



REGIONE LAZIO

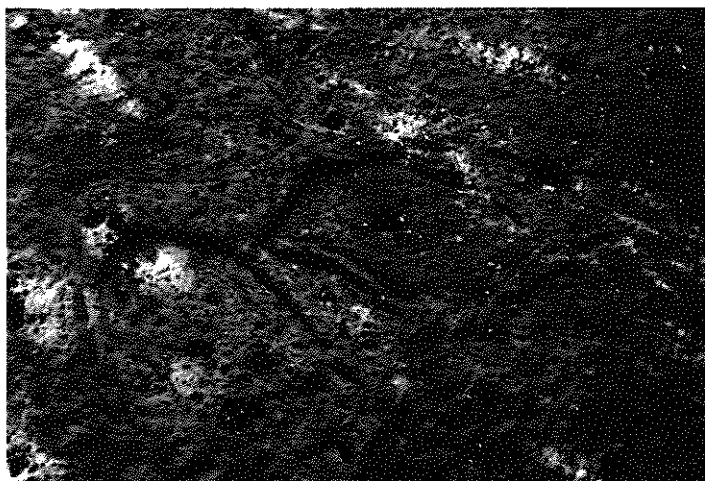
Dipartimento Territorio
Direzione Regionale Ambiente e
Cooperazione tra i Popoli

**SISTEMA REGIONALE DELLE
AREE NATURALI PROTETTE**



PARCO REGIONALE MARTURANUM

PROGRAMMAZIONE REGIONALE 2007-2013
PER IL SISTEMA REGIONALE DELLE AREE NATURALI PROTETTE



RETE SENTIERISTICA PER L'ACCESSIBILITA'

PROGETTO ESECUTIVO

Progettista: arch. Laura Pacini

ALLEGATO A Studio di compatibilità geomorfologica e relazione geologica riferiti alla
Cava delle Quercete ed integrazioni di carattere geotecnico, geologico e sismico ai
sensi del Regolamento 07/02/2012 adottato con DGR Lazio 13 gennaio 2012 n° 10 –
Dott.ssa Laura Amicucci



COMUNE DI BARBARANO ROMANO

PROVINCIA DI VITERBO



Lavoro:

RESTAURO CONSERVATIVO DELLA «CAVA DELLE QUERCETE» -
PROGETTO ESECUTIVO

Oggetto:

RELAZIONE GEOLOGICA

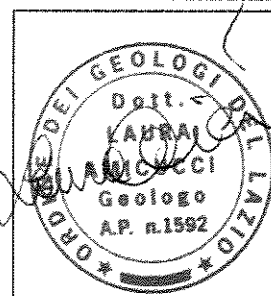
Committente: PARCO NATURALE REGIONALE MARTURANUM

Data: 21 Aprile 2012

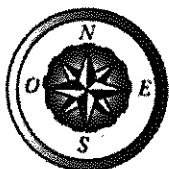
Archivio: 125/11



Dott.ssa LAURA AMICUCCI
GEOLOGO



Loc. Gricciano, snc- 01034 FABRICA DI ROMA (VT) - Tel./Fax 0761.569323 - Cell. 347.6477370
e-mail: amicucci_laura@yahoo.it - C.F. MCC LRA 78D56C 765E - P.IVA 01849330566



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio – A.P. 1592

COMUNE di BARBARANO ROMANO

INDICE

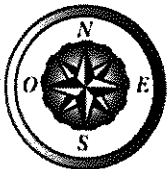
1. PREMESSA.....	2
1.1 Ubicazione, morfologia ed assetto idrografico dell'area	3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	5
2.1 Inquadramento geologico	5
2.2 Inquadramento idrogeologico	6
2.3 Attività di rilevamento ed indagine	7
3. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA	15
3.1 Indagini geognostiche.....	15
3.2 Indagine Geofisica: MASW.....	16
3.3 Indagine Geofisica: Microtremore	22
3.4 Modellazione Sismica	24
3.5 Modello litotecnico.....	25
3.5 Definizione degli interventi	25
4 CONCLUSIONI.....	26

ALLEGATI

Tabulati delle prove penetrometriche

Analisi dei microtremori

Documentazione fotografica



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio - A.P. 1592

1. PREMESSA

Su incarico dell'Ufficio Parco Marturanum con Determinazione del Responsabile del Servizio, Dott. Celletti, n. 83 del 21.10.2011 è stato eseguito uno studio geologico, geomorfologico, geotecnico e geofisico di dettaglio a corredo e completamento della progettazione definitiva per il restauro conservativo e consolidamento dell'antica via Etrusca denominata "Cava delle Quercete".

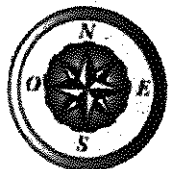
Il presente studio costituisce parte integrante del progetto per gli interventi di valorizzazione del Parco Marturanum approvati nell'ambito del Master Plan del Parco denominati "L'antico paesaggio etrusco e le vie d'acqua" dalla Regione Lazio -Dipartimento Territorio - Direzione Regionale e Ambiente 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 accessibilità alla rete sentieristica riferito ai lavori di restauro conservativo della Cava delle Quercete.

Tale elaborato è stato redatto sia ai sensi dell'art.26 del DPR 207/10 e sia ai sensi delle N.T.C. di cui al DM 14.01.2008 e successiva Circolare Min. n. 617 del 02.02.2009.

Infine, il sito è stato esaminato alla luce della nuova normativa sismica nazionale e regionale (DGR Lazio 387 del 22 maggio 2009: "Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 Aprile) per l'identificazione della zona sismica in cui il territorio comunale ricade e del valore di ag previsto e secondo i disposti del R.R. 02/2012.

Al fine di fornire ai progettisti le indicazioni di carattere geologico geotecnico e geofisico necessarie per le scelte progettuali, sono state svolte le seguenti attività:



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio - A.P. 1592

- Rilevamento geologico di dettaglio;
- analisi della cartografia ufficiale disponibile e ricerca bibliografica attinenti alle caratteristiche geologico-geotecniche delle formazioni individuate;
- Esecuzioni delle seguenti indagini:
 - N. 1 prove penetrometriche dinamiche (tipo DPSH);
 - N. 1 acquisizione del microtremore;
 - N. 1 prospezione tipo MASW per la determinazione della Vs30.

1.1 Ubicazione, morfologia ed assetto idrografico dell'area

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:

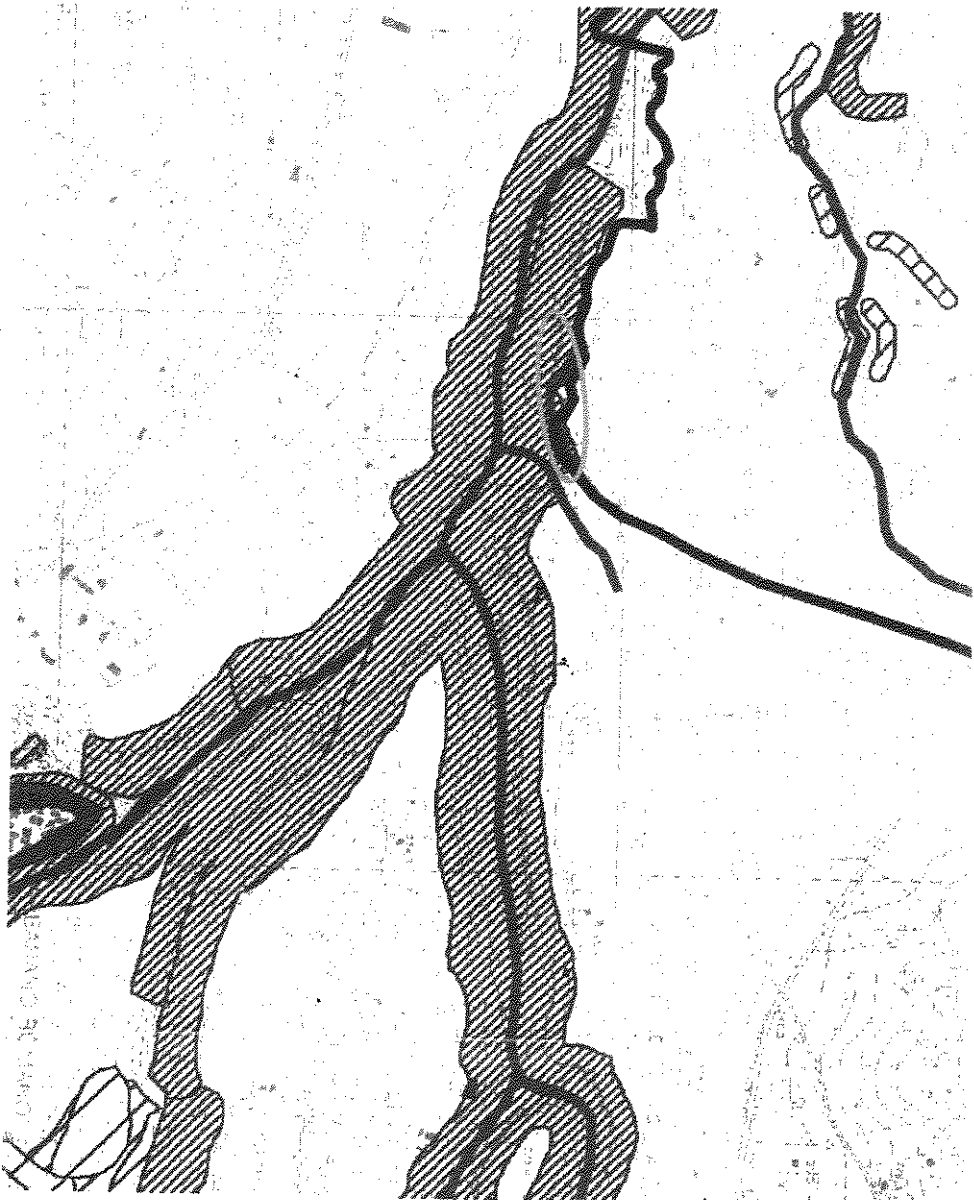
- Stralcio della Cartografia IGM, in scala 1:25.000, Tav. 143 IV NE "Vetralla";
- Stralcio della Cartografia CTR (Carta Tecnica Regione Lazio), dal quale si desume come l'intervento ricada nella sezione 355090 "Blera", in scala 1:10.000;
- localizzazione dell'intervento nell'ambito del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dal quale risulta che la Cava delle Quercete ricade in area di pericolo "A con livello di rischio classificati come elementi lineari R4."
- Planimetria di dettaglio in cui si riporta la traccia del sentiero e la documentazione fotografica allegata.

Dall'analisi delle condizioni morfo-topografiche si osserva che il sentiero oggetto di studio si sviluppa nella area nord-occidentale rispetto all'abitato di Barbarano Romano.

Trattasi di un incisione fra due costoni piroclastici subverticali presso la località Casolone che si trova in corrispondenza della confluenza del Fosso del Neme nel Fosso Biedano.

COMUNE di BARBARANO ROMANO (VT)
Loc. "Casone"
Stralcio IGM - Tav. N. 143 IV NO "Vetralla"
Scala 1:25.000





"Cava delle Querce" Area oggetto dell'intervento

AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER RISCHIO IDROGEOLOGICO

AUTORITÀ DEI BACINI REGIONALI DEL LAZIO

legge regionale 39/95 art. 11.

Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 13 luglio 2009

(R.U.R.L. n. 37 del 07 ottobre 2009)

Progetto di Piano triennale per l'Assedio Idrogeologico (P.A.I.) approvato ed adeguato in base
al voto delle risultanze della Conferenza (ex art. 11 comma 4 della L.R. 39/96) del 24 marzo 2009

Intervento 2.06 Nord






Numero cartella: 1.507/09

AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER PERICOLO D'INONDIAZIONE (art. 7 - 23 - 24 - 25 - 26)	
	Area a Pericolo A (art. 7 e 23)
	Area a Pericolo B1 (art. 7 e 24)
	Area a Pericolo B2 (art. 7 e 25)
	Area a Pericolo C (art. 7 e 26)

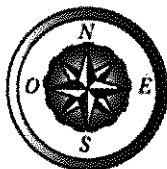
ELEMENTI A RISCHIO IN FUNZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL VALORE ESISTENTE (art. 1 comma 5)		
ELEMENTI A RISCHIO A RISCHIO	ELEMENTI LINEARI A RISCHIO	ELEMENTI PUNTUALI A RISCHIO
R4	R4	R4
R3	R3	R3
R2	R2	R2

PLANIMETRIA GENERALE ED UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

LEGENDA

-  Sentiero di accesso alla CAVA DELLE QUERCETE
-  Documentazione fotografica
-  1 Prova penetrometrica dinamica
-  Stesa sismica
-  9 Sorgente della prospezione sismica





Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio – A.P. 1592

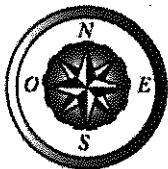
Le pareti oggetto di intervento sono ubicati completamente nel territorio comunale di Barbarano Romano.

Analizzando le riprese effettuate con il laser scanner con relative elaborati tridimensionali di planimetrie e sezioni, si osserva che lo sviluppo longitudinale è pari a circa 140-150 m con un'altezza delle pareti esposte a Nord hanno un'altezza compresa tra 10 e 19 m circa, mentre le pareti esposte a Sud hanno un'altezza ridotta infatti l'altezza è compresa fra un minimo di 2 e un massimo di 9 metri.

Gli speroni vulcanici risultano nettamente individuati, rispetto alle morfologie debolmente articolate che li circondano, dalle profonde incisioni torrentizie dei Fossi Pisciarellino, Fosso del Neme e dal Fosso Biedano.

Più in particolare il tratto in studio presenta quote assolute di circa 320 metri nella parte sommitale prospiciente l'ingresso dell'agriturismo L'Introvabile.

In relazione all'idrografia di superficie oltre alle vie d'acqua già citate che costituiscono elementi di una certa rilevanza, è da considerare l'impluvio a carattere torrentizio ubicato ad Est rispetto al sentiero oggetto di intervento.



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio - A.P. 1592

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

2.1 Inquadramento geologico

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[^] 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. "Casone"
CARTA GEOLOGICA
Stralcio CTR - Sezione n. 355090 "Blera"
Scala 1:10.000

Legenda



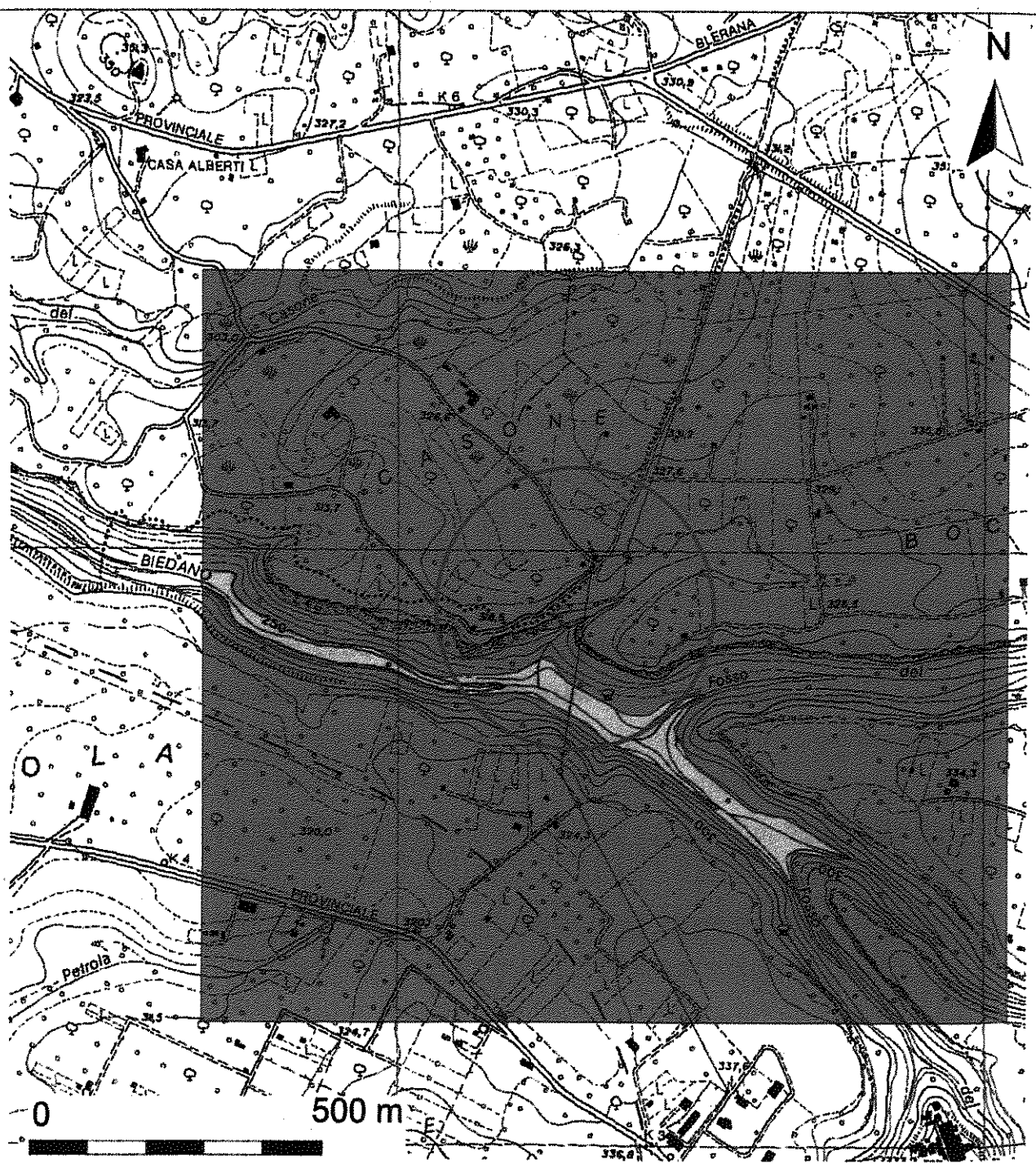
Delimitazione area in studio

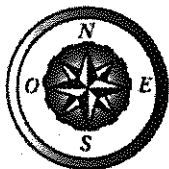


Alluvioni medio-recenti ed attuali



Tufo Rosso a Scorie Nere





2.2 Inquadramento idrogeologico

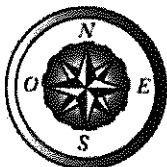
Dal punto di vista idrogeologico i terreni sopra descritti costituiscono un unico complesso idrogeologico: il *complesso delle piroclastiti*.

Il *complesso delle piroclastiti* ha nell'insieme buona permeabilità e capacità di immagazzinamento; esso infatti ospita acquiferi di fondamentale importanza nell'economia idrogeologica provinciale.

Fonti bibliografiche attribuiscono a queste piroclastiti un'infiltrazione efficace media di circa 300 mm/anno (Boni et al., 1986; Boni et al., 1988). Dall'esame di alcune carte idrogeologiche consultate (Baiocchi A. et al., 2006; Boni et. 1986; Ambrosini et al., 1984) è emerso che la zona oggetto di intervento fa parte della vasta idrostruttura del lago di Vico; la quale può essere descritta da un acquifero ad andamento centrifugo, con zona di alimentazione centrale (dal lago di Vico) e deflusso radiale non uniformemente distribuito.

Il modello di circolazione ipogea così realizzato mostra una superficie freatica, per quanto concerne la falda di base, inclinata localmente verso Ovest.

Integrando i dati dello Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale e delle carte consultate, risulta che, sulla verticale del sito in esame (320 metri circa s.l.m.), la falda basale giace ad una quota di circa 250 metri s.l.m., ovvero ad una profondità dal piano di campagna di circa 70/75 metri.



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio – A.P. 1592

2.3 Attività di rilevamento ed indagine

La sottoscritta ha eseguito numerosi sopralluoghi sul posto dapprima per la redazione delle progettazioni a livello preliminare e successivamente per la progettazione definitiva degli interventi di cui in oggetto.

Dal rilievo geologico di dettaglio condotto nel mese di aprile del 2010 è merso che dal punto di vista geologico e geologico strutturale il sentiero presenta una notevole omogeneità litologica condizionata da alcune discontinuità principali e secondarie con conseguente disarticolazione di alcuni tratti delle pareti piroclastiche.

Il 29 settembre c.a. la sottoscritta ha eseguito un nuovo sopralluogo e da quest'ultima ricognizione sono emerse alcune discontinuità anche nella parte sommitale della parete esposta a Sud del sentiero.

Il rilievo ha consentito quindi l'individuazione di altre situazioni di instabilità locale non visibili precedentemente.

In tale elaborato si riporta un prospetto schematico delle pareti piroclastiche in cui gli elementi geomorfologici sono significativi per la franosità e/o suscettibili a franare.

Il sentiero investigato, per una più agevole comprensione di quanto descritto, è stato suddiviso in cinque tratti la cui suddivisione è rappresentata nella figura n.1.



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio - A.P. 1592

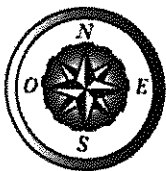
Figura n. 1



Nelle pagine seguenti si riportano i risultati eseguiti sia dal precedente rilievo e sia le integrazioni relative a nuove discontinuità emerse dopo l'intervento dei rocciatori.

1° TRATTO

Scendendo lungo il sentiero, avendo alle spalle l'agriturismo l'Introvabile, si percorre un'incisione nelle piroclastiti compatte (foto n. 1-3). Le pareti risultano nei primi 20-30 metri esenti da alcuna discontinuità.



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio – A.P. 1592

2° TRATTO

Il percorso in questo tratto è orientato mediamente N60°E. Tale percorso si distingue dal tratto precedente, in quanto in questa tratta sono presenti delle discontinuità (inizio del secondo tratto in corrispondenza della fotografia n. 4)

Le discontinuità risultano circa parallele alla orientazione del sentiero, subverticali e aperte.

Nella figura 2 si riportano gli elementi morfologici che si dovranno tenere in considerazione in quanto suscettibili a crolli.

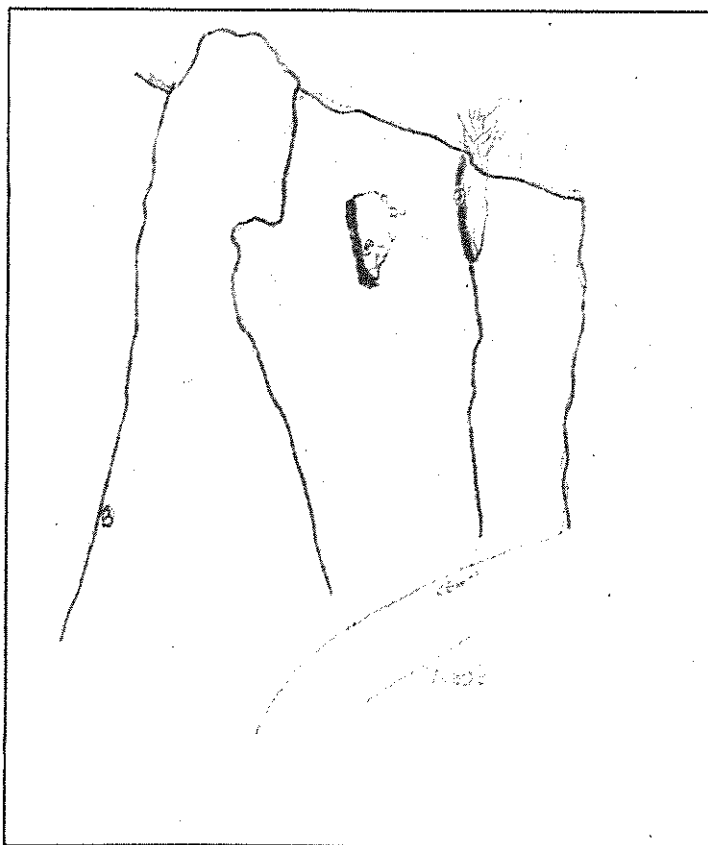
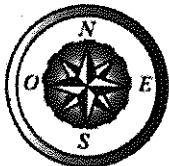


Figura n. 2. Parete esposta a Nord.



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio – A.P. 1592

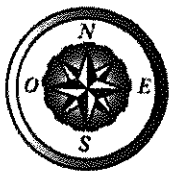
Oltre alla direzione $N60^{\circ}E$, si ha inoltre, un ulteriore sistema di fratture ($N10^{\circ}W$) che intersecano le precedenti, isolando blocchi di circa $15-20\text{ m}^3$.

Tali elementi sono molto evidenti per la parete esposta a Nord in quanto risulta molto più lesionata rispetto a quella esposta a Sud.

Le fratture persistenti che tagliano tutta la parete sono parzialmente sigillate da materiali alterati e che meccanicamente sono considerabili come terre (fotografia n. 11).

Le discontinuità invece che isolano blocchi di dimensioni inferiori ai 5 m^3 risultano soventemente aperte e solo parzialmente riempite. Le dimensioni di queste fratture oscillano dai 0.5 ai 7 cm. Le radici e la presenza di arbusti tendono ad aggravare la situazione di instabilità.

A circa un terzo di questo tratto è molto ben evidente una frattura persistente su entrambi i lati dell'incisione investigata: la parete esposta a Nord ha una zona di discontinuità di circa 2.5 m mentre nel lato opposto questa discontinuità si riduce drasticamente misurando circa 0.5 m.



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio - A.P. 1592

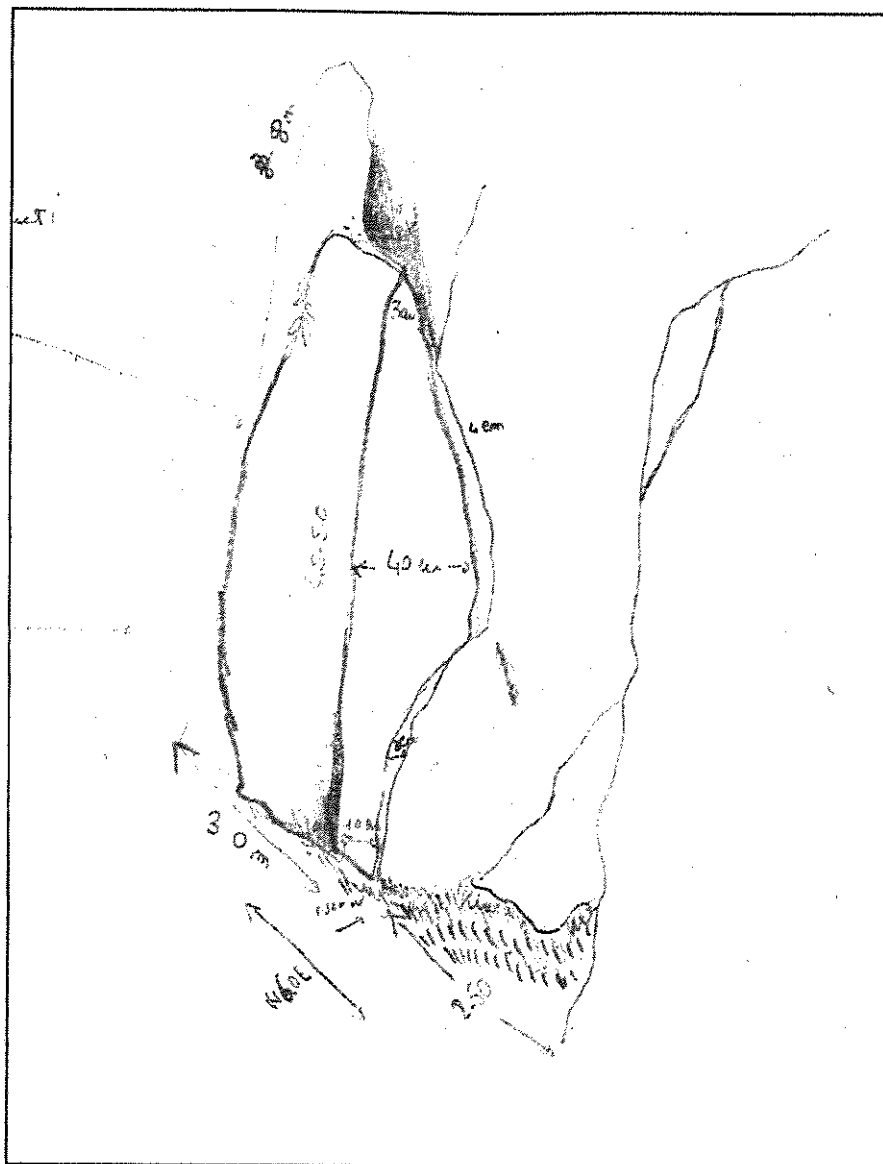


Figura n. 3. Parete esposta a Nord

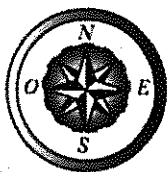
All'interno dei blocchi tufacei così individuati sono presenti locali escoriazioni ben visibili nelle fotografie 5 e 7, e blocchi piroclastici più voluminosi documentati nelle fotografie 9, 10, 12 e riportati schematicamente nelle figure 2 e 3.

Infine al passaggio fra questo tratto ed il terzo, si osservano altre discontinuità (figura n. 4 e fotografie n. 13 e 14). Sul lato opposto sono

[illegible]

3° TRATTO

Le acque attualmente non risultano soggette a nessun tipo di regimentazione e scaricano direttamente nel sentiero defluendo da un unico foro presente nel muro.



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio – A.P. 1592

4° TRATTO

Il percorso in questo tratto è orientato mediamente N30°E. In questa tratta sono presenti delle discontinuità circa parallele alla orientazione del sentiero, subverticali e aperte.

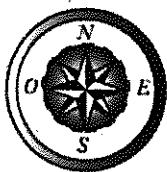
Nelle fotografie 21-24 si riportano gli elementi morfologici che si dovranno tenere in considerazione in quanto suscettibili a crolli.

Nelle foto 23 e 24 si riporta da due angolazioni diverse il tratto di parete, esposta a Sud, da tenere sotto un attento monitoraggio per verificare l'evolversi delle discontinuità attualmente presenti.

5° TRATTO

Il tratto finale del percorso investigato (fotografie 25-30) è caratterizzato dall'affioramento del Tufo Rosso a Scorie Nere ed interessato da diverse discontinuità: N70°W parallela al sentiero, N10°W che intersecando la discontinuità precedente delimita blocchi dalle dimensioni di circa 5 m³.

Nella figura n. 5 si riporta uno schizzo di massima della situazione geomorfologica rilevata in cui sono riportate le dimensioni di massima dei blocchi investigati.



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio - A.P. 1592

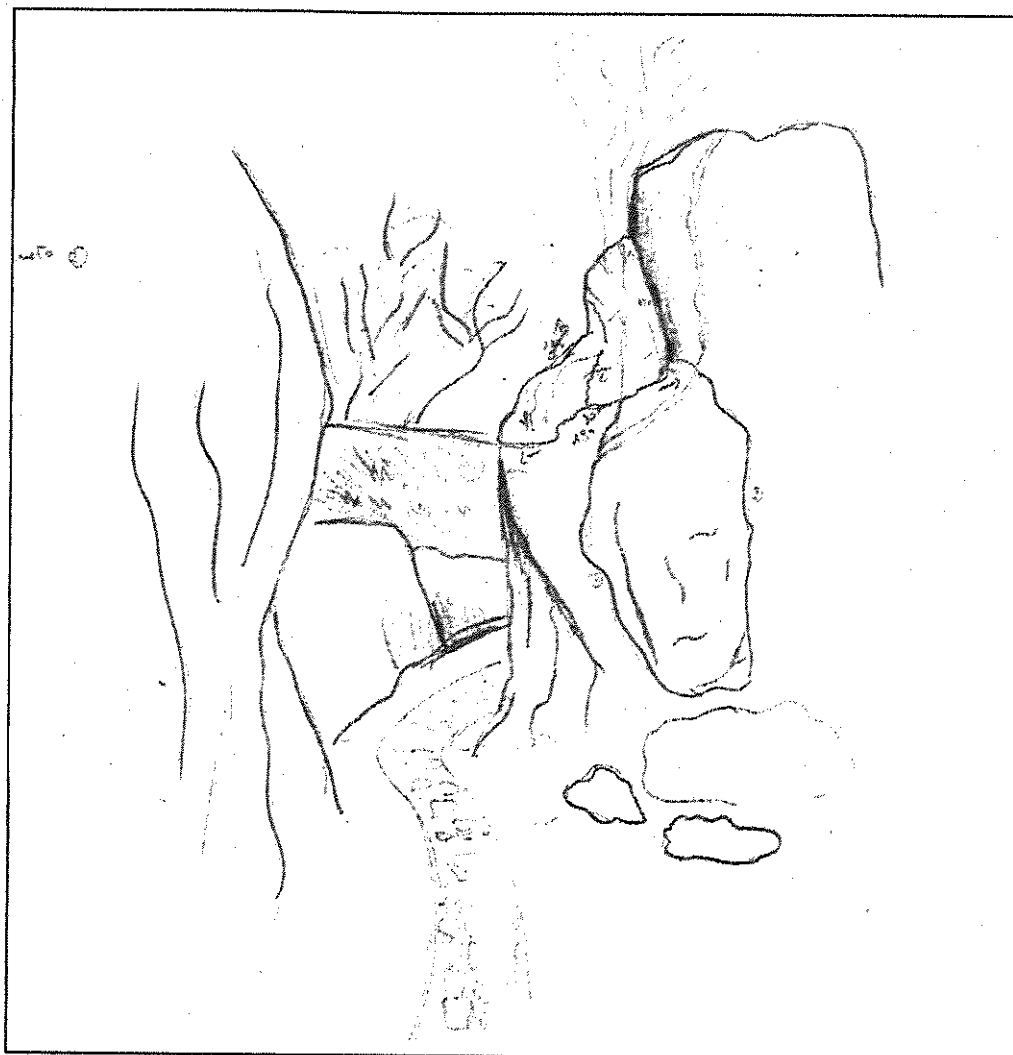
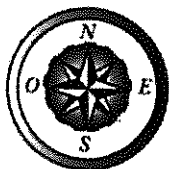


Figura n. 5 - Dettaglio nelle fotografie n. 28 e 29.



3. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

3.1 Indagini geognostiche

Al fine di valutare i parametri geomeccanici lungo la verticale, è stato condotto, secondo l'ubicazione riportata nell'acclusa planimetria dell'area, un sondaggio penetrometrico (rif. *Documentazione fotografica*, foto n.30).

E' stato utilizzato il penetrometro dinamico cingolato Modello Pagani TG-63-200 utilizzato, ISM.C, secondo la classificazione ISSMFE del 1988 appartiene al tipo Superpesante (DPSH), ovvero con massa battente di massa $M > 60$ kg.

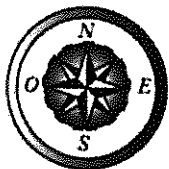
Il modello consente l'infissione di aste di acciaio di diametro $\varnothing = 3,60$ cm, lunghezza 100 cm e peso 6.31 Kg cadauna; il maglio di battuta, del peso di 63,50 Kg, prevede un'altezza di caduta fissa di 75 cm; al termine dell'ultima asta è montata una punta conica, avente area $A = 20,43$ cmq ed angolo di apertura $\beta = 90^\circ$.

Tale penetrometro sviluppa un'energia specifica per colpo $Q = 11,66$ kg/cm² (per riferimento, una prova SPT sviluppa una $QSPT = 7.83$ kg/cm²); il coefficiente teorico di energia $\beta_t = Q / QSPT = 1.52$ (in teoria quindi $NSPT = \beta_t \times N$).

3.1.1 Esposizione ed interpretazione dei dati risultanti

I dati dell'indagine penetrometrica congiunta con il rilievo geologico locale hanno permesso di ottenere un quadro significativo e rappresentativo dell'area in oggetto.

La prova P1 è stata spinta, a partire dall'attuale piano campagna fino alla profondità di 3,4 m quota alla quale, viste le ottime caratteristiche del terreno investigato, l'omogeneità litologica affiorante per oltre 20 metri e la modestia dei carichi da progettare il sondaggio è stato interrotto.



Dall'indagine risulta che vengono intercettate delle unità con un alto grado di addensamento.

Per maggiori dettagli si allegano i relativi tabulati.

3.2 Indagine Geofisica: MASW

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.

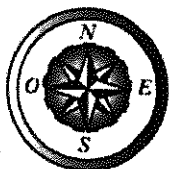
Ogni singolo geofono è collegato mediante un cavo bipolare che trasmette il segnale al sismografo, il segnale sismico viene così registrato, opportunamente amplificato, visualizzato sullo strumento e memorizzato per le successive elaborazioni ed interpretazioni.

Questa tipologia di prospezione è stata realizzata con uno stendimento sismico da 24 geofoni allineati a distanza intergeofonica di 1,0 ml che hanno registrato le onde sismiche generate in corrispondenza di due punti di energizzazione dislocati ad una distanza (offset) di 6 e 7 metri dal primo geofono all'esterno dello stendimento ed in allineamento con i geofoni (vedi "Documentazione fotografica", foto n. 31-34).

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 pari a 0.125 ms, 0.500 ms e 2 ms ed una durata di acquisizione di 2048 ms.

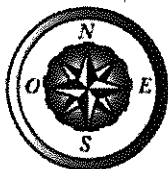


Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio – A.P. 1592

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 μ 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*.



3.1.2 Elaborazione dei dati

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 campionamento pari a 2.0 ms e offset pari a 6 metri di distanza dal primo geofono.

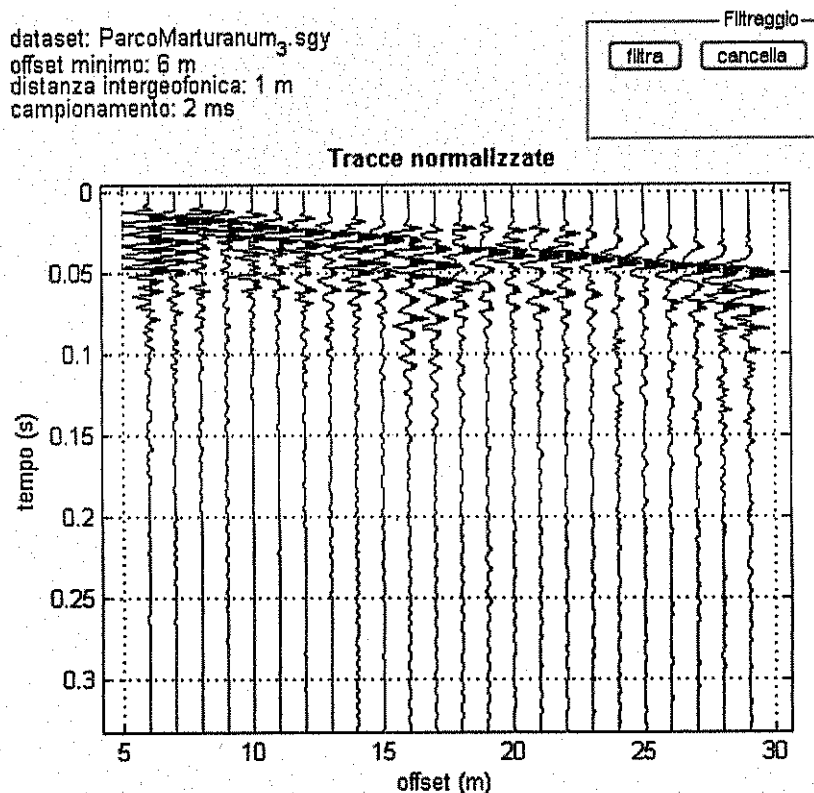
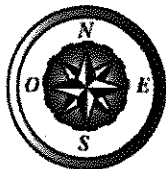


Figura n. 6. Sismogramma della MASW.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione (vedi fig. 7).



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio – A.P. 1592

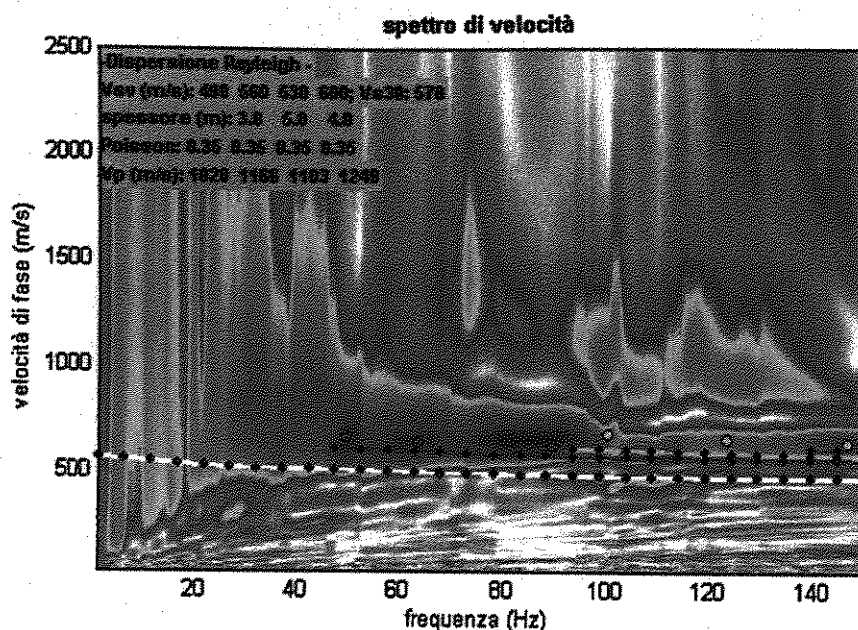


Figura n. 7. Spettro di velocità della MASW.

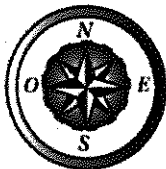
Nelle figure successive si riportano i modelli sismostratigrafici calcolati evidenziando il modello "medio" e "migliore" con colori differenti.

3.1.3 Risultati della MASW

Dallo spettro di velocità (figura 7) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s)-frequenza (Hz) in un intervallo di compreso tra 11 Hz e 150 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 550 m/s e 625 m/s (Fig.7).

Per tale indagine si è proceduto sia con la modellazione diretta e sia con l'inversione della curva piccata. I risultati esposti sono il frutto di una ricerca del modello migliore e coerente tra la distribuzione di energia nello spettro di velocità (dato sperimentale) e la curva di dispersione teorica del



Laura Amicucci
GEOLOGO
 Ordine dei Geologi del Lazio – A.P. 1592

modello ipotizzato sulla base delle conoscenze geologico-geotecniche acquisite durante questo studio (fig. 8).

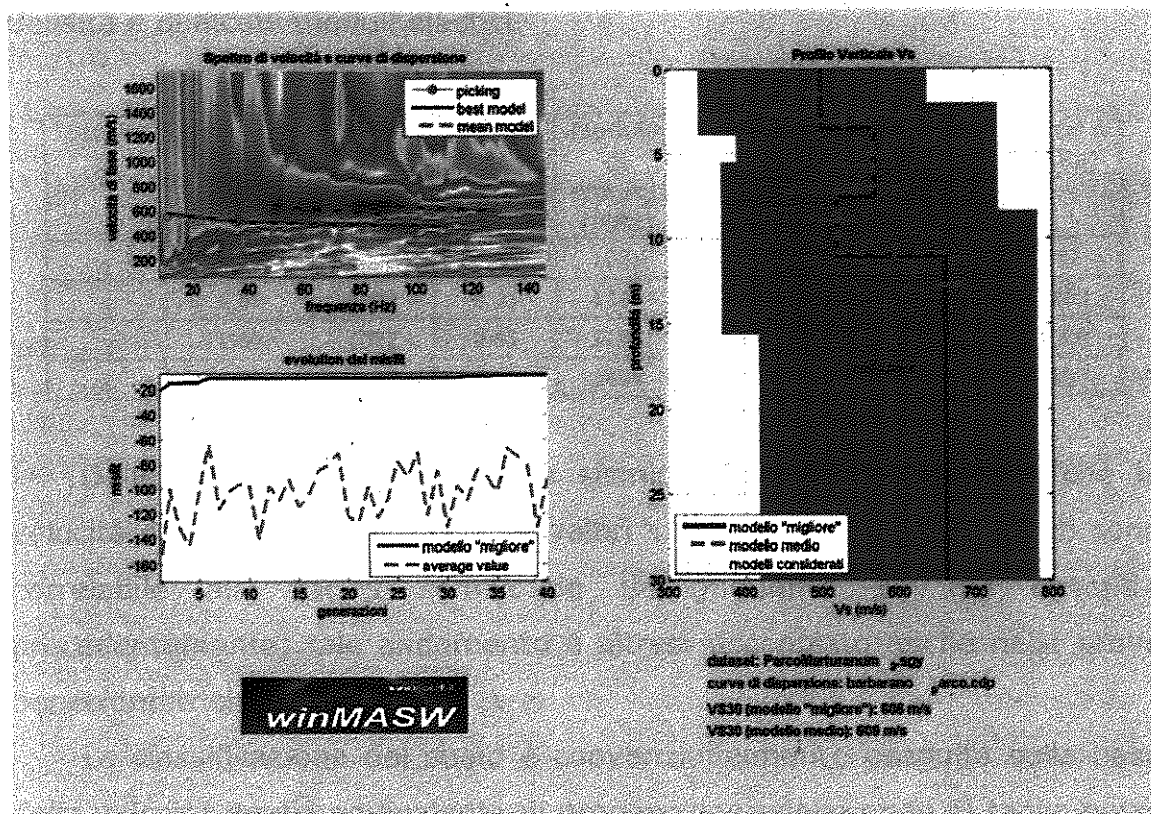
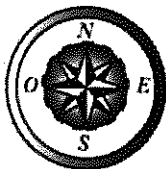


Figura 8.

La curva che meglio approssima i dati sperimentali, come già indicato nella figura n. 8, 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	3.1	494
2	4.0	568
3	3.8	520
4	-	666
Vs30=609 m/s		



Considerando i risultati delle Vs30 del modello medio, si riporta inoltre una stima approssimativa della velocità delle onde prime (Vp), della densità e di alcuni moduli elastici.

Strato n.	Densità (g/cm ³)	VP (m/s ²)	Modulo Polisson	Modulo di Young (MPa)	Modulo di Taglio (MPa)	Modulo di volume (MPa)	Lame λ (MPa)
1	1,55	1028	0.35	1021	378	1134	882
2	1,60	1182	0.35	1394	516	1547	1203
3	1,60	1082	0.35	1168	433	1296	1008
4	1,65	1246	0.34	1694	634	1716	1293

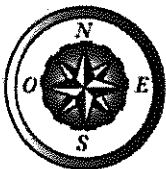
Dallo studio della stratigrafia sismica delle Vs, si osserva che le velocità degli strati registrano dei valori superiori a 360 m/s: questi sono correlabili alla facies semilitoide dell'ignimbrite III già descritta precedentemente; tale andamento è altresì riscontrato anche nelle prove penetrometriche.

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

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h}{V_i}}$$

Dove Vi e hi sono la velocità delle onde di taglio verticali e lo spessore dello strato i-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 pari a **609 m/s**, permettendo di classificare **il suolo** in esame **come tipo B**.



3.3 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.

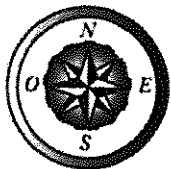
La tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire 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 Ottobre in 1 sito ubicato in cresta al sentiero e prossimo all'ingresso dell'agriturismo "l'introvabile".

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.

3.3.1 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



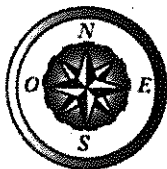
Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio – A.P. 1592

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).

Lo spessore della coltre piroclastica investigata non è tale da produrre delle amplificazioni litologiche significative.

Sono emerse da questa analisi dei fattori di amplificazione con periodo proprio intorno a 60 Hz.



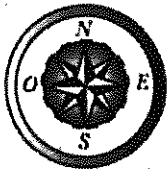
3.4 Modellazione Sismica

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

Ai fini della determinazione dell'effetto sismico sul terreno, si definiscono le seguenti classi di litotipo con le seguenti caratteristiche:

Categoria suolo	Tipo	NSPT	Cu (kPa)	Velocità onde di taglio
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi			$V_s > 800 \text{ m/s}$
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti	$N > 50$	$Cu > 250$	$360 \text{ m/sec} < V_s < 800 \text{ m/s}$
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti	$15 < N < 50$	$70 < Cu < 250$	$180 \text{ m/sec} < V_s < 360 \text{ m/s}$
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti	$N < 15$	$Cu < 70$	$V_s < 180 \text{ m/s}$
E	Strati superficiali alluvionali			V_s come C e D nello strato superficiale su un substrato con V_s 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		$10 < cu, 30 < 20 \text{ kPa}$	$V_{s30} < 100 \text{ m/s}$
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

Osservando le disposizioni di detta Ordinanza e del D.M. 14/01/2008, in base ai risultati delle indagini in situ la categoria di sottosuolo è di tipo B.



3.5 Modello litotecnico

Dallo studio condotto correlando le prove penetrometriche dinamiche eseguite e le prove geofisiche, si individua principalmente un'unica unità litostratigrafica tecnica.

Profondità	Descrizione litologica dello strato	Angolo d'attrito (°)	Peso di volume naturale (KN/mc)
0-20,0	Ignimbrite III: facies piroclastica semilitolde	36-40	15.0-16.5

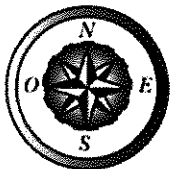
3.5 Definizione degli interventi

In fase esecutiva sarà necessario far precedere qualsiasi intervento, da una nuova decespugliazione delle superfici da trattare, così da mettere completamente a nudo le situazioni critiche evidenziate nel presente elaborato.

Per quanto concerne l'intervento questo consiste nell'applicazione di dispositivi di protezione e supporto di ammassi rocciosi tufacei con conseguente stabilizzazione del fronte.

Dettagli relativi ai singoli interventi sono stati rielaborati e schematizzati negli elaborati strutturali (tavole S1- S6) del presente progetto.

In ogni caso, si ribadisce che per blocchi dalle dimensioni inferiori a 10 dm³ è consigliato il disgaggio dei blocchi in cui è evidente un precario



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio - A.P. 1592

equilibrio quali quelli citati nelle situazioni evidenziate nelle precedenti pagine.

4 CONCLUSIONI

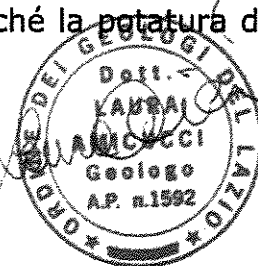
Per problemi logistici (vedi documentazione fotografica) è stato possibile eseguire solamente: una prova penetrometrica pesante al top della rupe in esame, una prospezione sismica tipo Masw e un'analisi dei microtremori.

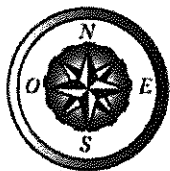
Gli interventi proposti ed integrati nel presente elaborato sono stati identificati in base a ulteriori verifiche puntuali, nel corso delle quali le pareti piroclastiche sono state analizzate ad un livello di dettaglio molto elevato; gli stessi sono stati calibrati, caso per caso, per affrontare e risolvere le situazioni di pericolosità e ridurre a livello locale e puntuale le situazioni di rischio.

È indispensabile inserire nel progetto un piano di monitoraggio e sorveglianza per verificare nel tempo l'efficacia e la completezza delle opere realizzate. È necessario altresì assicurare la manutenzione delle opere per garantirne la durabilità. Ciò potrà essere ottenuto, a titolo esemplificativo, garantendo nel tempo l'estirpazione di apparati radicali dalle fratture, già oggetto dell'intervento iniziale, nonché la potatura delle alberature sui cigli delle tagliate.

Fabrica di Roma, 21 aprile 2012

In fede





Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio – A.P. 1592

TABULATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DPSH (S. Heavy)

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 : DPSH (S. Heavy)

PESO MASSA BATTENTE	M = 63.50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0.75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30.00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50.50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20.00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1.00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 8.00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0.80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0.20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11.91 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1.521$ (teoricamente : Nspt = β_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 = δ / N

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

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
 1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
 1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
 1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Parco Regionale Marturanum
 - lavoro : Cava delle Quercete
 - località : Barbarano Romano
 - note :

- data : 18/10/2011
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.20	30	223.5	---	1	1.80 - 2.00	34	218.8	---	3
0.20 - 0.40	46	342.6	---	1	2.00 - 2.20	29	186.6	---	3
0.40 - 0.60	32	238.4	---	1	2.20 - 2.40	40	257.4	---	3
0.60 - 0.80	31	230.9	---	1	2.40 - 2.60	30	193.0	---	3
0.80 - 1.00	31	214.0	---	2	2.60 - 2.80	30	193.0	---	3
1.00 - 1.20	37	255.5	---	2	2.80 - 3.00	34	204.8	---	4
1.20 - 1.40	33	227.8	---	2	3.00 - 3.20	29	174.7	---	4
1.40 - 1.60	35	241.7	---	2	3.20 - 3.40	32	192.8	---	4
1.60 - 1.80	41	283.1	---	2					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63.50 kg** - H (altezza caduta)= **0.75 m** - A (area punta)= **20.00 cm²** - D(diam. punta)= **50.50 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [δ = 20 cm]

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

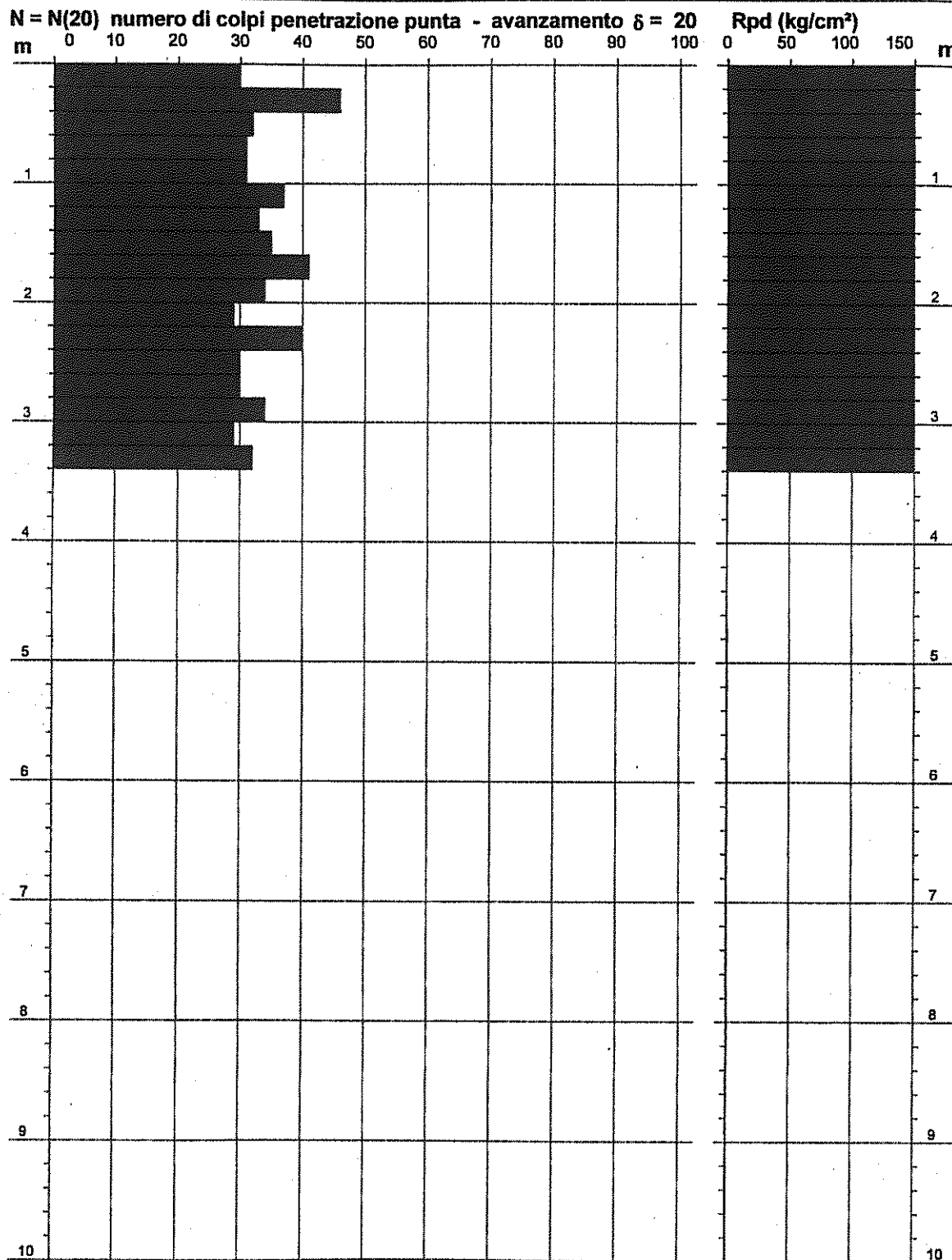
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

- committente : Parco Regionale Marturanum
- lavoro : Cava delle Quercete
- località : Barbarano Romano
- note :

- data : 18/10/2011
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

DIN 1

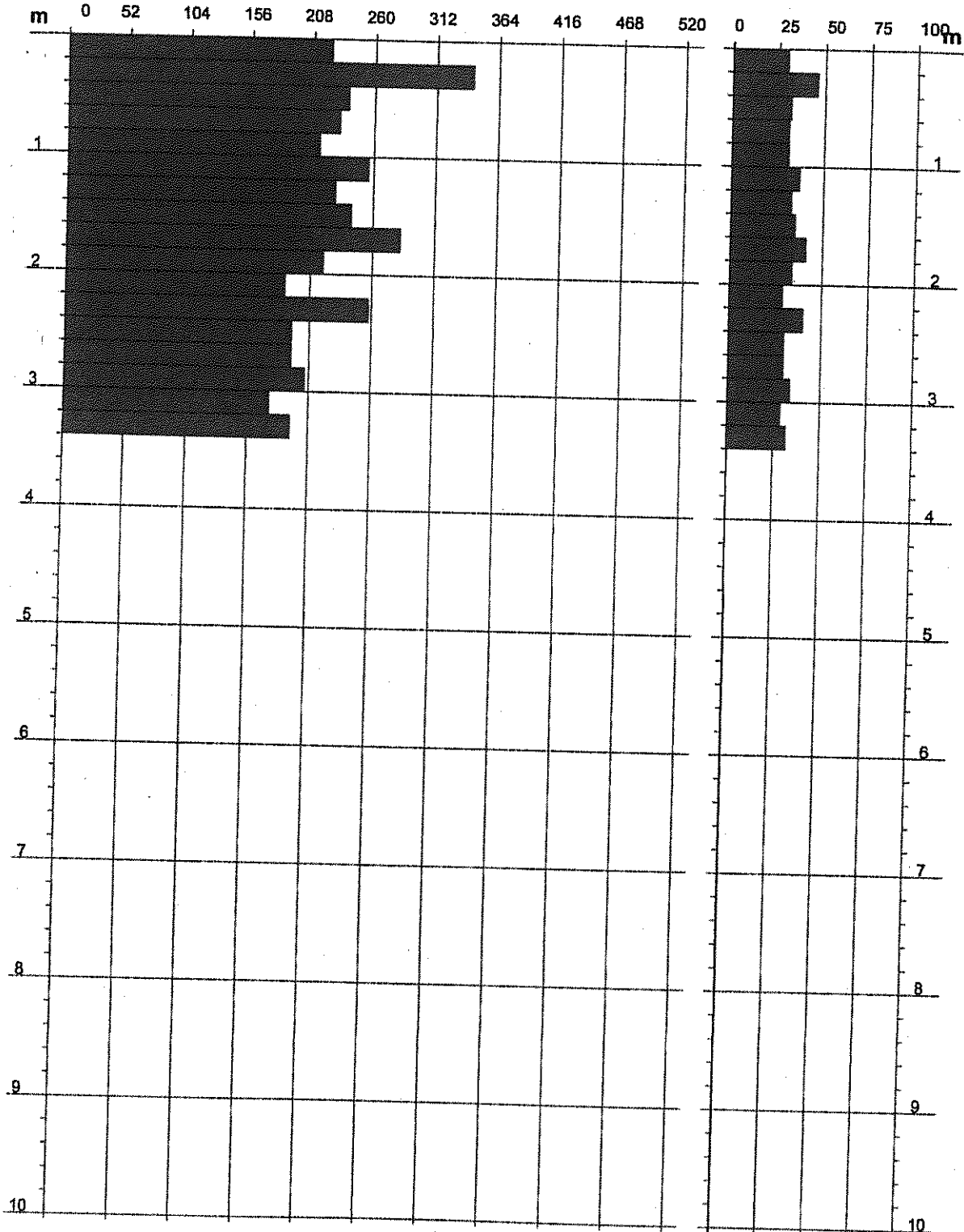
Scala 1: 50

- committente : Parco Regionale Marturanum
- lavoro : Cava delle Quercete
- località : Barbarano Romano

- data : 18/10/2011
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata

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

N = N(20) n° colpi $\delta = 20$



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : Parco Regionale Marturanum
- lavoro : Cava delle Quercete
- località : Barbarano Romano
- note :

- data : 18/10/2011
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
0	0.00 0.20		0.0	0	0	0.0	—	—	—	0	0.00	0

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

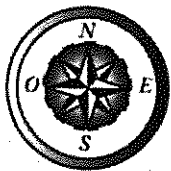
β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1.52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
2	0.00 0.20 0.20 3.40		52	85.8	42.9	592	2.16	1.86	—	—	—	—

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio – A.P. 1592

ANALISI DEI MICROTREMORI

BARBARANOROMANO, BARBARANO

Strumento: TRZ-0142/01-11

Inizio registrazione: 18/10/11 14:20:33 Fine registrazione: 18/10/11 14:36:33

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

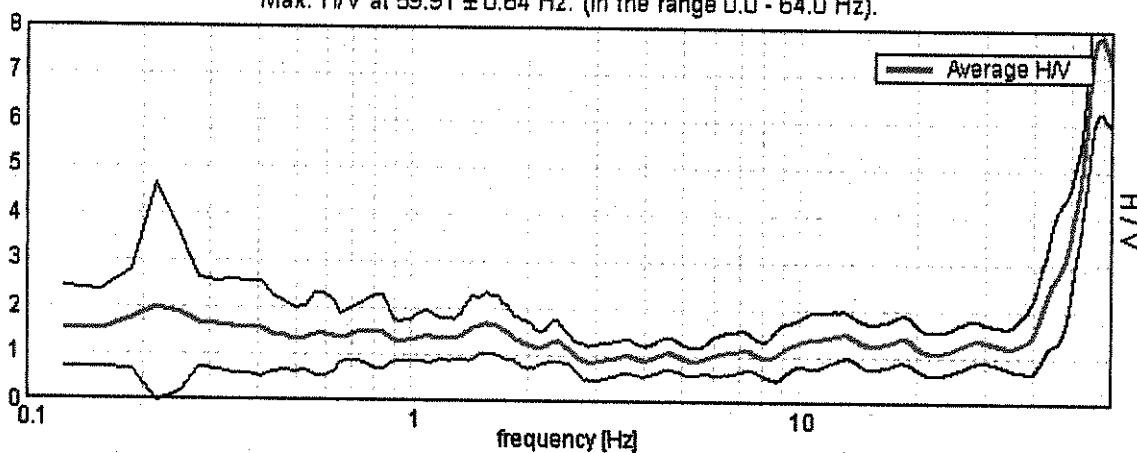
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

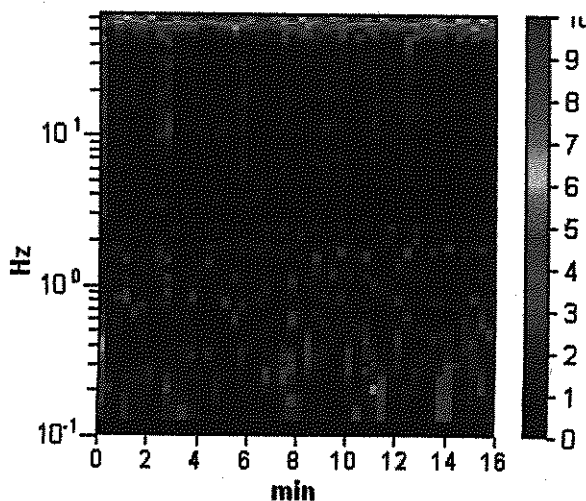
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

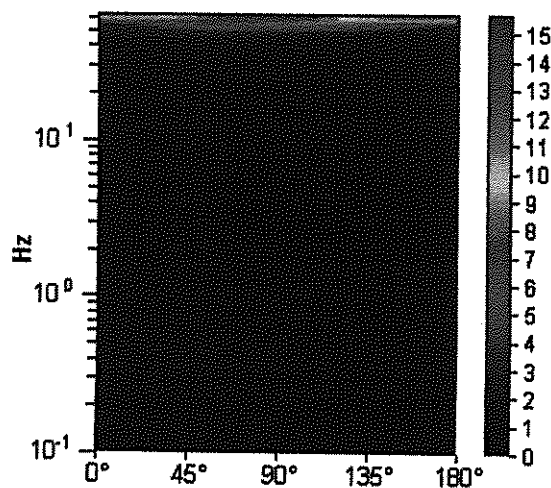
Max. H/V at 59.91 ± 0.64 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



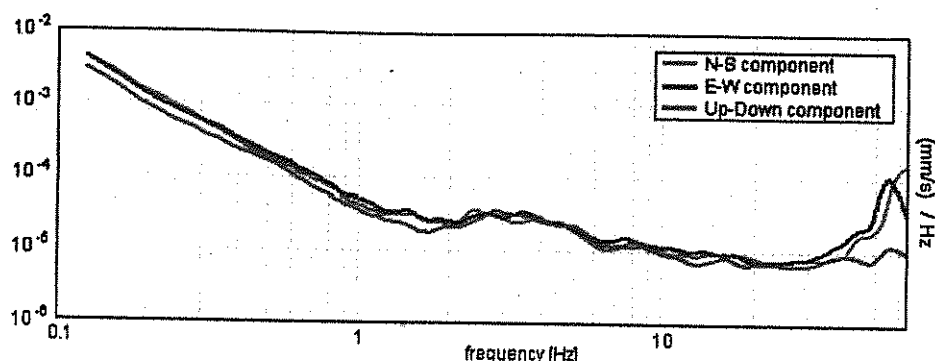
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Picco H/V a 59.91 ± 0.64 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$59.91 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$57510.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 1090	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

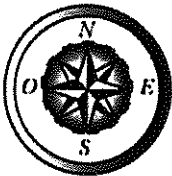
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	51.094 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$7.86 > 2$	OK	
$f_{picco} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00524 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.31417 < 2.99531$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8061 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



Laura Amicucci
GEOLOGO
Ordine dei Geologi del Lazio – A.P. 1592

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto n. 1



Foto n. 2

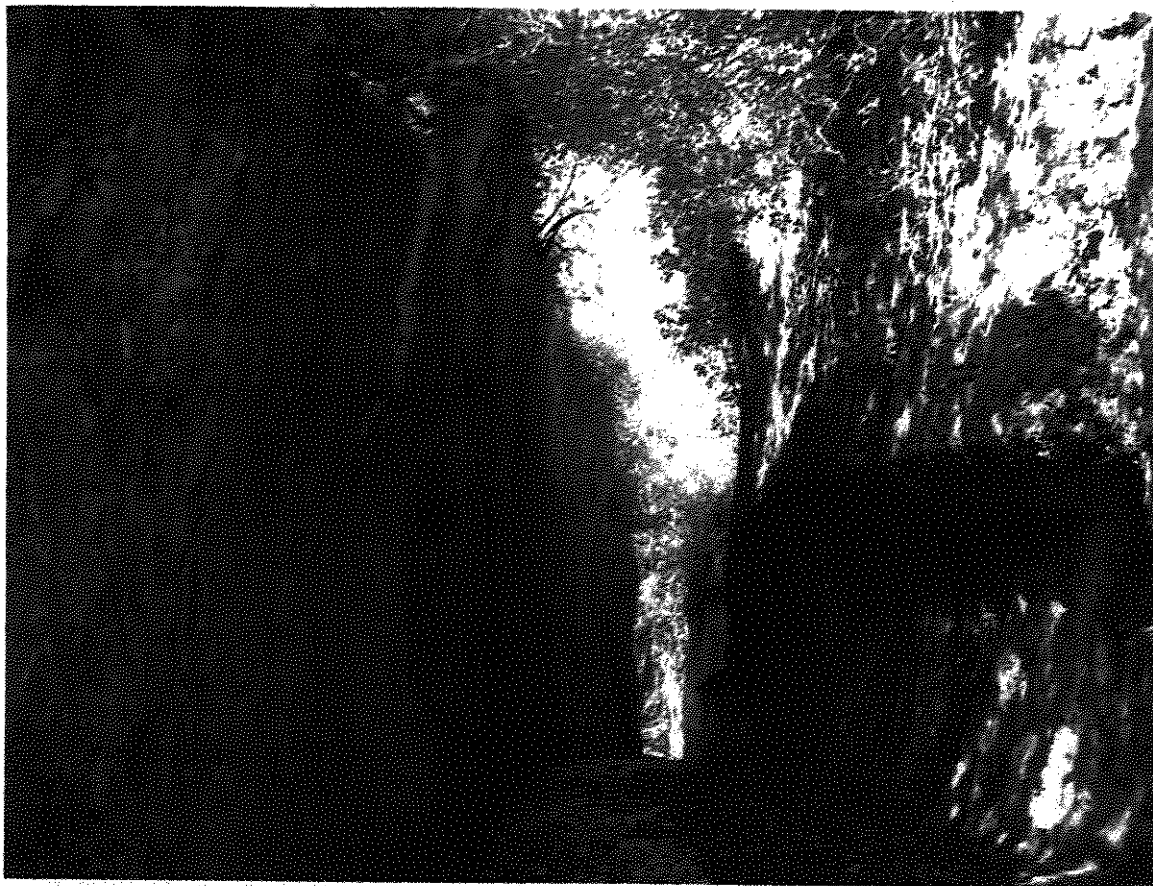


Foto n. 3



Foto n. 4

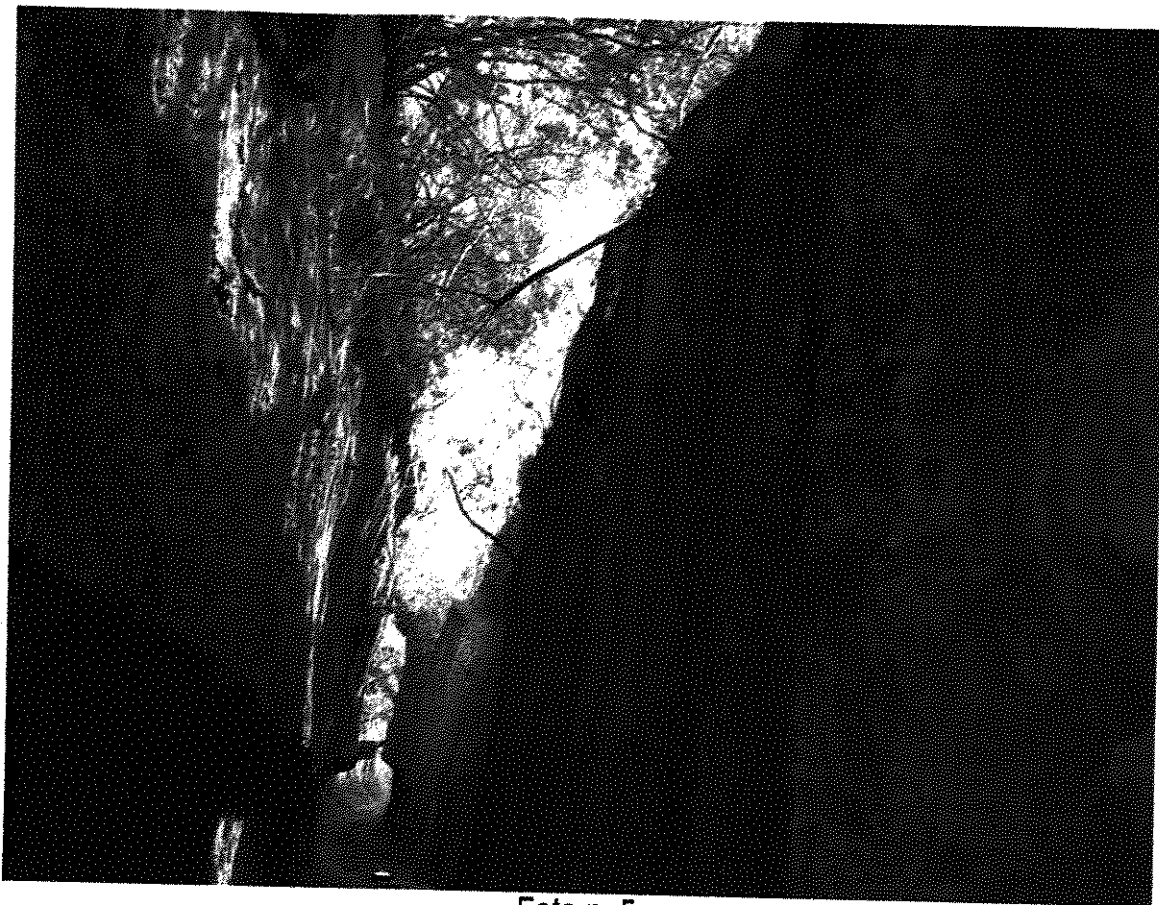


Foto n. 5



Foto n. 6

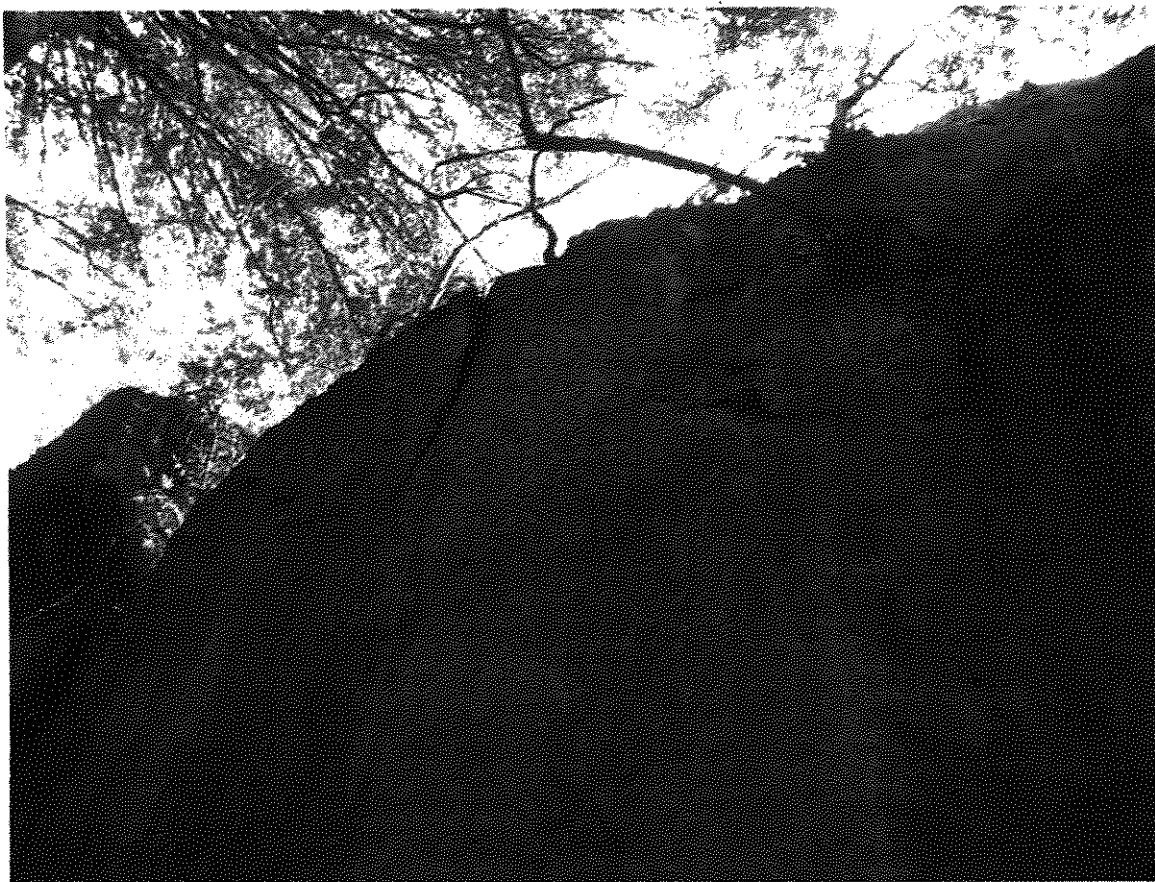


Foto n. 7



Foto n. 8

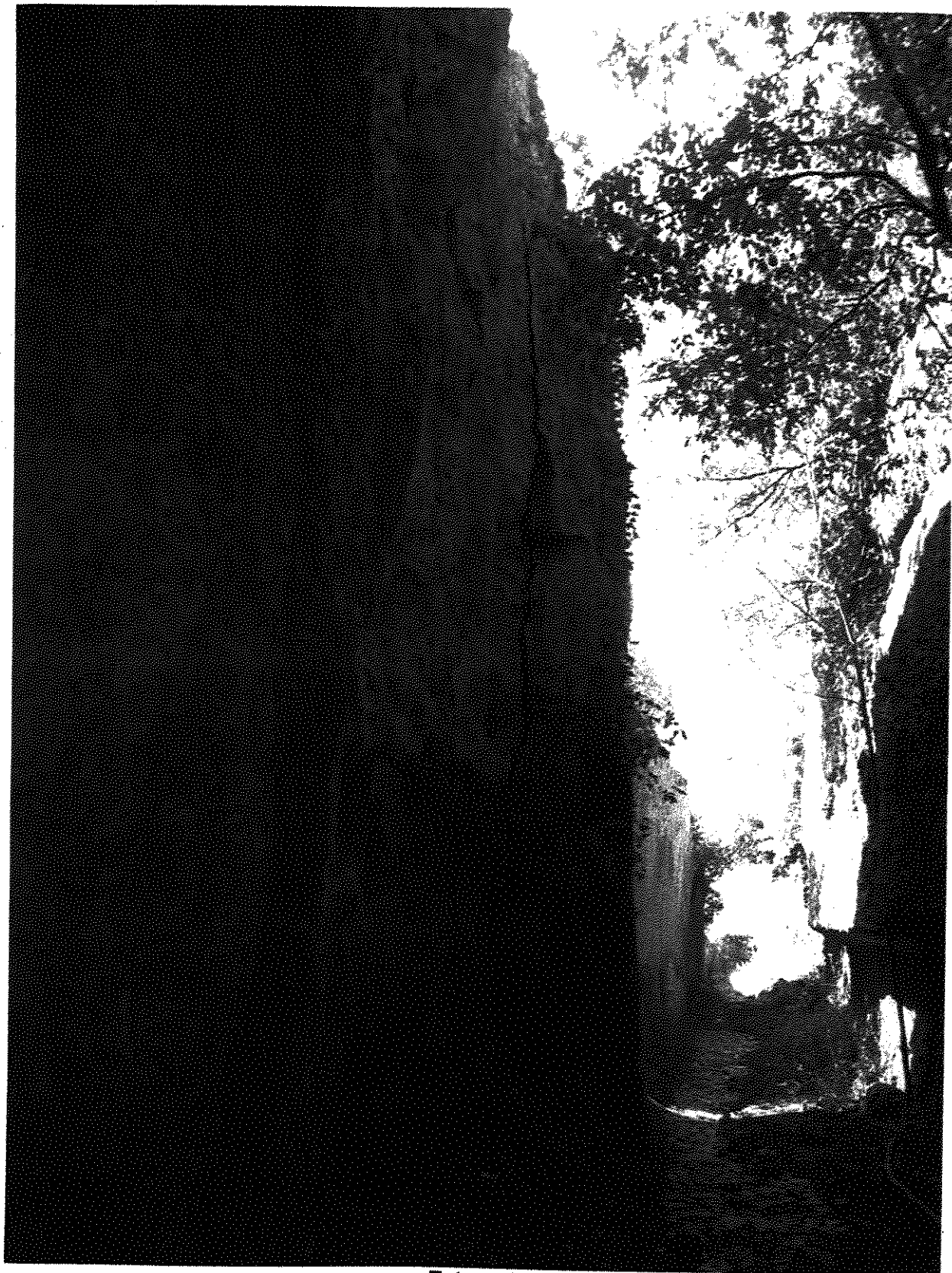


Foto n. 9

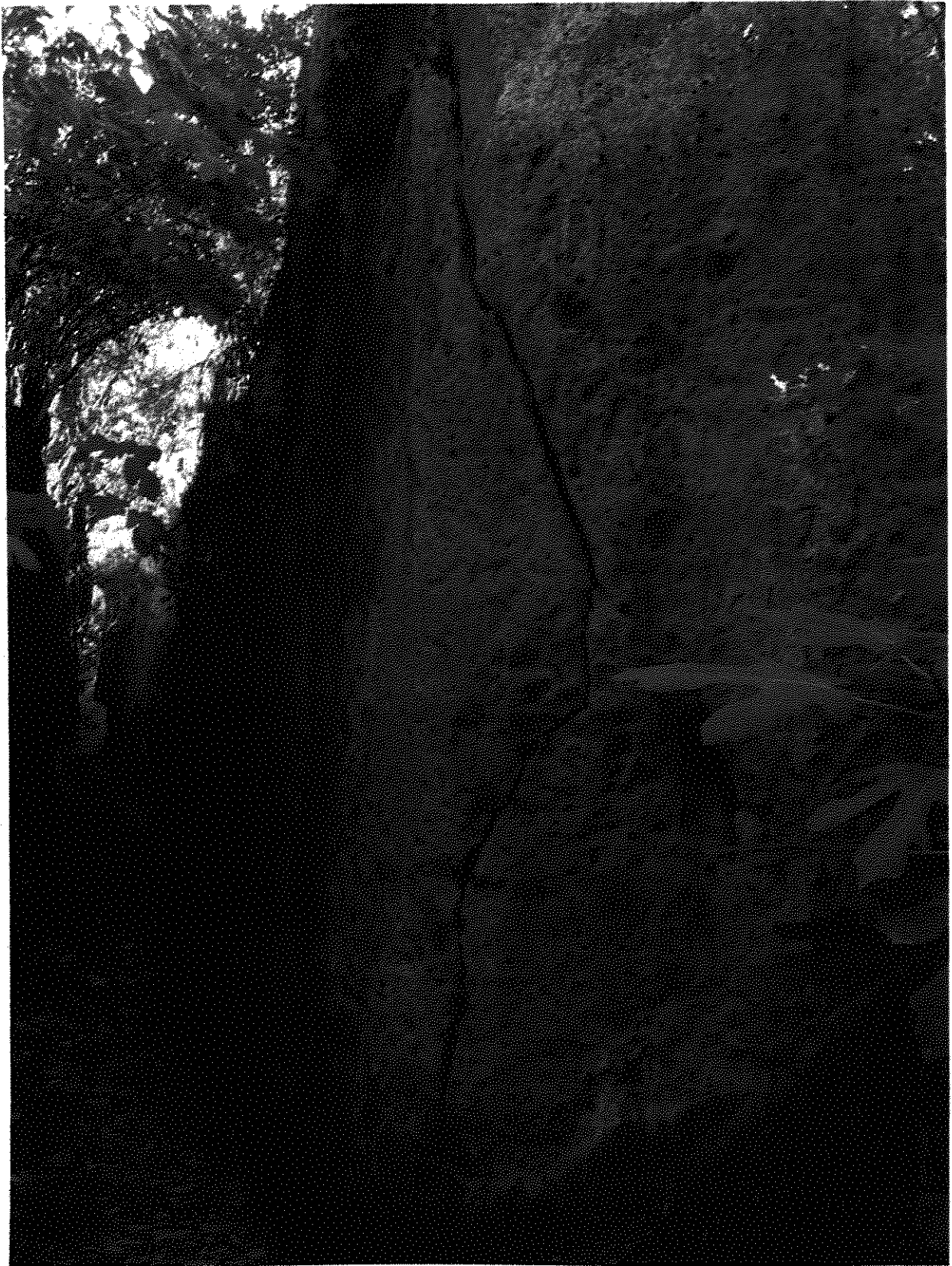


Foto n. 10

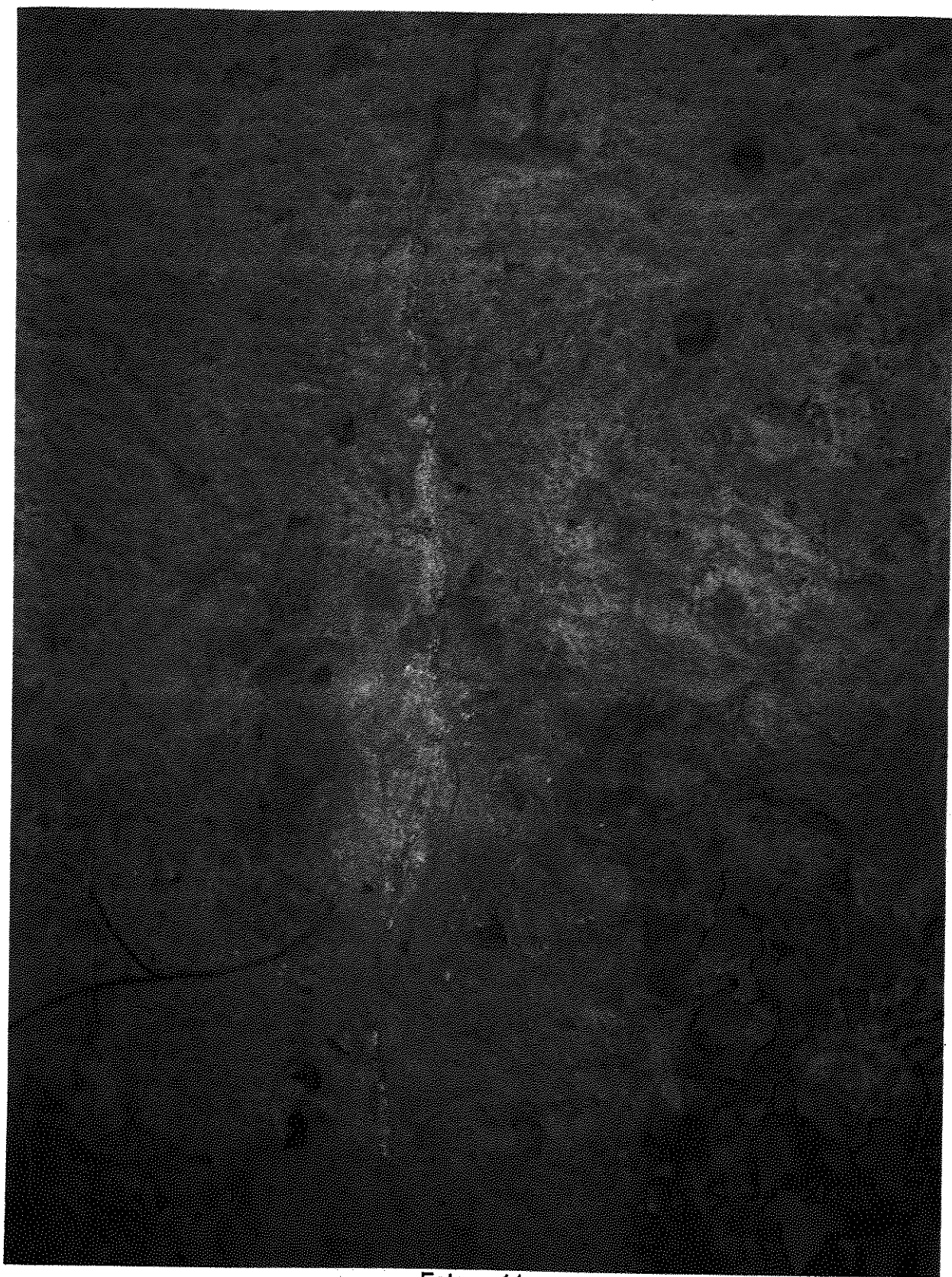


Foto n. 11



Foto n. 12



Foto n. 13



Foto n. 14



Foto n. 15



Foto n. 16



Foto n. 17



Foto n. 18



Foto n. 19



Foto n. 20



Foto n. 21

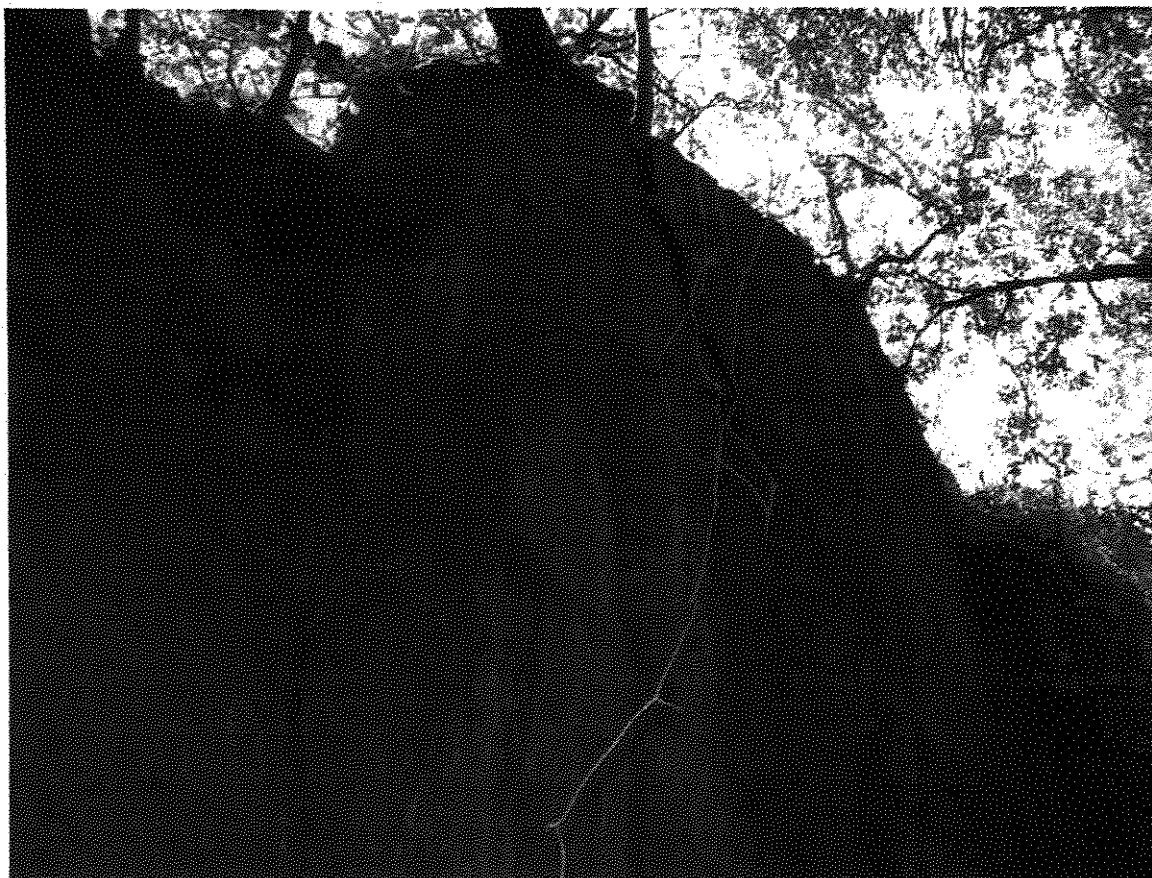


Foto n. 22

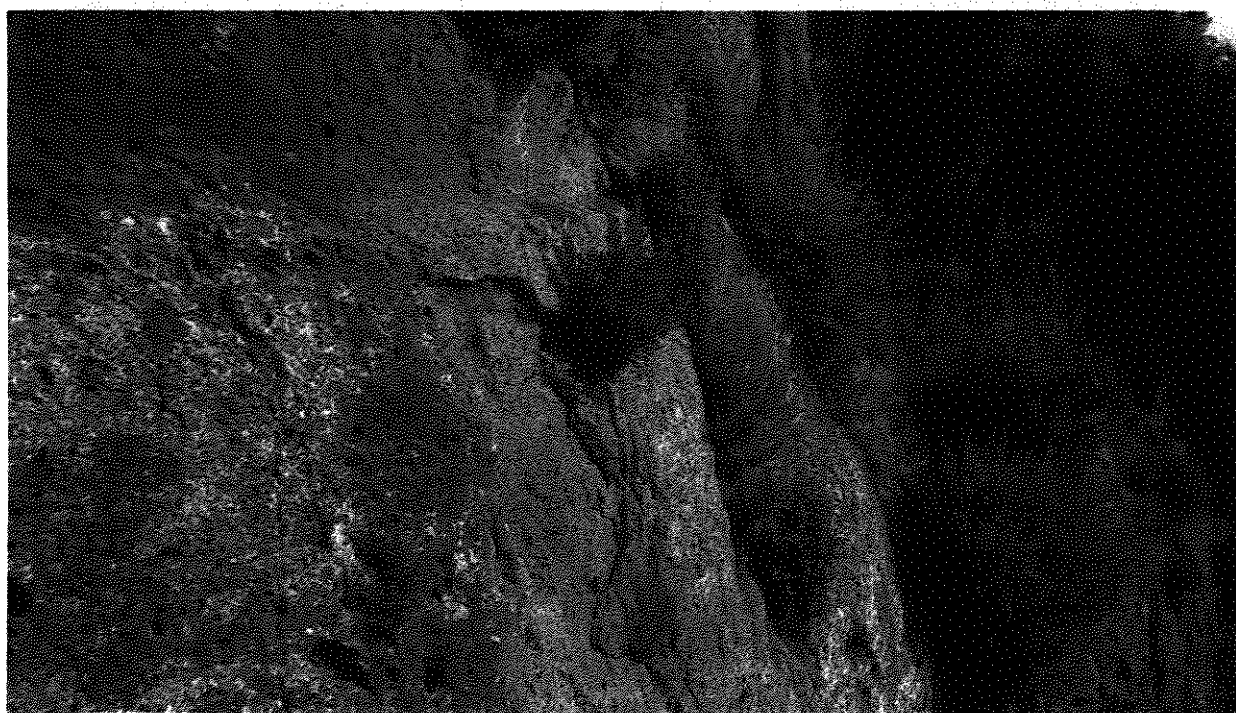


Foto n. 23



Foto n. 24



Foto n. 25



Foto n. 26



Foto n. 27



Foto n. 28



Foto n. 29



Foto n. 30 – Ubicazione della prova penetrometrica



Foto n. 31 – Ubicazione della prospezione sismica



Foto n. 32 – Ubicazione della sorgente sismica costituita da un maglio da 8 kg e un piattello.

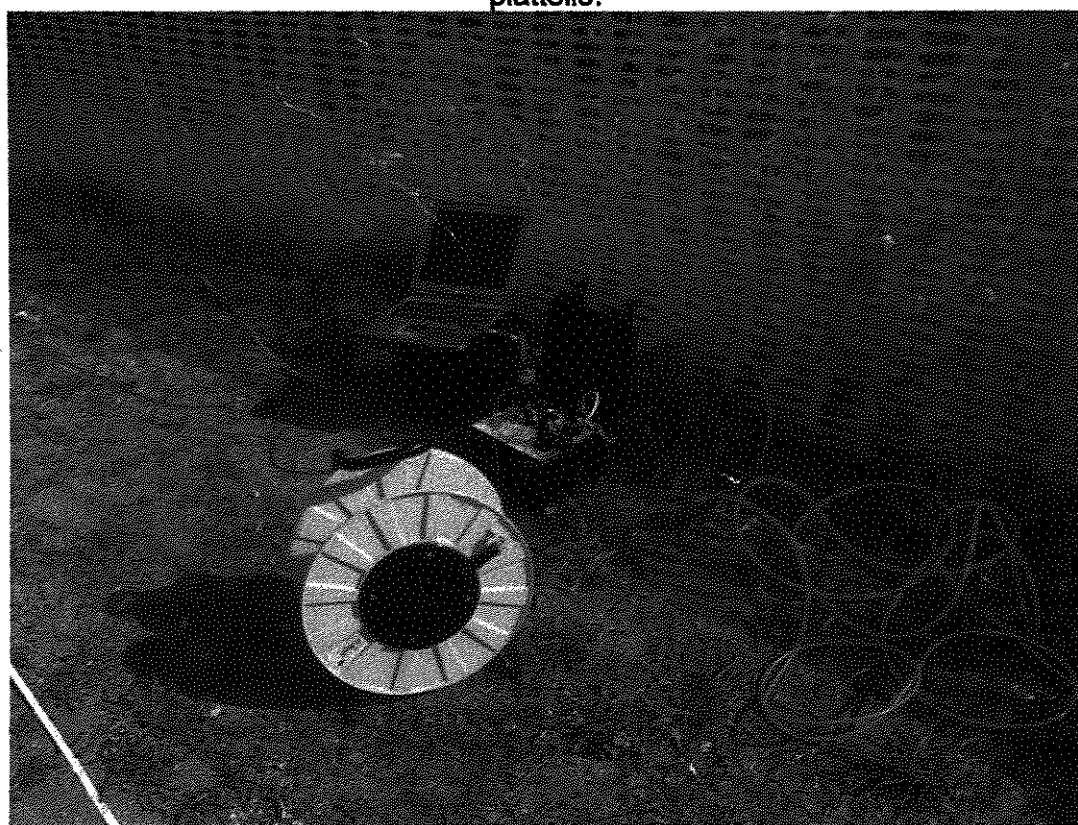


Foto n. 33 – Strumentazione utilizzata.

