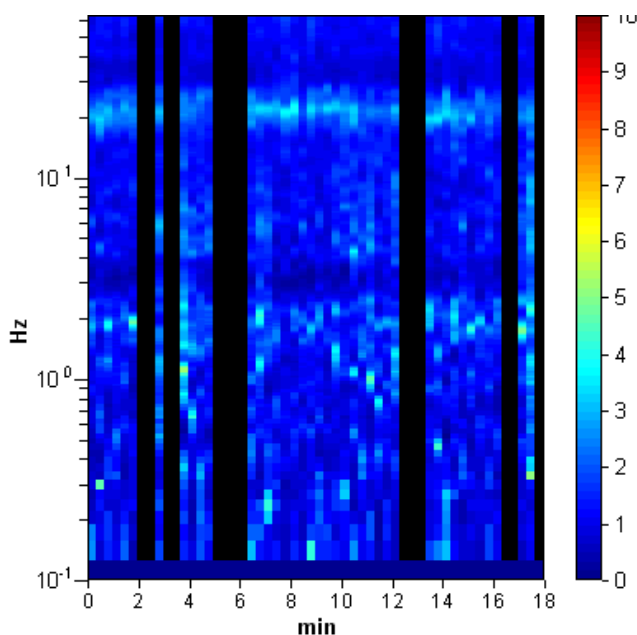
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

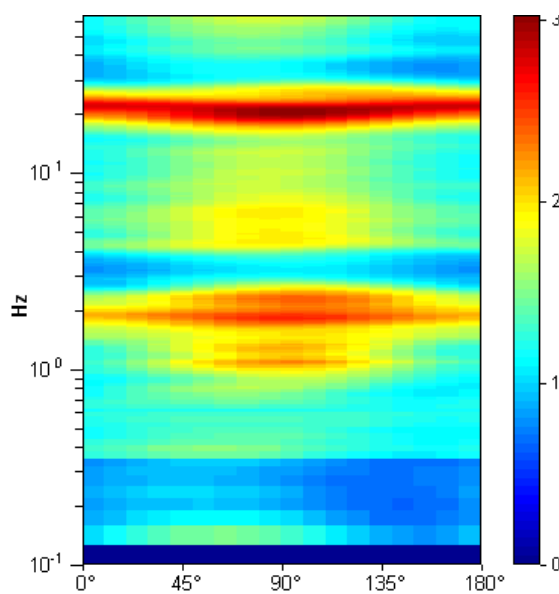
Max. H/V at  $21.25 \pm 1.42$  Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



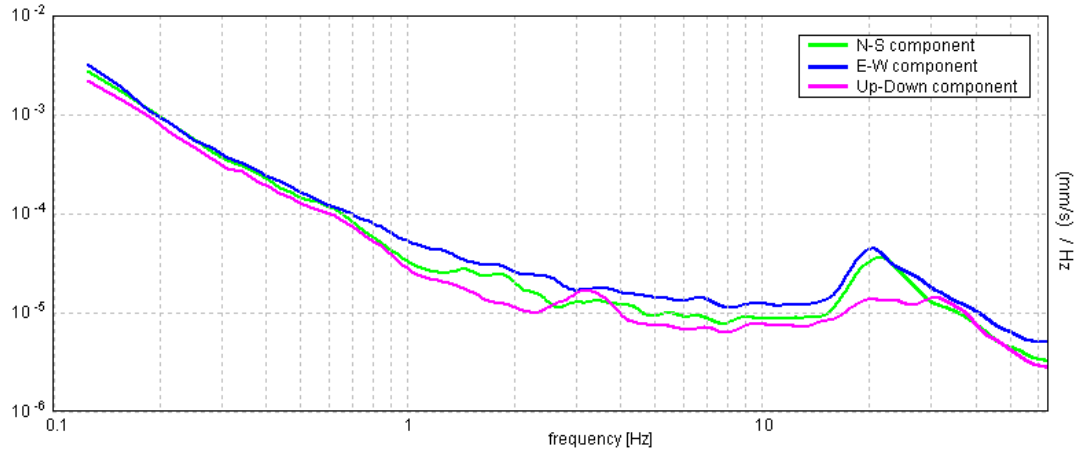
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V



## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 21.25 ± 1.42 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).				
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]				
$f_0 > 10 / L_w$	21.25 > 0.50	OK		
$n_c(f_0) > 200$	17000.0 > 200	OK		
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1021	OK		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]				
Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	15.188 Hz	OK		
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	28.125 Hz	OK		
$A_0 > 2$	2.82 > 2	OK		
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03264  < 0.05$	OK		
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.69369 < 1.0625$	OK		
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.244 < 1.58$	OK		
$L_w$ $n_w$ $n_c = L_w n_w f_0$ $f$ $f_0$ $\sigma_f$ $\varepsilon(f_0)$ $A_0$ $A_{H/V}(f)$ $f^-$ $f^+$ $\sigma_A(f)$  $\sigma_{\log H/V}(f)$ $\theta(f_0)$	lunghezza della finestra numero di finestre usate nell'analisi numero di cicli significativi frequenza attuale frequenza del picco H/V deviazione standard della frequenza del picco H/V valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$ ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$ frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$ valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$			
Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$				
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25
				0.20



## **Sintesi dei dati**

### **Modello Litotecnico**

La sintesi dei dati puntuali rilevati ha permesso di elaborare un modello geologico-tecnico e di definire unità a caratteristiche fisico-tecniche omogenee, suddivise comunque in due schemi, il primo valido per il modello derivante dalle prove P1, P2 e P3, eseguite nel settore Ovest e Sud-Ovest della Chiesa ed il secondo, derivante dalle prove P4, P5 e P6, eseguite nel settore Est e Nord-Est.

Per il primo settore si individua una stratigrafia costituita schematicamente da tre livelli, caratterizzati come da tabella seguente:

Profondità (m)	Descrizione litologica dello strato	Angolo d'attrito (°)	Peso di volume naturale (KN/mc)
0,00-0,80	Terreno vegetale	-	-
0,80 – 2,20	Piroclastite scarsamente addensamento	26-29	16,0
Oltre 2,20	Piroclastite con grado di addensamento medio	32-35	17,5

Per il secondo settore è invece possibile assumere la sotto riportata configurazione litotecnica:

Profondità (m)	Descrizione litologica dello strato	Angolo d'attrito (°)	Peso di volume naturale (KN/mc)
0,00-0,40	Piroclastite mediocrementemente addensata	26-29	16,0
0,40 – 1,90	Piroclastite scarsamente addensamento	24-26	14.5-15.5
Oltre 1,90	Piroclastite con grado di addensamento medio	32-35	17,5

Si ribadisce infine, che la suddetta caratterizzazione geotecnica riguarda la fascia circostante l'orma di ingombro del manufatto; sotto l'orma stessa invece è presente la rete

di cunicoli/cavità, di cui si è già riferito, per la quale valgono le considerazioni in precedenza esposte.

### Coefficienti sismici

In base alla nuova zonazione sismica definita dalla O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e ss.mm.ed ii., nonché dalla DGR Lazio 387/09, il Comune di Barbarano Romano è classificato in Categoria 3, sottozona A.

Ai fini della determinazione dell'azione sismica, si definiscono le seguenti classi di litotipo con le seguenti caratteristiche:

Categoria suolo	Tipo	N <sub>SPT</sub>	C <sub>u</sub> (kPa)	Velocità onde di taglio
A	Ammassi rocciosi o terreni molto rigidi			V <sub>s</sub> > 800 m/sec
<b>B</b>	<b>Rocce tenere e terreni a grana grossa molto addensati o terreni fini molto consistenti</b>	<b>N &gt; 50</b>	<b>C<sub>u</sub> &gt; 250</b>	<b>360 m/sec &lt; V<sub>s</sub> &lt; 800 m/sec</b>
C	Terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni fini mediamente consistenti	15 < N < 50	70 < C <sub>u</sub> < 250	180 m/sec < V <sub>s</sub> < 360 m/sec
D	Terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni fini scarsamente consistenti	N < 15	C <sub>u</sub> < 70	V <sub>s</sub> < 180 m/sec
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 metri, posti sul substrato di riferimento			V <sub>s</sub> come C e D nello strato superficiale su un substrato con V <sub>s</sub> come A
S1	Depositi di terreni, che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche		10 < C <sub>u</sub> < 20	V <sub>s</sub> < 100 m/s
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

Tenendo conto delle disposizioni delle suddette normative, e in base ai risultati delle indagini in situ, è possibile classificare il volume significativo di sottosuolo interessato dalla costruzione dell'opera come tipo B ( $360 \text{ m/s} < V_{s30} < 800 \text{ m/s}$ ).

Secondo le NTC di cui al D.M. 14/01/08 la stima della pericolosità sismica di base o locale, intesa come accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  su suolo rigido e orizzontale, viene definita mediante un approccio "sito dipendente", ovvero la stima dei parametri spettrali, necessari per la definizione dell'azione sismica sia per la valutazione della sicurezza e sia per il progetto degli interventi, è calcolata direttamente per il sito in esame (in coordinate geografiche nel sistema di riferimento ED50).

Le azioni sismiche nei confronti degli stati limite sono individuate riferendosi alle prestazioni della costruzione e valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  con la seguente relazione:

$$V_r = V_n \text{ (vita nominale della struttura)} \times C_u \text{ (coefficiente d'uso)}.$$

Le forme spettrali relative a ciascuno degli stati limite, cui corrispondono determinate probabilità di superamento  $P_{V_r}$  nel periodo di riferimento, sono definite in condizioni di campo libero a partire dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido e orizzontale:

- $a_g$  (o  $P_{ga}$ ) accelerazione massima al sito determinata su un reticolo a maglia inferiore a 10 Km (corrispondente all'ordinata spettrale per  $t = 0$ );
- $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  periodo di inizio di tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale su suolo rigido.

➤  $T_0$  L'azione tellurica è caratterizzata da tre componenti, due orizzontali (x,y) ed una verticale (z), cui corrispondono due distinti spettri di risposta.

Tramite il software sperimentale SPETTRI 1.03 del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti è possibile stimare i parametri per la definizione dell'azione sismica per i vari stati limite considerati e per il sito, tenendo conto delle seguenti condizioni:

- Coordinate del sito: Lat 42.2602 e Long 12.0755;
- Vita nominale  $V_N$ : 50 anni;
- Classe d'uso: III (*costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi*)
- coefficiente  $C_u = 1.5$ ;
- Vita di riferimento  $V_R = V_N \times C_u = 75$  anni

Ai quattro stati limite, Stato limite di immediata operatività (SLO), Stato limite di danno (SLD), Stato limite di salvaguardia della Vita (SLV) e Stato limite di prevenzione del Collasso (SLC) sono stati attribuiti (v. Tabella 3.2.1 delle NTC) i valori della probabilità di superamento  $P_{Vr}$  nel periodo di riferimento pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, cui corrispondono periodi di ritorno di anni 45, 75, 712, 1462.

I parametri di azione sismica per i diversi stati limite sono riportati in tabella:

Stato limite	$T_r$ (anni)	$a_g$ ( $m/s^2$ )	$F_0$	$T_c^*$ (s)
SLO	45	0.044	2.576	0.256
SLD	75	0.055	2.535	0.271
SLV	712	0.130	2.492	0.299
SLC	1462	0.163	2.515	0.305

L'azione di progetto deve essere determinata considerando la categoria di sottosuolo, nella fattispecie tipo B, e la categoria topografica, nella fattispecie T1 ( $h/H=1$ ).

### Conclusioni

Il presente studio si è sviluppato prevedendo una fase di rilevamento in campagna dei caratteri geologico – geomorfologici dell'area, a cui è seguita una fase di indagini geognostiche, con l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche.

La sintesi delle indagini ha permesso di ricostruire un modello geologico e geotecnico del terreno di sedime interessato dal progetto di restauro conservativo della chiesa di San Giuliano, situata nel comune di Barbarano Romano, mediante il quale sono stati valutati i coefficienti sismici sul terreno.

Tale dato consente di affermare come la realizzazione dell'intervento di adeguamento in progetto non debba presumibilmente indurre modificazioni sostanziali nell'equilibrio geodinamico locale.

Da un'analisi di insieme non sembrano esservi motivazioni ostative di carattere geologico-geotecnico, fatta salva l'attenzione che dovrà essere prestata nella bonifica delle cavità presenti al sedime della Chiesa.

Viterbo, 15 aprile 2012

Geol. Roberto Troncarelli



# **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH (Class. ISSMFE)**

## PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DM-30 (90°)**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

## CARATTERISTICHE TECNICHE : **DM-30 (90°)**

PESO MASSA BATTENTE	M = 30,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,20 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 13,60 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35,70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10,00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 2,40 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,10$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 6,00 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : $Q_{pt} = 7.83$ kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = \frac{Q_{pt}}{Q} = 0,766$ ( teoricamente : $N_{spt} = \beta_t N$ )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = peso massa battente (altezza caduta H)  
P = peso totale aste e sistema battuta

### UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0.098067 MPa  
1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)  
- note :

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	5	19,6	----	1	1,50 - 1,60	9	33,5	----	2
0,10 - 0,20	10	39,1	----	1	1,60 - 1,70	7	26,0	----	2
0,20 - 0,30	7	27,4	----	1	1,70 - 1,80	6	22,3	----	2
0,30 - 0,40	2	7,8	----	1	1,80 - 1,90	5	17,7	----	3
0,40 - 0,50	2	7,8	----	1	1,90 - 2,00	7	24,8	----	3
0,50 - 0,60	2	7,8	----	1	2,00 - 2,10	8	28,3	----	3
0,60 - 0,70	2	7,8	----	1	2,10 - 2,20	8	28,3	----	3
0,70 - 0,80	4	15,7	----	1	2,20 - 2,30	8	28,3	----	3
0,80 - 0,90	7	26,0	----	2	2,30 - 2,40	9	31,9	----	3
0,90 - 1,00	7	26,0	----	2	2,40 - 2,50	12	42,5	----	3
1,00 - 1,10	7	26,0	----	2	2,50 - 2,60	19	67,3	----	3
1,10 - 1,20	7	26,0	----	2	2,60 - 2,70	29	102,8	----	3
1,20 - 1,30	8	29,8	----	2	2,70 - 2,80	59	209,1	----	3
1,30 - 1,40	8	29,8	----	2	2,80 - 2,90	100	338,3	----	4
1,40 - 1,50	8	29,8	----	2					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (90°)**

- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **35,70** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

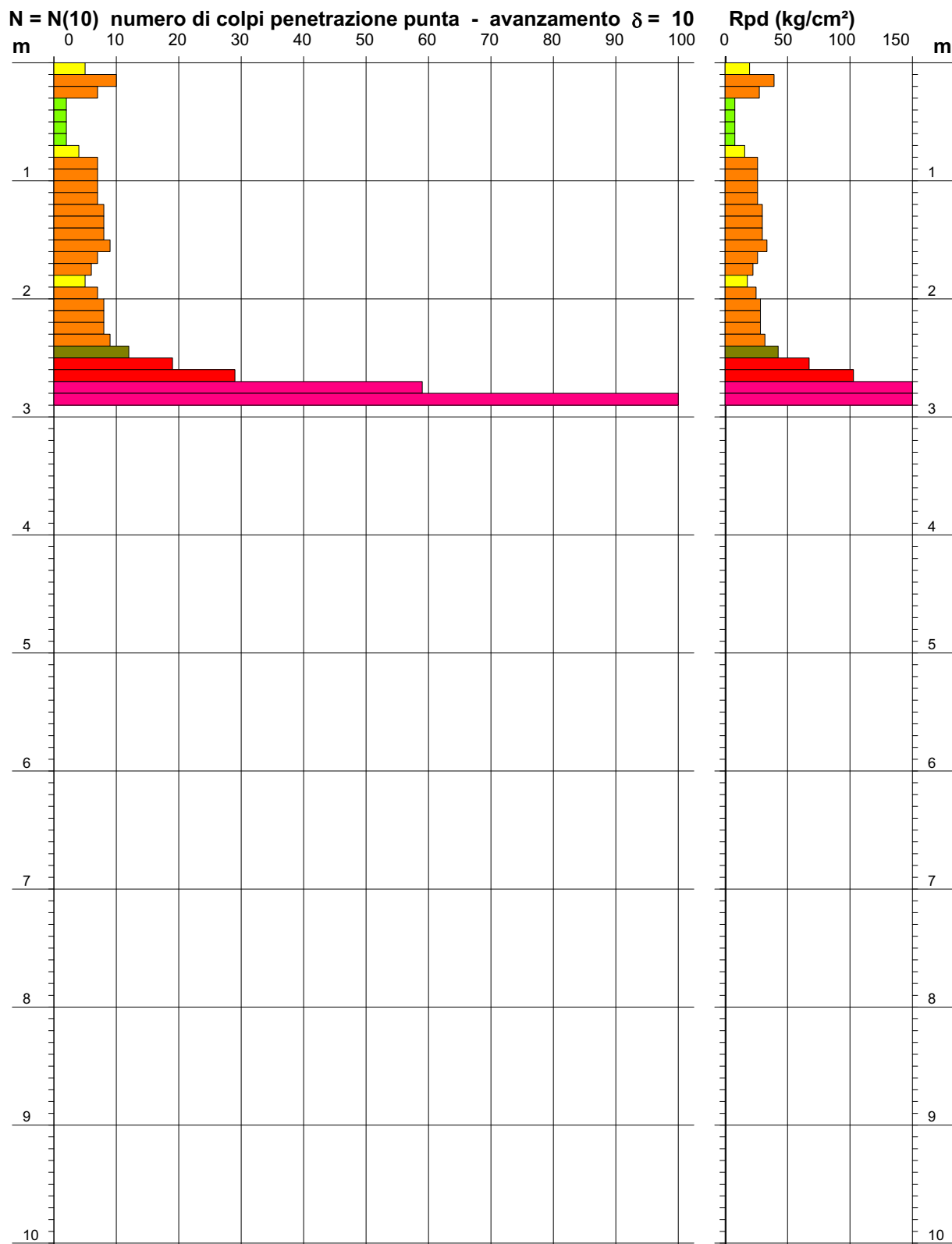
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)  
- note :

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

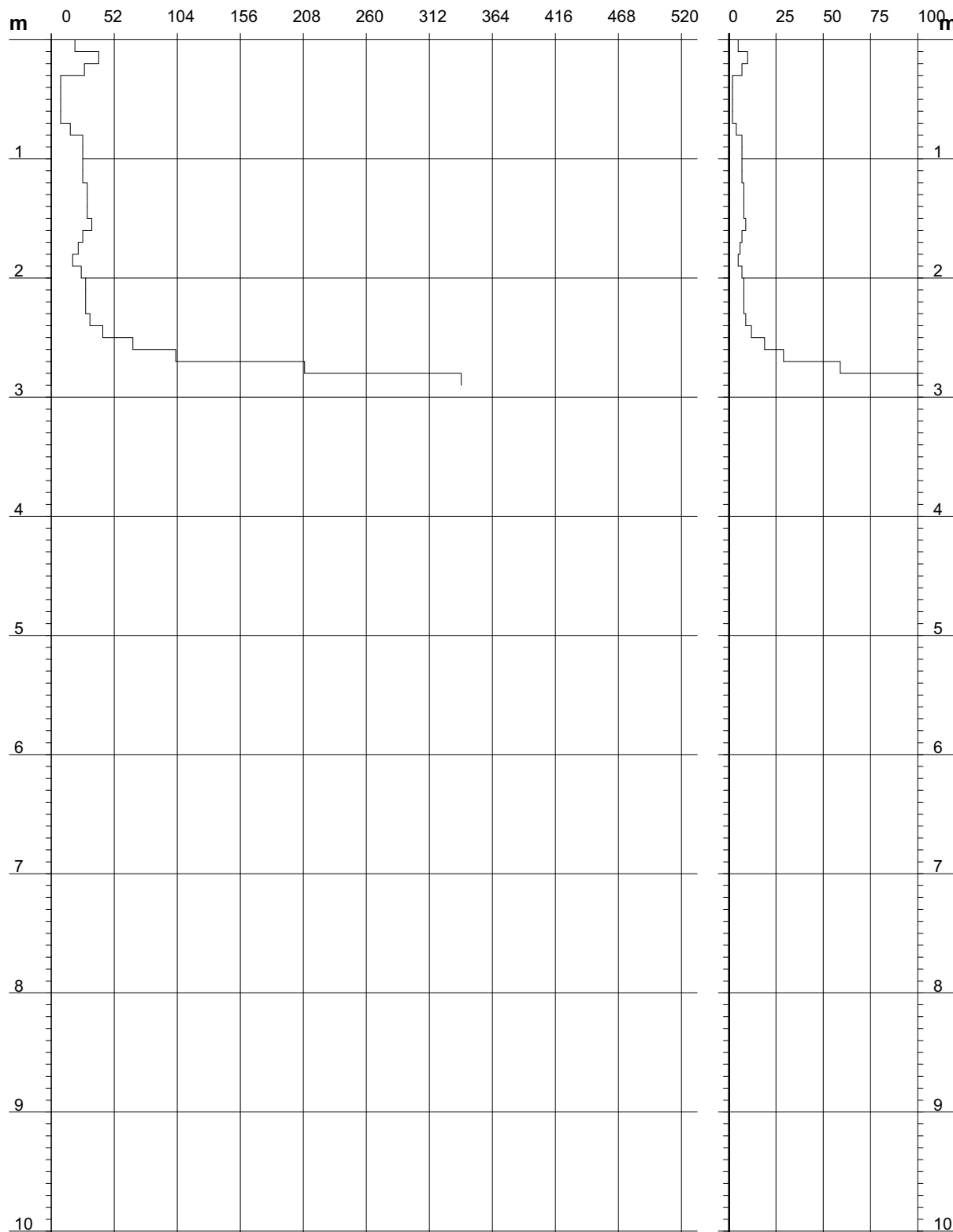
**DIN 1**  
Scala 1: 50

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"**

**N = N(10) n° colpi  $\delta = 10$**





## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

**DIN 2**

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)  
- note :

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	3	11,7	----	1	1,30 - 1,40	22	81,8	----	2
0,10 - 0,20	3	11,7	----	1	1,40 - 1,50	21	78,1	----	2
0,20 - 0,30	2	7,8	----	1	1,50 - 1,60	19	70,7	----	2
0,30 - 0,40	2	7,8	----	1	1,60 - 1,70	10	37,2	----	2
0,40 - 0,50	2	7,8	----	1	1,70 - 1,80	12	44,6	----	2
0,50 - 0,60	2	7,8	----	1	1,80 - 1,90	11	39,0	----	3
0,60 - 0,70	2	7,8	----	1	1,90 - 2,00	9	31,9	----	3
0,70 - 0,80	2	7,8	----	1	2,00 - 2,10	8	28,3	----	3
0,80 - 0,90	8	29,8	----	2	2,10 - 2,20	12	42,5	----	3
0,90 - 1,00	4	14,9	----	2	2,20 - 2,30	51	180,7	----	3
1,00 - 1,10	7	26,0	----	2	2,30 - 2,40	68	240,9	----	3
1,10 - 1,20	6	22,3	----	2	2,40 - 2,50	79	279,9	----	3
1,20 - 1,30	7	26,0	----	2	2,50 - 2,60	100	354,3	----	3

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (90°)**

- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

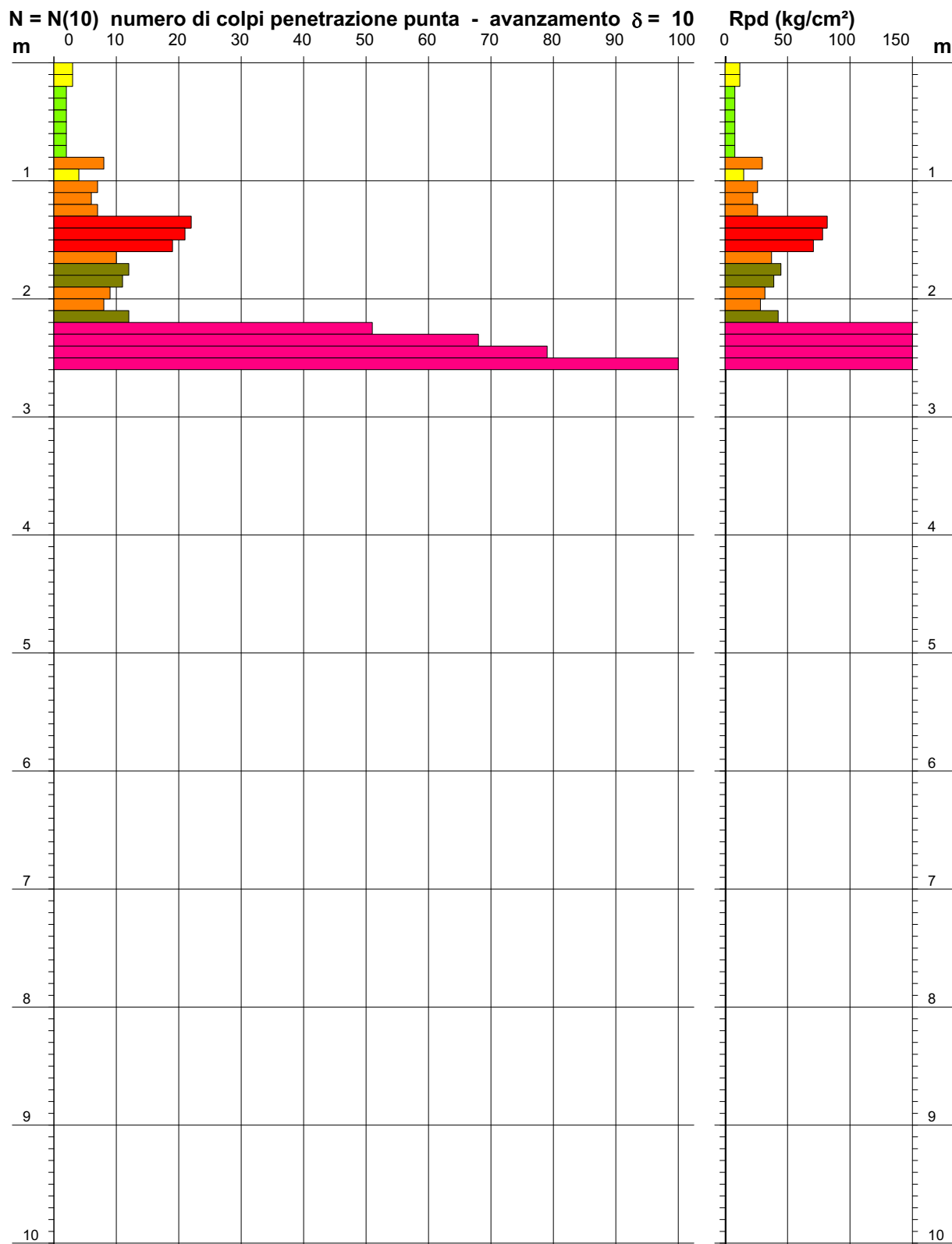
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)  
- note :

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

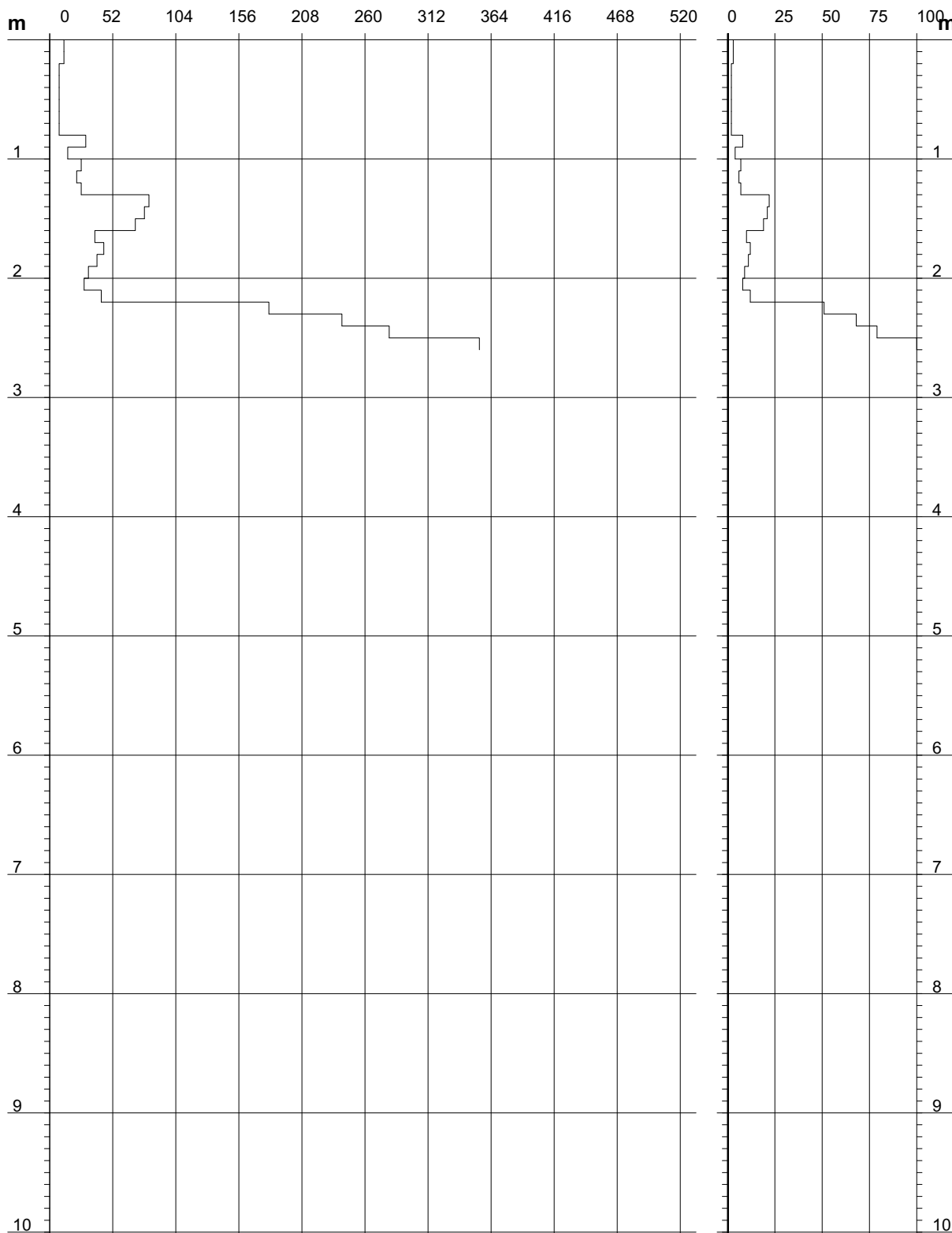
**DIN 2**  
Scala 1: 50

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

**Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"**

**N = N(10) n° colpi  $\delta = 10$**



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

**DIN 3**

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)  
- note :

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	4	15,7	----	1	1,40 - 1,50	6	22,3	----	2
0,10 - 0,20	4	15,7	----	1	1,50 - 1,60	7	26,0	----	2
0,20 - 0,30	4	15,7	----	1	1,60 - 1,70	6	22,3	----	2
0,30 - 0,40	4	15,7	----	1	1,70 - 1,80	4	14,9	----	2
0,40 - 0,50	5	19,6	----	1	1,80 - 1,90	7	24,8	----	3
0,50 - 0,60	5	19,6	----	1	1,90 - 2,00	10	35,4	----	3
0,60 - 0,70	17	66,5	----	1	2,00 - 2,10	12	42,5	----	3
0,70 - 0,80	19	74,3	----	1	2,10 - 2,20	19	67,3	----	3
0,80 - 0,90	5	18,6	----	2	2,20 - 2,30	35	124,0	----	3
0,90 - 1,00	5	18,6	----	2	2,30 - 2,40	51	180,7	----	3
1,00 - 1,10	7	26,0	----	2	2,40 - 2,50	66	233,9	----	3
1,10 - 1,20	2	7,4	----	2	2,50 - 2,60	88	311,8	----	3
1,20 - 1,30	7	26,0	----	2	2,60 - 2,70	100	354,3	----	3
1,30 - 1,40	16	59,5	----	2					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (90°)**

- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

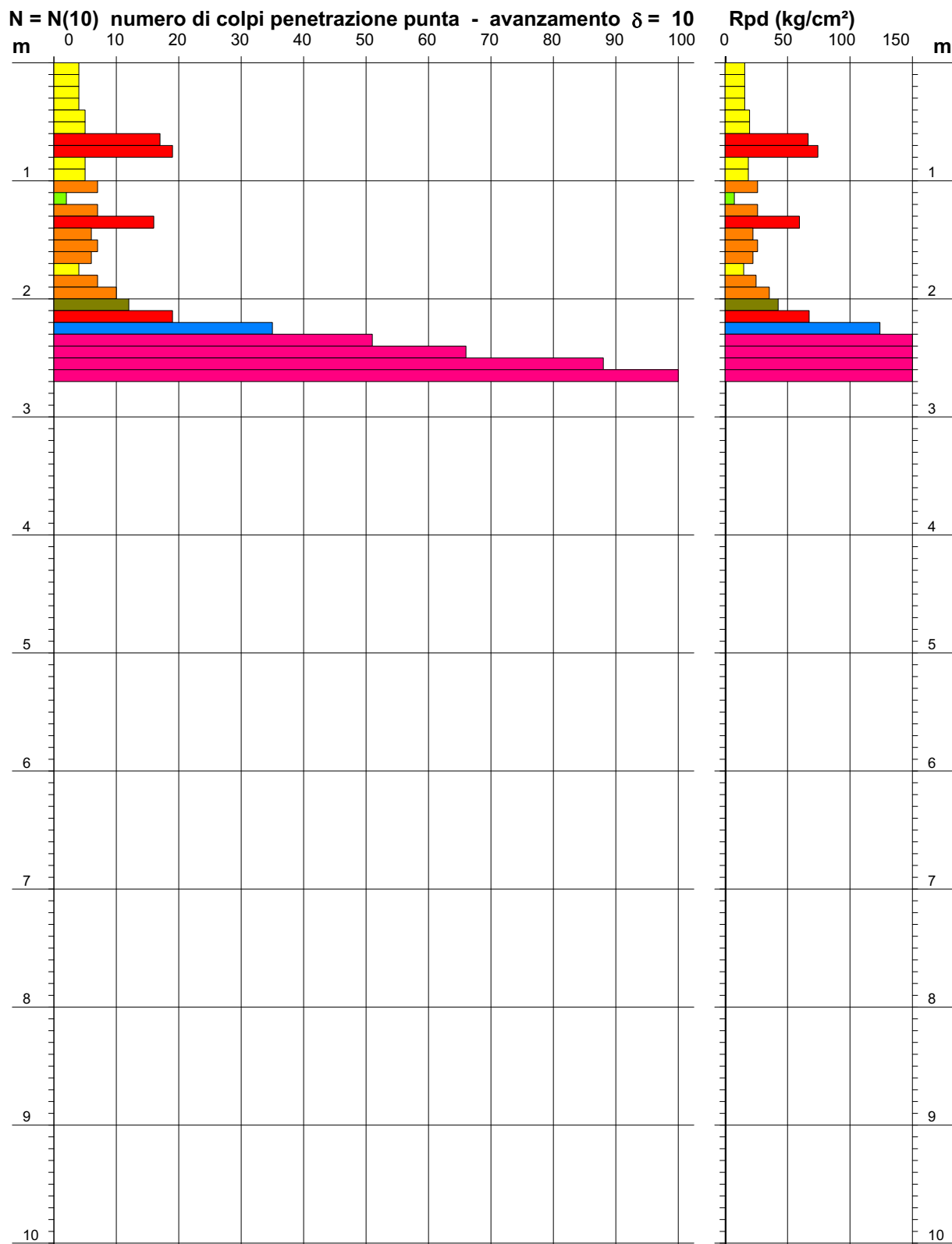
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 3

Scala 1: 50

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)  
- note :

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

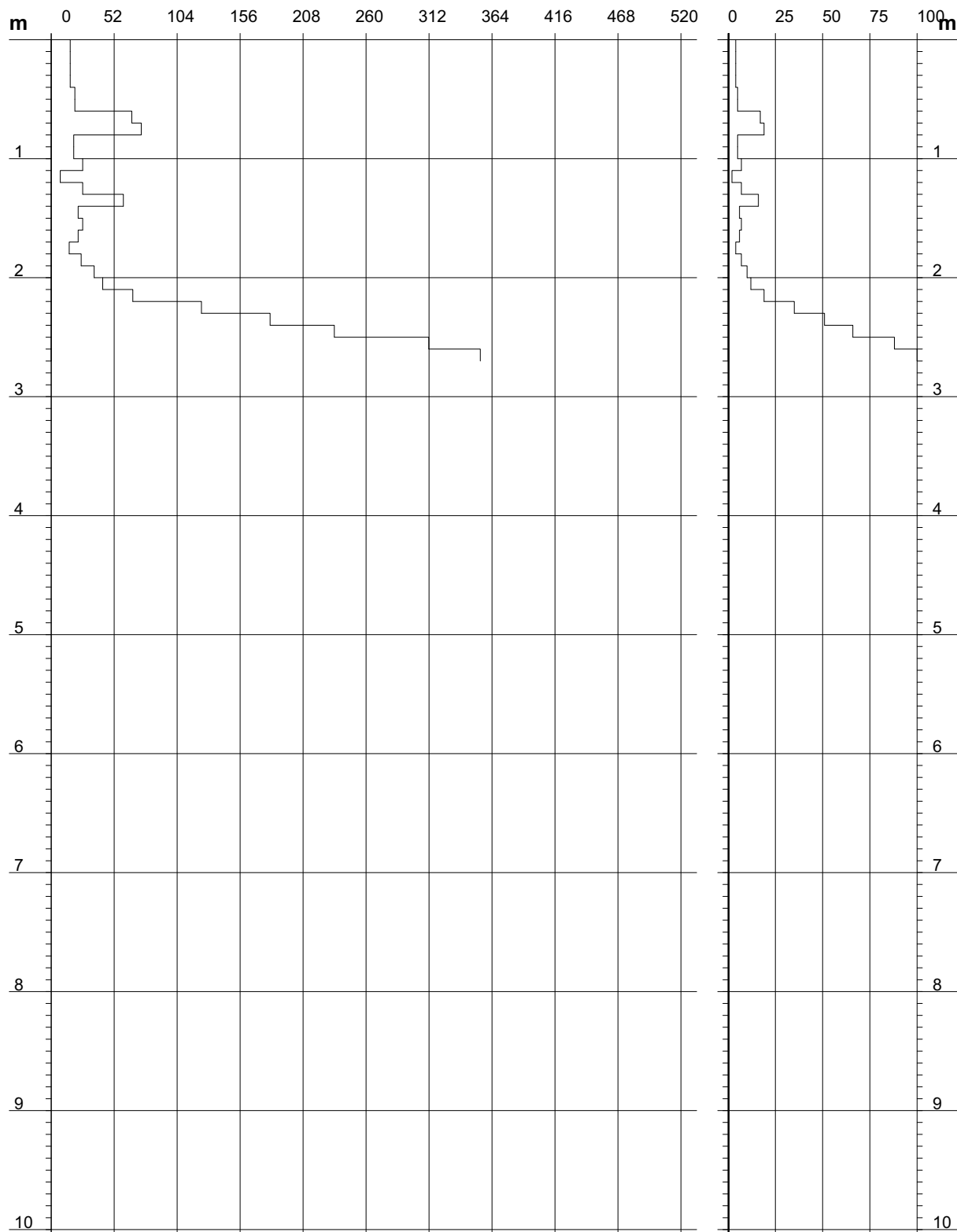
**DIN 3**  
Scala 1: 50

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

**Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"**

**N = N(10) n° colpi  $\delta = 10$**



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 4

- committente : PARCO MARTURANUM  
 - lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
 - località : BARBARANO ROMANO (VT)  
 - note :

- data : 08/02/2010  
 - quota inizio : Piano campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	7	27,4	----	1	1,70 - 1,80	6	22,3	----	2
0,10 - 0,20	14	54,8	----	1	1,80 - 1,90	5	17,7	----	3
0,20 - 0,30	12	47,0	----	1	1,90 - 2,00	8	28,3	----	3
0,30 - 0,40	8	31,3	----	1	2,00 - 2,10	10	35,4	----	3
0,40 - 0,50	10	39,1	----	1	2,10 - 2,20	13	46,1	----	3
0,50 - 0,60	10	39,1	----	1	2,20 - 2,30	18	63,8	----	3
0,60 - 0,70	8	31,3	----	1	2,30 - 2,40	15	53,1	----	3
0,70 - 0,80	12	47,0	----	1	2,40 - 2,50	17	60,2	----	3
0,80 - 0,90	14	52,1	----	2	2,50 - 2,60	17	60,2	----	3
0,90 - 1,00	6	22,3	----	2	2,60 - 2,70	22	78,0	----	3
1,00 - 1,10	6	22,3	----	2	2,70 - 2,80	21	74,4	----	3
1,10 - 1,20	3	11,2	----	2	2,80 - 2,90	30	101,5	----	4
1,20 - 1,30	4	14,9	----	2	2,90 - 3,00	48	162,4	----	4
1,30 - 1,40	5	18,6	----	2	3,00 - 3,10	67	226,7	----	4
1,40 - 1,50	8	29,8	----	2	3,10 - 3,20	91	307,9	----	4
1,50 - 1,60	14	52,1	----	2	3,20 - 3,30	100	338,3	----	4
1,60 - 1,70	6	22,3	----	2					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (90°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**



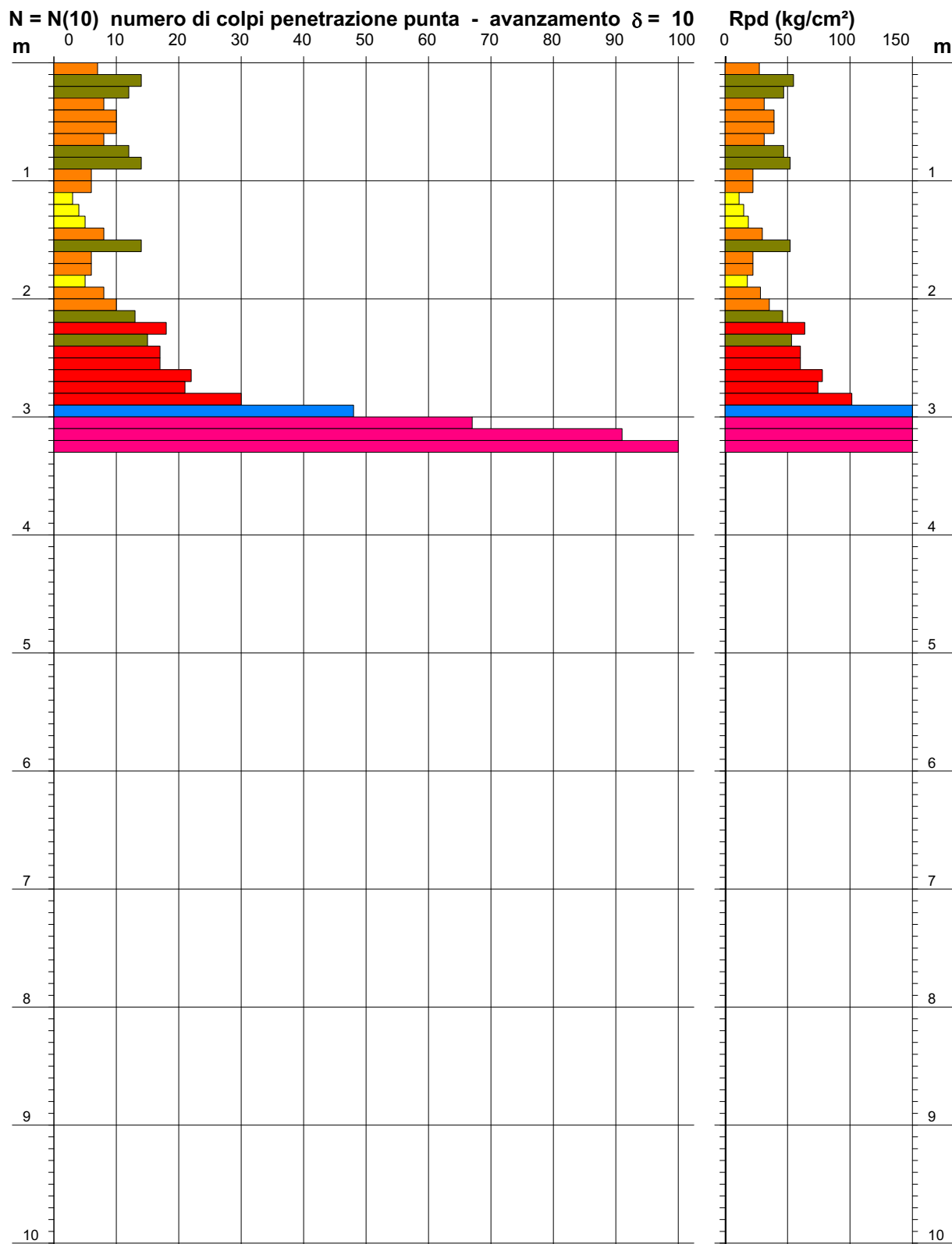
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 4

Scala 1: 50

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)  
- note :

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

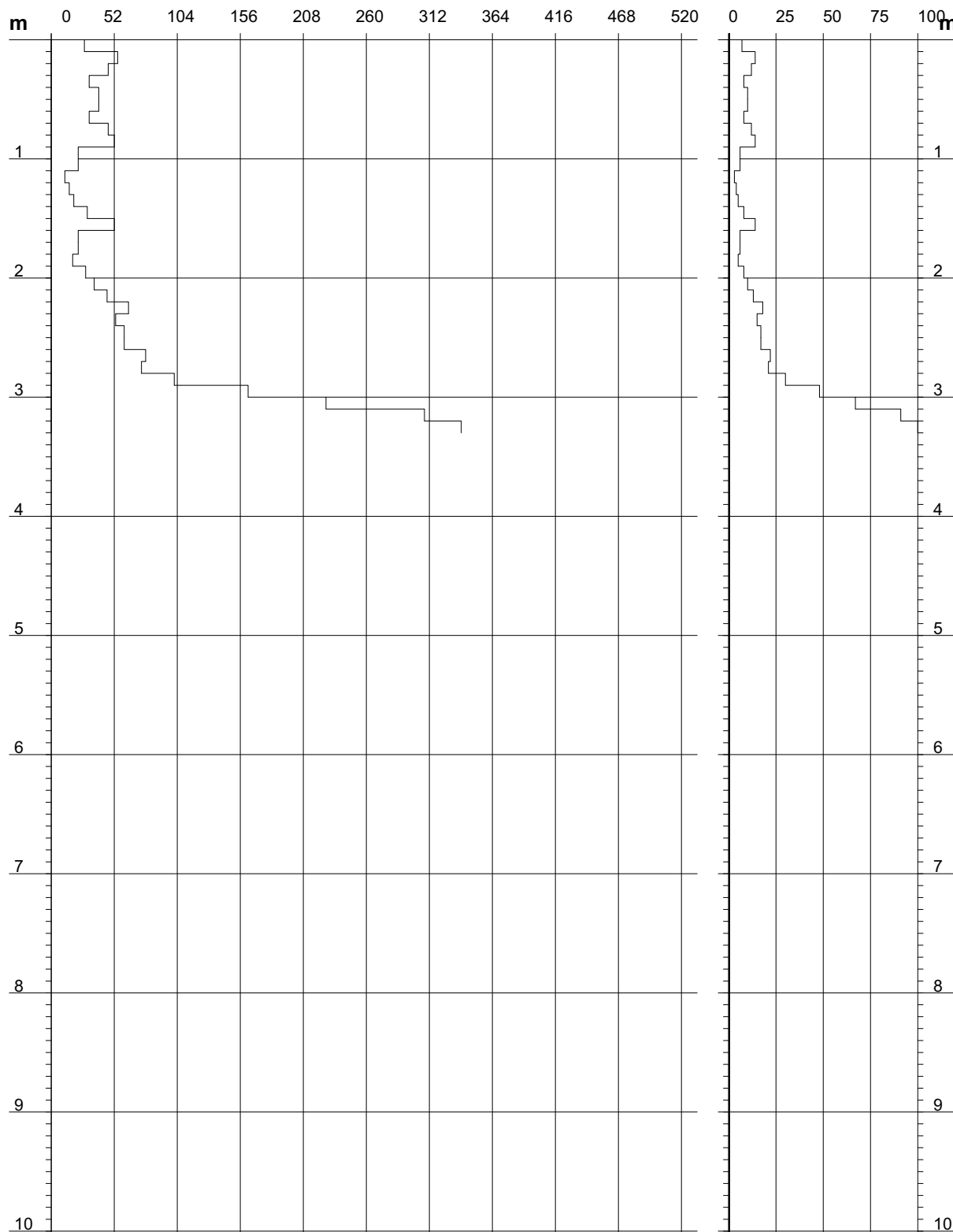
**DIN 4**  
Scala 1: 50

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

**Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"**

**N = N(10) n° colpi  $\delta = 10$**



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 5

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)  
- note :

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	7	27,4	----	1	1,60 - 1,70	6	22,3	----	2
0,10 - 0,20	12	47,0	----	1	1,70 - 1,80	6	22,3	----	2
0,20 - 0,30	10	39,1	----	1	1,80 - 1,90	7	24,8	----	3
0,30 - 0,40	5	19,6	----	1	1,90 - 2,00	6	21,3	----	3
0,40 - 0,50	4	15,7	----	1	2,00 - 2,10	7	24,8	----	3
0,50 - 0,60	4	15,7	----	1	2,10 - 2,20	12	42,5	----	3
0,60 - 0,70	4	15,7	----	1	2,20 - 2,30	19	67,3	----	3
0,70 - 0,80	5	19,6	----	1	2,30 - 2,40	20	70,9	----	3
0,80 - 0,90	6	22,3	----	2	2,40 - 2,50	18	63,8	----	3
0,90 - 1,00	4	14,9	----	2	2,50 - 2,60	18	63,8	----	3
1,00 - 1,10	3	11,2	----	2	2,60 - 2,70	23	81,5	----	3
1,10 - 1,20	3	11,2	----	2	2,70 - 2,80	31	109,8	----	3
1,20 - 1,30	2	7,4	----	2	2,80 - 2,90	53	179,3	----	4
1,30 - 1,40	2	7,4	----	2	2,90 - 3,00	76	257,1	----	4
1,40 - 1,50	4	14,9	----	2	3,00 - 3,10	94	318,0	----	4
1,50 - 1,60	4	14,9	----	2	3,10 - 3,20	100	338,3	----	4

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (90°)**

- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

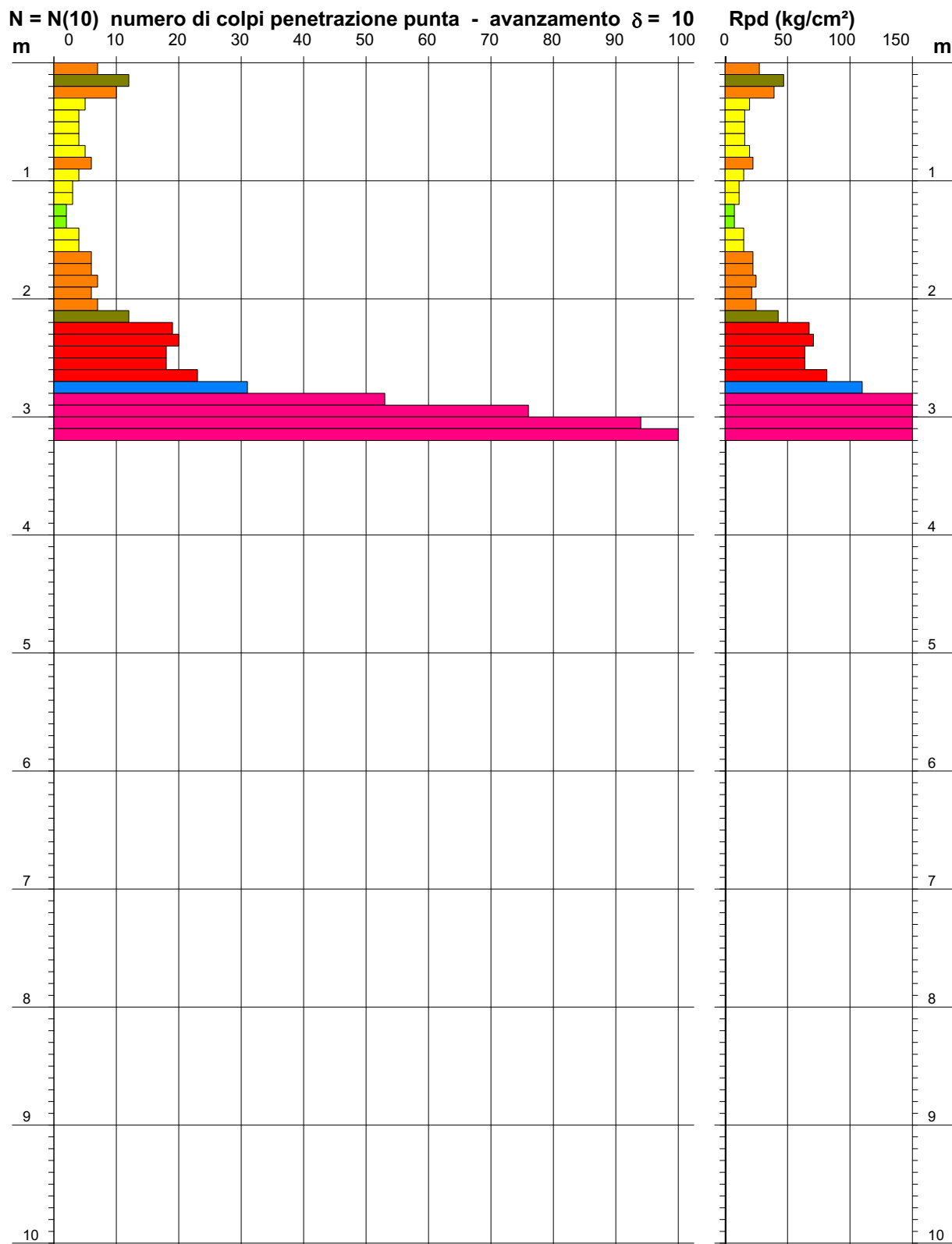
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 5

Scala 1: 50

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)  
- note :

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

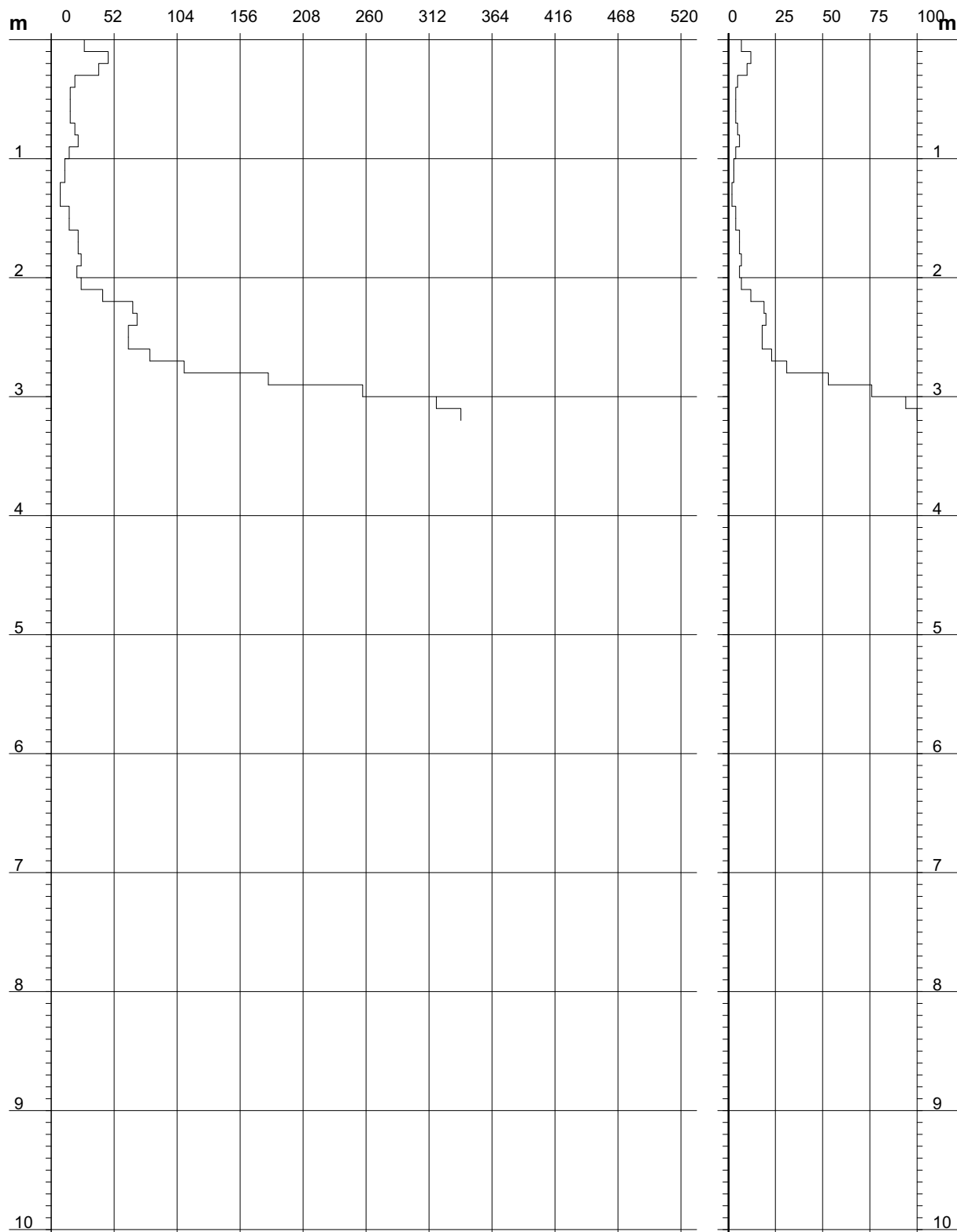
**DIN 5**  
Scala 1: 50

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"**

**N = N(10) n° colpi  $\delta = 10$**



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 6

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)  
- note :

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	8	31,3	----	1	1,40 - 1,50	6	22,3	----	2
0,10 - 0,20	24	93,9	----	1	1,50 - 1,60	8	29,8	----	2
0,20 - 0,30	24	93,9	----	1	1,60 - 1,70	7	26,0	----	2
0,30 - 0,40	10	39,1	----	1	1,70 - 1,80	12	44,6	----	2
0,40 - 0,50	14	54,8	----	1	1,80 - 1,90	21	74,4	----	3
0,50 - 0,60	15	58,7	----	1	1,90 - 2,00	40	141,7	----	3
0,60 - 0,70	6	23,5	----	1	2,00 - 2,10	49	173,6	----	3
0,70 - 0,80	4	15,7	----	1	2,10 - 2,20	59	209,1	----	3
0,80 - 0,90	5	18,6	----	2	2,20 - 2,30	61	216,1	----	3
0,90 - 1,00	8	29,8	----	2	2,30 - 2,40	71	251,6	----	3
1,00 - 1,10	5	18,6	----	2	2,40 - 2,50	87	308,3	----	3
1,10 - 1,20	5	18,6	----	2	2,50 - 2,60	95	336,6	----	3
1,20 - 1,30	5	18,6	----	2	2,60 - 2,70	100	354,3	----	3
1,30 - 1,40	5	18,6	----	2					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (90°)**

- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

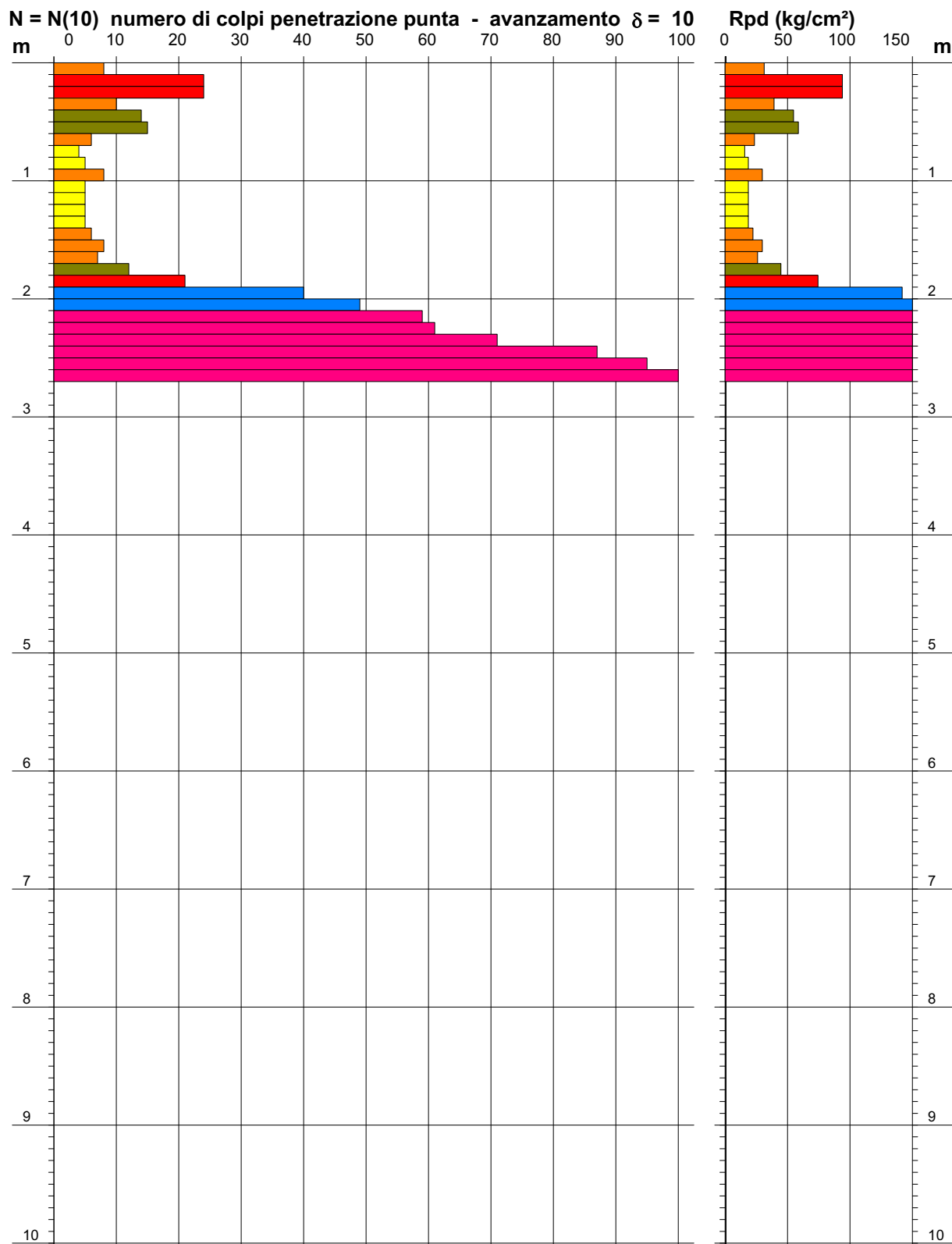
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 6

Scala 1: 50

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)  
- note :

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

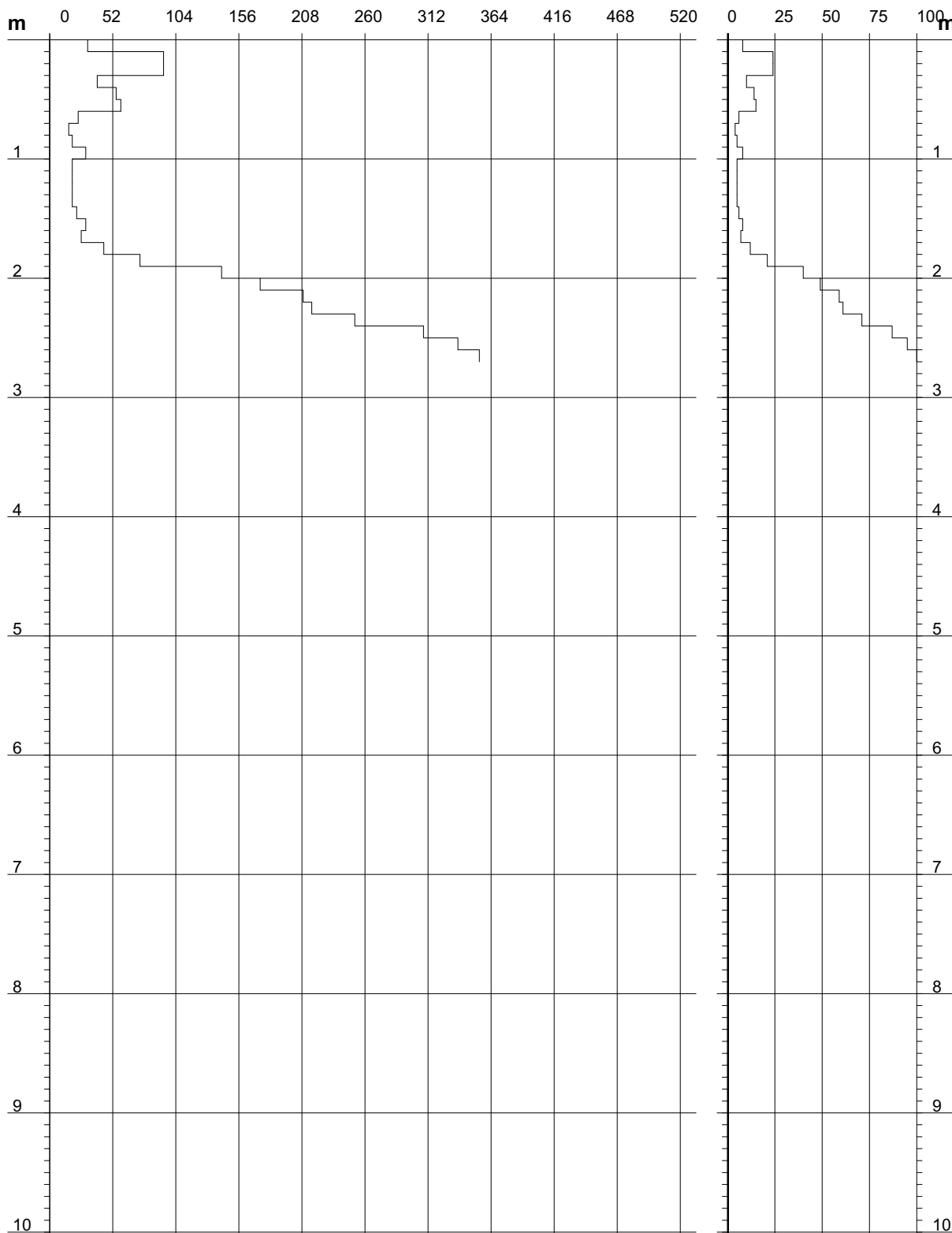
**DIN 6**  
Scala 1: 50

- committente : PARCO MARTURANUM  
- lavoro : Recupero Chiesa S. Giuliano  
- località : BARBARANO ROMANO (VT)

- data : 08/02/2010  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata

**Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"**

**N = N(10) n° colpi  $\delta = 10$**





# DOCUMENTAZIONE

## FOTOGRAFICA



Foto n. 1 – Prova penetrometrica dinamica leggera P1



Foto n. 2 – Prova penetrometrica dinamica leggera P2





Foto n. 3 – Prova penetrometrica dinamica leggera P3



Foto n. 4 – Prova penetrometrica dinamica leggera P4





Foto n. 5 – Prova penetrometrica dinamica leggera P5



Foto n. 6 – Prova penetrometrica dinamica leggera P6





Foto n.7 – Ubicazione della prospezione sismica



Foto n.8 – Ulteriore visuale della prospezione sismica





Foto n.9 – Ubicazione del tromino