

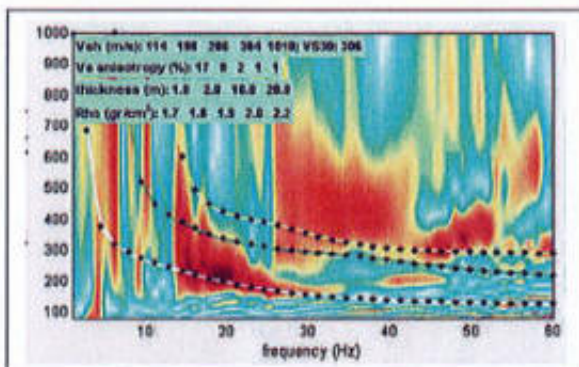


Allegato 5:

Geologo Dott. Ercolini Luca

Studio: Via Monte Sella n°7, 06034 Foligno (PG)

Cel. 339-4520697 Email: lucaerc@alice.it - P.I. 02953810542



INDAGINI GEOFISICHE

**INDAGINI SISMICHE PER LA RICOSTRUZIONE DEL PROFILO
VERTICALE DELLE VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO V_s
E PER LA DETERMINAZIONE DELLA VELOCITA' EQUIVALENTE V_{s30}**

COMMITTENTE: Geologo Dott. Cantarelli Giancarlo

LOCALITA': Foligno (Paciana)

COMUNE: Foligno

PROVINCIA: Perugia

**Geologo
Dott. ERCOLINI LUCA**

Settembre 2010



INDICE

1. PREMESSA	Pag. 1
2. METODOLOGIA M.A.S.W.	Pag. 2
3. METODO DI ACQUISIZIONE	Pag. 3
4. ELABORAZIONE DATI OTTENUTI	Pag. 4
5. RISULTATI	Pag. 5
6. DEFINIZIONE SUOLO TIPO	Pag. 5
7. CONCLUSIONI	Pag. 6

ALLEGATI

- ◆ TAVOLA 1 UBICAZIONE PROFILO SISMICO
- ◆ TAVOLA 2 SISMOGRAMMI E ANALISI SPETTRALE
- ◆ TAVOLA 3 MODELLO DI INPUT ED ANALISI DELLE FREQUENZE
- ◆ TAVOLA 4 CURVE DI DISPERSIONE E MODELLO INVERTITO
- ◆ DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

1. PREMESSA

Su incarico del Geologo **Dott. CANTARELLI GIANCARLO** è stata eseguita un'indagine con metodologia sismica M.A.S.W. in località Foligno (Via Paciana), nel Comune di Foligno.

L'indagine è finalizzata alla ricostruzione del profilo verticale delle velocità delle onde di taglio V_s e alla determinazione della **velocità equivalente V_{s30}** per la definizione del suolo tipo ai sensi del *D.M. 14 gennaio 2008 "NTC08 Norme Tecniche per le Costruzioni"* e della *Circolare del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n.617 del 2 febbraio 2009 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008"*.

2. METODOLOGIA M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)

La metodologia sismica adottata è quella sintetizzata dall'acronimo M.A.S.W. ovvero "analisi multicanale delle onde superficiali". Tale metodo di analisi dei dati sismici sfrutta alcune proprietà delle componenti superficiali (Rayleigh e di Love) delle onde generate, a differenza della classica sismica a rifrazione, nella quale come noto si misurano i tempi di primo arrivo delle onde energizzate rifratte in compressione o di taglio V_p che V_s ,

Le principali proprietà utilizzate sono le seguenti: la maggior parte dell'energia generata sia in compressione che di taglio è convertita in onde di superficie (circa il 90%); la propagazione delle onde di superficie è influenzata in misura minore dalle onde P e dalla densità del mezzo, mentre è funzione delle V_s ; ma la proprietà fondamentale delle onde superficiali è costituita dal fenomeno della dispersione nei mezzi stratificati.



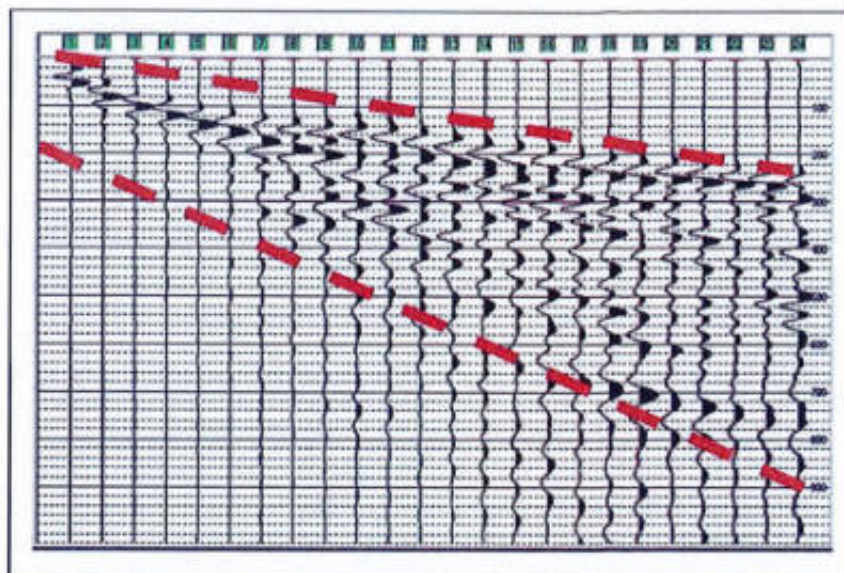


TABELLA N°1

TRACCIATO SISMICO A 24 CANALI IN ONDE S. L'AREA RACCHIUSA NEL TRATTEGGIO EVIDENZIA IL FENOMENO DI DISPERSIONE CON L'AUMENTARE DELLA PROFONDITÀ DELLE ONDE SUPERFICIALI DI LOVE IN UN MEZZO STRATIFICATO

Dall'analisi delle curve di dispersione dei due tipi di onde; curve di dispersione ottenibili dalle variazioni della velocità di fase, in funzione delle lunghezze d'onda o delle frequenze (inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità, tramite l'adozione di processi analitici di inversione, consistenti nell'adozione di un modello teorico di partenza numero strati/ velocità/spessori, e successiva ottimizzazione dei dati tramite processi di raffinamento).

3. METODO DI ACQUISIZIONE

L'indagine in oggetto è stata eseguita tramite l'acquisizione strumentale, lungo un profilo di misura lineare, della componente superficiale di onde generate in compressione (onde di Rayleigh) e della componente superficiale di onde generate di taglio (onde di Love).

Nel caso specifico è stato utilizzata una stesa di costituita da 12 geofoni verticali da 4.5 Hz per l'acquisizione delle onde di Rayleigh; 12 geofoni orizzontali da 10 Hz per l'acquisizione delle onde di Love; tutti con equidistanza di 2.0 m, per una lunghezza complessiva di 22,0 m.

Sono stati effettuati tre shot per ciascun tipo di acquisizione, in "compressione" tramite battuta con mazza su piastra e di "taglio" tramite battuta con mazza sulla faccia di un trave. Gli offset posti a distanze crescenti dal geofono n°1 sono stati i seguenti: 5,0 m e 10,0 m, 15,00 e 20,00m per una distanza complessiva di 42,0 m.

Per la taratura del modello di input vengono utilizzate i dati ricavati da sondaggi eseguiti in sito con la seguente situazione stratigrafica:

S1

- 0.00 – 0.60 m Suolo vegetale
- 0.60 – 2.70 m Sabbie fini debolmente argillose
- 2.70 – 5.80 m Sabbie con ghiaia fine
- 5.80 – 7.70 m Sabbie grossolane limose
- 7.70 – 10.00 m Ghiaia medio fine in matrice sabbiosa

S2

- 0.00 – 0.50 m Suolo vegetale
- 0.50 – 3.10 m Sabbie fini debolmente argillose
- 3.10 – 7.70 m Sabbie con ghiaia fine
- 7.70 – 10.00 m Ghiaia medio fine in matrice sabbiosa

S3

- 0.00 – 0.50 m Suolo vegetale
- 0.50 – 3.20 m Sabbie fini debolmente argillose
- 3.20 – 9.00 m Sabbie con ghiaia fine
- 9.00 – 10.00 m Ghiaia medio fine in matrice sabbiosa

S4

- 0.00 – 0.50 m Suolo vegetale
- 0.50 – 2.80 m Sabbie fini debolmente argillose
- 2.80 – 7.50 m Sabbie con ghiaia fine
- 7.50 – 10.00 m Ghiaia medio fine in matrice sabbiosa

S5

- 0.00 – 0.50 m Suolo vegetale
- 0.50 – 2.60 m Sabbie fini debolmente argillose
- 2.60 – 8.00 m Sabbie con ghiaia fine
- 8.00 – 10.00 m Ghiaia medio fine in matrice sabbiosa

S6

- 0.00 – 0.60 m Suolo vegetale
- 0.60 – 2.60 m Sabbie fini debolmente argillose
- 2.60 – 10.00 m Ghiaia medio fine in matrice sabbiosa



4. ELABORAZIONE DATI OTTENUTI

I dati così ottenuti sono stati analizzati scegliendo la serie di curve più idonee e sottoponendole alla successive fasi di elaborazione:

- A) Caricamento sismogrammi onde di Rayleigh e onde di Love.
- B) Calcolo degli spettri di velocità Frequenza Hz – Velocità fase m/s.
- C) Modellazione diretta della curve di dispersione del modo fondamentale e di quelli superiori tramite assunzione di modelli Velocità/Spessori via via più soddisfacenti, attribuiti a partire da dati geologico stratigrafici dell'area e da valori di Vs degli strati più superficiali, questi ultimi calcolati tramite i risultati del profilo a rifrazione eseguito.
- D) Piccaggio delle curve di dispersione ottimizzate.
- E) Inversione delle curve di dispersione.
- F) Modello finale della variazione della velocità Vs con la profondità.

5. RISULTATI

Dal calcolo degli spettri di velocità Frequenza (Hz) / Velocità di fase (m/s) (*tavola n°2*), si rileva come la massima dispersione della velocità di fase risulta compresa nell' intervallo di frequenza tra i 5 e i 10 Hz, mentre la corrispondente velocità risulta compresa tra 720 m/s e 85 m/s. Nella *tavola n°3* viene presentato il modello teorico di partenza, assunto per l'elaborazione nel processo di inversione, ricondotto a cinque sismostrati sovrastanti il semispazio, aventi i seguenti valori di velocità e spessore:

Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs(m/s)
0.50	219	105
3.00	343	165
5.80	624	300
10.00	1145	550
Semispazio	1457	700

Nella *tavola 3* viene riportato il risultato finale del processo di inversione, nei grafici è evidente come la curva teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità è in buon accordo con la curva di dispersione sperimentale. Nella *tavola 4* è riportato il grafico velocità onde S (m/s)/profondità (m) con la rappresentazione della distribuzione delle velocità.

Nelle tabelle seguenti sono riportati tutti i valori di input e output del modello:

MODELLO RICAIVATO					
	Vsv (m/s)	Vsh (m/s)	Spessore	Densità (gr/cm ³)	Modulo di taglio (Mpa)
STRATO 1	102	105	0.50	1.70	18
STRATO 2	170	170	3.50	1.82	52
STRATO 3	326	350	7.30	1.98	210
STRATO 4	497	596	7.40	2.05	506
STRATO 5	841	812	-	2.16	1525

Valori stimati di Vp e dei moduli elastici					
	Vp (m/s)	Poisson	Bulk (Mpa)	Young's (Mpa)	Lamè (Mpa)
STRATO 1	229	0.38	66	49	54
STRATO 2	374	0.37	184	144	149
STRATO 3	737	0.38	795	580	655
STRATO 4	981	0.33	1297	1344	960
STRATO 5	1528	0.28	3002	3914	1985

6. DEFINIZIONE DEL SUOLO TIPO

Nel caso specifico tale valore risulta pari a **394 m/s**. In base alle normative vigenti *O.P.C.M. 3274/2003* e alla *normativa "NTC" 14 Gennaio 2008*, deve essere definita l'azione sismica di progetto, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria di suolo su cui sarà realizzata l'opera.

Il valore di *Vs30 equivalente* restituito dal modello di calcolo, pari a **394 m/s**, fa ricadere il sottosuolo di interesse progettuale nella **categoria B**.



Strato	Descrizione geotecnica	Vs30 (m/s)
A	Formazioni litiche o vuoti omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 > 800 m/s, corrispondenti a estratti vuoti di strati senza superficie di spessore massimo pari a 7m	> 800
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s	360-800 (N _{opt} > 50) (C _u > 250 kPa)
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s	180-360 (15 < N _{opt} < 50) (70 < C _u < 250 kPa)
D	Depositi di granuli da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s	< 180 (N _{opt} < 15) (C _u < 70 kPa)
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di Vs simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 7m e 20m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs > 800 m/s	
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (Ip > 40) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di Vs30 < 100 m/s	< 100 (10 < C _u < 20 kPa)
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti	

TABELLA N°2 - Range di Vs30 da normativa O.P.C.M. 3274/2003

7. CONCLUSIONI

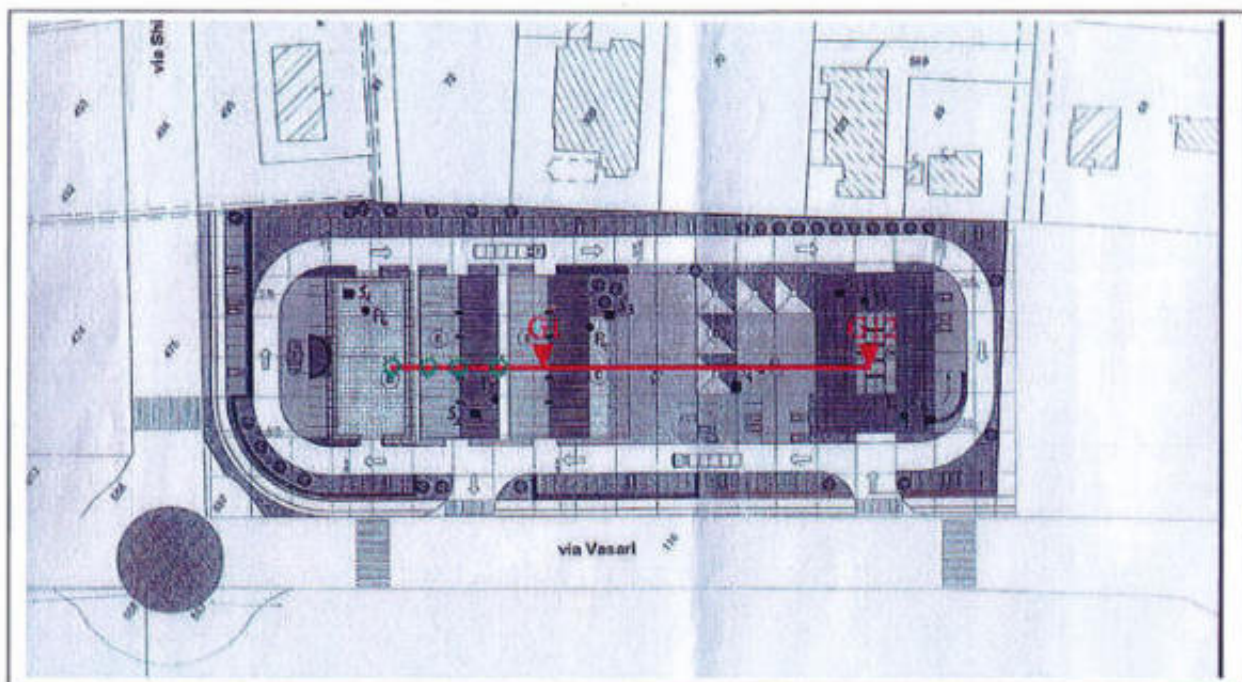
L'indagine sismica condotta con metodi di analisi M.A.S.W. ha permesso una ricostruzione sismostratigrafica dei terreni interessati dal progetto, evidenziando la presenza di una successione di strati a velocità Vs gradualmente crescente con la profondità.

L'inversione del modello restituisce un valore Vs30 equivalente di 394 m/s, che fa ricadere, secondo l'approccio di tipo semplificato, i terreni in oggetto nella categoria di **sottosuolo B**.

Foligno li, Settembre 2010

Geologo Dott. ERCOLINI LUCA

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGO
LUCA ERCOLINI
ALBO
468
REGIONE UMBRA



Shot

TAVOLA N°1 - UBICAZIONE DEL PROFILO SISMICO

Indagini sismiche M.A.S.W./località Paciana /Comune di Foligno



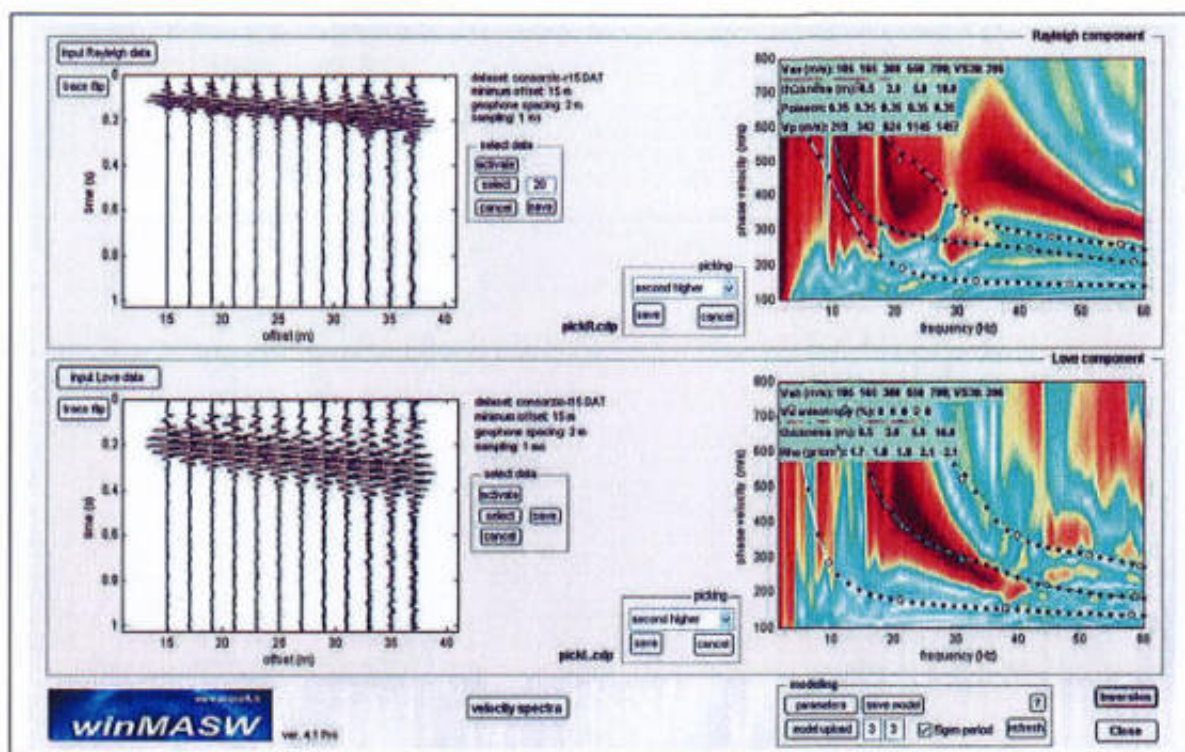


TAVOLA N°2 - SISMOGRAMMI ACQUISITI ED ANALISI SPETTRALE

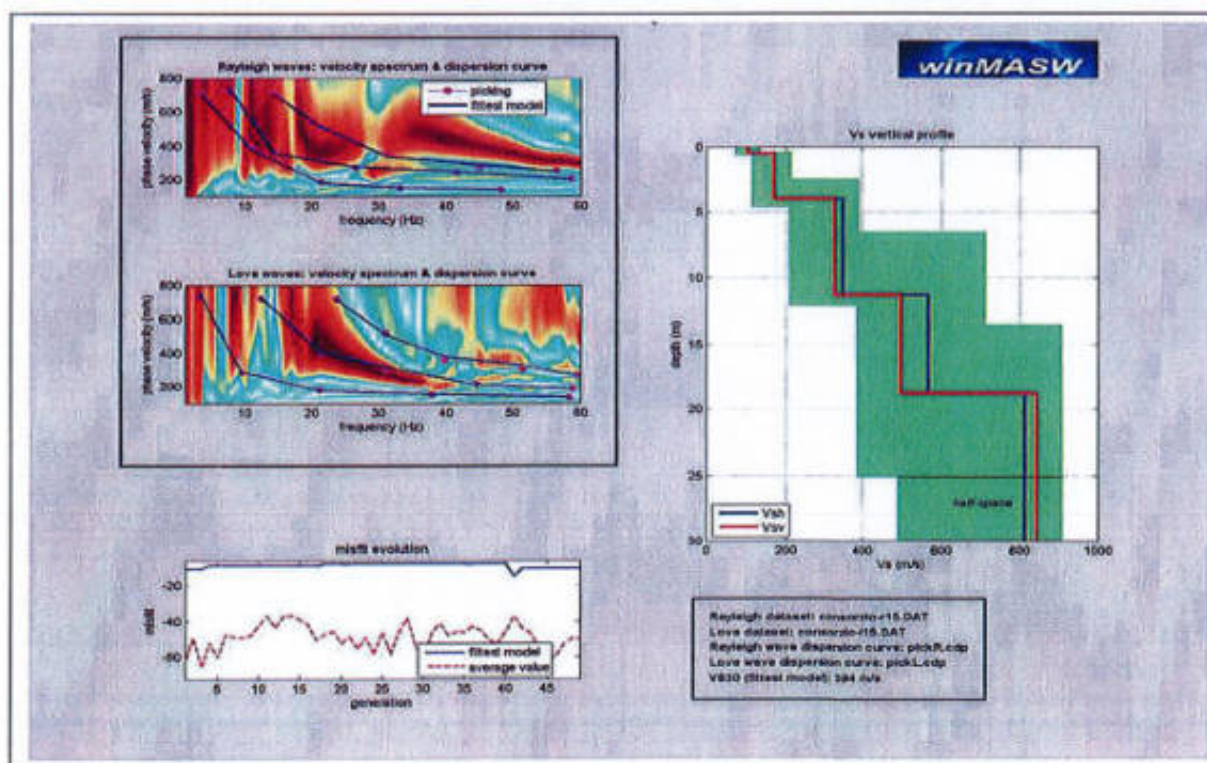


TAVOLA N°3 - CURVE DI DISPERSIONE E MODELLO INVERTITO

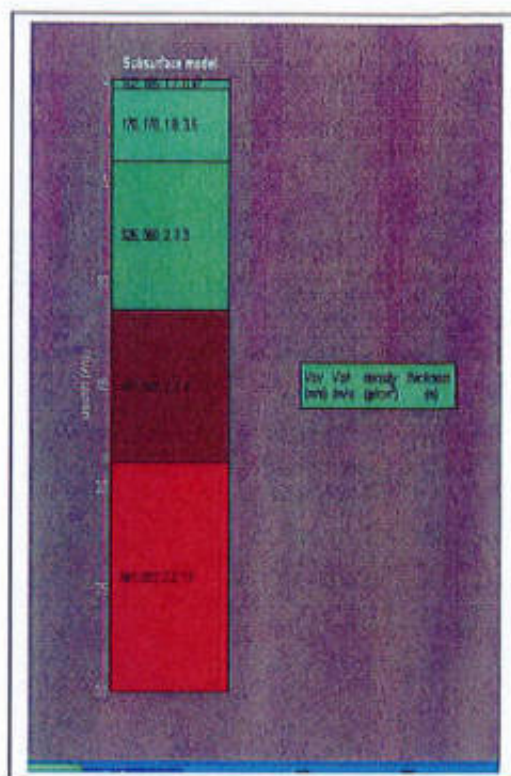


TAVOLA N°3 - SUDDIVISIONE SISMOSTRATI

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO N°1 - UBICAZIONE INDAGINE SISMICA MASW

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO N°2 - ENERGIZZAZIONE ONDE DI COMPRESSIONE



FOTO N°3 - ENERGIZZAZIONE ONDE DI TAGLIO PER ATTRITO RADENTE

COMUNE DI FOLIGNO MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3 ESTRATTO CARTA DELLE INDAGINI SCALA 1:5.000

