

COMUNE DI PERUGIA

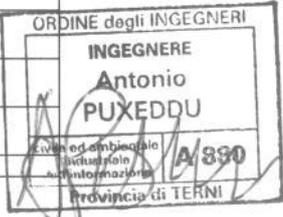
AMPLIAMENTO DELLA SEDE DI PROPRIETA' DI ARPA UMBRIA, VIA PIEVAIOLA N.207 B-3 PERUGIA

ESCRIZIONE

CALCOLI DELLE STRUTTURE:

- RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA
- RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI
- RELAZIONE SUI MATERIALI
- RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE
- ALLEGATO I

44

IL PROGETTISTA		PROGETTO ESECUTIVO			
Arch. Piero Maroni		REVISIONE	DATA	DISEGNATORE	NOME - FILE
Arch. Francesca Capoccia		0	MAR 11		
Ing. Antonio Puxeddu		1	SETT 11		SCALA
Ing. Pietro Brusi					
collaboratori					TAV. N.
IL COMMITTENTE					
					

Ing. Antonio PUXEDDU
Via F. Fellini, 14 SAN GEMINI (TR)
P.IVA 01285600555



AMPLIAMENTO DELLA SEDE DI PROPRIETA'
DI A.R.P.A. UMBRIA, SITA IN PERUGIA
VIA PIEVAIOLA N.207 B-3
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLI DELLE STRUTTURE:

- RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA
- RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI
- RELAZIONE SUI MATERIALI
- RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

IL PROGETTISTA
Ing. Antonio PUXEDDU

Progetto	P 248
Nome File	248RC02-01
Rev. 01	del 31/08/2011

A.R.P.A. UMBRIA	Ing. Antonio PUXEDDU Via F. Fellini,14 SAN GEMINI (TR) Tel. 0744.302930- fax. 0744.302568 P.IVA 01285600555	Pag. 10 / 66
	PROGETTO: P - 248	
	NOME FILE: 248RC02.doc	
AMPLIAMENTO DELLA SEDE DI PROPRIETA' DI ARPA UMBRIA VIA PIEVAIOLA N.207 B-3 PERUGIA - PROGETTO ESECUTIVO - CALCOLI DELLE STRUTTURE		

2 – RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI

Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche dell'area interessata dalle fondazioni del fabbricato in epigrafe si fa riferimento alla relazione geologica del Dott. Geol. Luca Latella ed alla relativa integrazione allegata alla presente.

Tale relazione è stata redatta attraverso la consultazione di una precedente relazione geologica redatta dal Dott. Geologo Giancarlo Marchetti, con relative prove penetrometriche dinamiche e statiche realizzate dal Dott. Bartoccini Alfredo, e mediante una nuova prova penetrometrica dinamica media effettuate in vicinanza dell'ampliamento da realizzare.

E' stato inoltre realizzato un accurato rilevamento geologico e geomorfologico di superficie, e un'indagine geofisica di tipo MASW per la determinazione della categoria di suolo.

Da tale relazione si evince che:

<< Per quanto attiene l'aspetto geomorfologico il sito in esame è localizzato in un'area sub-pianeggiante, caratterizzata da modeste pendenze ed è costituita da alluvioni recenti, plio-pleistocenici limo argillosi e sabbioso - argillosi con livelli travertinosi. Mentre sia a Sud che a Nord affiorano prevalentemente i sedimenti fluvio-lacustri del Villafranchiano, costituiti da sabbie, argille e complessi conglomeratici.

L'area risulta sostanzialmente stabile dal punto di vista geologico, non sono presenti zone interessate da movimenti di dissesto di tipo franoso profondo, o aree in stato di equilibrio gravitativo precario, né sono state individuate zone che in periodi recenti siano state soggette a tali movimenti, infatti anche dall'analisi dello stralcio della carta del PAI (movimenti franosi) l'area in esame non risulta interessata da movimenti franosi attivi o quiescenti.

Dal punto di vista idrogeologico i depositi fluvio - lacustri, costituenti il terreno di fondazione, sono potenzialmente interessati da acquiferi multistrato, più o meno continui che si instaurano lungo gli orizzonti a maggiore permeabilità. Complessivamente la permeabilità del terreno indagato è medio bassa e non sono stati individuati circolazioni idriche, tuttavia i terreni superficiali possono essere interessati da filtrazioni idriche sub-superficiali in concomitanza di precipitazioni meteoriche.

La profondità della falda acquifera principale è ubicata oltre i -3,50 metri dal piano attuale di campagna, senza quindi interferire con la costruzione in oggetto >>.

1	Emesso per istruttoria Controllo Costruzioni	31/08/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
0	Emesso per Approvazione	25/03/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAT.	VERIF.	VISTO

A.R.P.A. UMBRIA	Ing. Antonio PUXEDDU Via F. Fellini,14 SAN GEMINI (TR) Tel. 0744.302930- fax. 0744.302568 P.IVA 01285600555	Pag. 11 / 66
	PROGETTO: P - 248	
	NOME FILE: 248RC02.doc	
AMPLIAMENTO DELLA SEDE DI PROPRIETA' DI ARPA UMBRIA VIA PIEVAIOLA N.207 B-3 PERUGIA - PROGETTO ESECUTIVO - CALCOLI DELLE STRUTTURE		

La successione stratigrafica del sito interessato dalla fondazione, ricostruita con la prova penetrometrica effettuata, presenta

- dal p.c fino a - 2,10 m circa: Terreno di riporto
- da - 2,10 m a - 3,20 m circa: Sabbie limose debolmente argillose
- da - 3,20 m a - 3,70 m circa: Travertini

Le fondazioni dell'ampliamento dell'edificio, che come premesso presenta un piano interrato, dovranno andare a raggiungere lo strato di travertini; all'uopo è previsto uno scavo di circa 3,5 m di profondità dal piano di campagna, provvedendo all'eventuale ricarico del fondo scavo per il raggiungimento della quota di imposta fondazioni con magrone o materiale stabilizzato.

Ne consegue che ai parametri geotecnici dell'orizzonte litologico interessato dalle fondazioni, si possono assegnare i seguenti valori:

Sabbie limose debolmente argillose:

$$\phi = 25^\circ; \quad \gamma = 1,90 \text{ t/m}^3; \quad C = 0,04 \text{ Kg/cm}^2 \quad C_U = 0,20 \text{ Kg/cm}^2$$

Travertini:

$$\phi = 35^\circ; \quad \gamma = 2,10 \text{ t/m}^3; \quad C = 0,20 \text{ Kg/cm}^2 \quad C_U = 1,00 \text{ Kg/cm}^2$$

Come premesso si opererà per fondazione di tipo superficiale costituita da una platea di forma pressoché rettangolare di spessore compreso tra 50 e 70 cm.

Per quanto concerne la modellazione delle fondazioni si opererà per un calcolo di fondazioni (Platea) su suolo elastico, per le quali può essere assunto, quindi, il coefficiente di sottofondo (modulo di Winkler) pari a:

fondazioni su sabbie limose: $K = 3,0 \text{ Kg/cm}^3$

fondazioni su travertini: $K = 8,0 \text{ Kg/cm}^3$

Per gli elementi nei quali si sono valutati i parametri geotecnici in funzione della stratigrafia indicata si sono adottate le seguenti formulazioni di letteratura:

Metodo di calcolo della K verticale

Vesic

Metodo di calcolo della capacità portante

Meyerhof

1	Emesso per istruttoria Controllo Costruzioni	31/08/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
0	Emesso per Approvazione	25/03/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAT.	VERIF.	VISTO

A.R.P.A. UMBRIA	Ing. Antonio PUXEDDU Via F. Fellini,14 SAN GEMINI (TR) Tel. 0744.302930- fax. 0744.302568 P.IVA 01285600555	Pag. 12 / 66
		PROGETTO: P - 248
	AMPLIAMENTO DELLA SEDE DI PROPRIETA' DI ARPA UMBRIA VIA PIEVAIOLA N.207 B-3 PERUGIA - PROGETTO ESECUTIVO – CALCOLI DELLE STRUTTURE	NOME FILE: 248RC02.doc

Coefficiente di sicurezza portanza fondazioni superficiali 2.3
Coefficiente di sicurezza scorrimento fondazioni superficiali 1.1

Per quanto stabilito dalla **OPCM N° 3274/2003** e dal **DM 14.1.2008** il sito rientra in zona sismica di seconda categoria.

Per la determinazione sismica dei terreni è stata effettuata una indagine geofisica di sismica metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), con lo scopo di ricostruire l'andamento sismico stratigrafico del sottosuolo, verificare la stabilità generale dell'area e ricavare le velocità delle onde "S" nei primi 30 m di profondità (V_{S30}).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

CATEGORIA B (D.M. 14/01/08)

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m. caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Considerando la situazione stratigrafica e morfotettonica locale essendo l'area situata in una zona praticamente piana, lontana da lineamenti tettonici di primaria importanza, per ciò che riguarda il coefficiente di amplificazione topografica si può assumere: **$S_T = 1,0$**

Verifica di scorrimento

La verifica di scorrimento della fondazione superficiale viene eseguita considerando le caratteristiche del terreno immediatamente sottostante al piano di posa della fondazione, ricavato in base alla stratigrafia associata all'elemento, e trascurando, a favore di sicurezza, l'eventuale spinta passiva laterale.

Qualora l'elemento in verifica sia formato da parti non omogenee tra loro, ad esempio una travata in cui le singole travi di fondazione siano associate ad un differente sondaggio, verranno condotte verifiche geotecniche distinte sui singoli tratti.

1	Emesso per istruttoria Controllo Costruzioni	31/08/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
0	Emesso per Approvazione	25/03/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAT.	VERIF.	VISTO

A.R.P.A. UMBRIA	Ing. Antonio PUXEDDU Via F. Fellini,14 SAN GEMINI (TR) Tel. 0744.302930- fax. 0744.302568 P.IVA 01285600555	Pag. 13 / 66
	AMPLIAMENTO DELLA SEDE DI PROPRIETA' DI ARPA UMBRIA VIA PIEVAIOLA N.207 B-3 PERUGIA - PROGETTO ESECUTIVO – CALCOLI DELLE STRUTTURE	PROGETTO: P - 248
		NOME FILE: 248RC02.doc

Lo scorrimento di una fondazione avviene nel momento in cui le componenti delle forze parallele al piano di contatto tra fondazione e terreno vincono l'attrito e la coesione terreno-fondazione e, qualora fosse presente, la spinta passiva laterale.

Il coefficiente di sicurezza a scorrimento si ottiene dal rapporto tra le forze stabilizzanti di progetto (Rd) e quelle instabilizzanti (Ed):

$$Rd = (N \cdot \tan(\varphi) + c_a \cdot B \cdot L + \alpha \cdot S_p) / \gamma_{Rs}$$

$$|Ed = \sqrt{T_x^2 + T_y^2}$$

dove:

N = risultante delle forze normali al piano di scorrimento;

Tx, Ty = componenti delle forze tangenziali al piano di scorrimento;

tan(phi) = coefficiente di attrito terreno-fondazione;

ca = aderenza alla base, pari alla coesione del terreno di fondazione o ad una sua frazione;

B, L = dimensioni della fondazione;

alpha = fattore di riduzione della spinta passiva;

Sp = spinta passiva dell'eventuale terreno laterale;

gamma rs = fattore di sicurezza parziale per lo scorrimento;

Le normative prevedono che il fattore di sicurezza a scorrimento FS=Rd/Ed sia non minore di un prefissato limite: $FS \geq 1,1$.

Verifica di capacità portante

La verifica di capacità portante della fondazione superficiale viene eseguita mediante formulazioni di letteratura geotecnica considerando le caratteristiche dei terreni sottostanti al piano di posa della fondazione, ricavati in base alla stratigrafia associata all'elemento.

Qualora l'elemento in verifica sia formato da parti non omogenee tra loro, ad esempio una travata in cui le singole travi di fondazione siano associate ad un differente sondaggio, verranno condotte verifiche geotecniche distinte sui singoli tratti.

La verifica viene fatta raffrontando la portanza di progetto (Rd) con la sollecitazione di progetto (Ed); la prima deriva dalla portanza calcolata con metodi della letteratura geotecnica, ridotta da opportuni fattori di sicurezza parziali; la seconda viene valutata ricavando la risultante della sollecitazione scaricata al suolo con una integrazione delle pressioni nel tratto di calcolo. Le normative prevedono che il fattore di sicurezza alla capacità portante, espresso come rapporto tra il carico ultimo di progetto della fondazione (Rd) ed il carico agente (Ed), sia non minore di un prefissato limite:

$FS \geq 2,3$.

La portanza di una fondazione rappresenta il carico ultimo trasmissibile al suolo prima di arrivare alla rottura del terreno. Le formule di calcolo presenti in letteratura sono nate per la fondazione nastriforme indefinita ma aggiungono una serie di termini correttivi per considerare le effettive condizioni al contorno della fondazione, esprimendo la capacità portante ultima in termini di pressione limite agente su di una fondazione equivalente soggetta a carico centrato.

La determinazione della capacità portante ai fini della verifica è stata condotta secondo il metodo di Meyerhof, che viene descritto nei paragrafi successivi.

1	Emesso per istruttoria Controllo Costruzioni	31/08/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
0	Emesso per Approvazione	25/03/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAT.	VERIF.	VISTO

A.R.P.A. UMBRIA	Ing. Antonio PUXEDDU Via F. Fellini,14 SAN GEMINI (TR) Tel. 0744.302930- fax. 0744.302568 P.IVA 01285600555	Pag. 14 / 66
	PROGETTO: P - 248	
	NOME FILE: 248RC02.doc	
AMPLIAMENTO DELLA SEDE DI PROPRIETA' DI ARPA UMBRIA VIA PIEVAIOLA N.207 B-3 PERUGIA - PROGETTO ESECUTIVO - CALCOLI DELLE STRUTTURE		

Metodo di Meyerhof

La capacità portante attraverso la formula di Meyerhof, in caso di carico verticale, risulta

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + \frac{1}{2} \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma$$

mentre, in caso di carico inclinato, risulta

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma$$

dove:

gamma' = peso di volume efficace dello strato di fondazione;

B = larghezza efficace della fondazione (B = Bf - 2e);

L = lunghezza efficace della fondazione (L = Lf - 2e);

c = coesione dello strato di fondazione;

q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;

Nc, Nq, Ny = fattori di capacità portante;

sc, sq, sy = fattori di forma della fondazione;

dc, dq, dy = fattori di profondità del piano di posa della fondazione;

ic, iq, iy = fattori di inclinazione del carico; Per la teoria di Meyerhof i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg\phi; \quad N_q = tg^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot e^{(\pi \cdot tg\phi)}; \quad N_\gamma = (N_q - 1) \cdot tg(1.4 \cdot \phi)$$

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot tg^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot \frac{B}{L}; \quad s_q = 1 + 0.1 \cdot tg^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot \frac{B}{L}; \quad s_\gamma = s_q$$

$$d_c = 1 + 0.2 \cdot tg \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot \frac{D}{B_f}; \quad d_q = 1 + 0.1 \cdot tg \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot \frac{D}{B_f}; \quad d_\gamma = d_q$$

$$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ} \right)^2; \quad i_q = i_c; \quad i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ} \right)^2$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

phi = angolo di attrito dello strato di fondazione; theta = inclinazione della risultante sulla verticale; D = profondità del piano di posa della fondazione dal piano campagna;

Nel caso di terreno eminentemente coesivo (phi = 0) si assume sq = 1 ; s_gamma = 1 ; dq = 1 ; d_gamma = 1 ; i_gamma = 1

Influenza degli strati sulla capacità portante

Le formulazioni utilizzate per la portanza prevedono la presenza di uno stesso terreno nella zona interessata dalla potenziale rottura. In prima approssimazione lo spessore di tale zona è pari a:

$$H = \frac{1}{2} \cdot B \cdot Tan(45^\circ + \phi / 2)$$

In presenza di stratificazioni di terreni diversi all'interno di tale zona, il calcolo diventa più complesso; non esiste una metodologia univoca per questi casi, differenti autori hanno proposto soluzioni diverse a seconda dei casi che si possono presentare. In prima approssimazione, nel caso di

1	Emesso per istruttoria Controllo Costruzioni	31/08/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
0	Emesso per Approvazione	25/03/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAT.	VERIF.	VISTO

<h1 style="margin: 0;">A.R.P.A.</h1> <h2 style="margin: 0;">UMBRIA</h2>	Ing. Antonio PUXEDDU Via F. Fellini,14 SAN GEMINI (TR) Tel. 0744.302930- fax. 0744.302568 P.IVA 01285600555	Pag. 15 / 66
	AMPLIAMENTO DELLA SEDE DI PROPRIETA' DI ARPA UMBRIA VIA PIEVAIOLA N.207 B-3 PERUGIA - PROGETTO ESECUTIVO – CALCOLI DELLE STRUTTURE	
	PROGETTO: P - 248	NOME FILE: 248RC02.doc

stratificazioni, viene trovata una media delle caratteristiche dei terreni, pesata sullo spessore degli strati interessati. Nel caso in cui il primo strato incontrato sia coesivo viene anche verificato che la compressione media agente sulla fondazione non superi la tensione limite di espulsione, circostanza che provocherebbe il rifluimento del terreno da sotto la fondazione, rendendo impossibile la portanza. La tensione limite di espulsione qult per terreno coesivo viene calcolata come:

$$q_{ult} = 4c + q$$

dove c è la coesione e q è il sovraccarico agente sul piano di posa.

Influenza del sisma sulla capacità portante

La capacità portante nelle combinazioni sismiche viene valutata mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica.

L'effetto inerziale prodotto dalla struttura in elevazione sulla fondazione può essere considerato tenendo conto dell'effetto dell'inclinazione (rapporto tra forze T parallele al piano di posa e carico normale N) e dell'eccentricità (rapporto tra momento M e carico normale N) delle azioni in fondazione, e produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite, oltre alla riduzione dell'area efficace.

L'effetto cinematico si manifesta per effetto dell'inerzia delle masse del suolo sotto la fondazione come una riduzione della resistenza teorica calcolata in condizioni statiche; tale riduzione è in funzione del coefficiente sismico orizzontale k_h , cioè dell'accelerazione normalizzata massima attesa al suolo, e delle caratteristiche del suolo. L'effetto è più marcato su terreni granulari, mentre nei suoli coesivi è poco rilevante.

Per tener conto nella determinazione del carico limite di tali effetti inerziali vengono introdotti nelle combinazioni sismiche anche i fattori correttivi e (earthquake), valutati secondo Paolucci e Pecker:

$$e_q = \left(1 - \frac{k_h}{\text{tg}\phi}\right)^{0.35} ; e_c = 1 - 0.32 \cdot k_h ; e_r = e_q$$

Verifiche delle fondazioni

Nelle verifiche nei confronti degli Stati Limite ultimi SLU strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali:

DA1.1 - Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

DA1.2 - Approccio 2:

- Combinazione 1:(A1+M1+R3)

Le seguenti verifiche delle fondazioni sono state condotte secondo l'**approccio [2]**.

1	Emesso per istruttoria Controllo Costruzioni	31/08/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
0	Emesso per Approvazione	25/03/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAT.	VERIF.	VISTO

<h1>A.R.P.A.</h1> <h2>UMBRIA</h2>	Ing. Antonio PUXEDDU Via F. Fellini,14 SAN GEMINI (TR) Tel. 0744.302930- fax. 0744.302568 P.IVA 01285600555	Pag. 16 / 66
		PROGETTO: P - 248
	AMPLIAMENTO DELLA SEDE DI PROPRIETA' DI ARPA UMBRIA VIA PIEVAIOLA N.207 B-3 PERUGIA - PROGETTO ESECUTIVO - CALCOLI DELLE STRUTTURE	NOME FILE: 248RC02.doc

Le relative combinazioni di calcolo (SLV fondazioni) e le verifiche di capacità portante e scorrimento sono presenti negli allegati di calcolo e di seguito riportate:

Verifiche geotecniche

Dati geometrici dell'impronta di calcolo
Forma dell'impronta di calcolo: rettangolare di area equivalente
Area di ingombro esterno minore: 2667198
Angolo di rotazione corrispondente all'ingombro minore (deg): 0
Rapporto di forma trovato (area ingombro esterno/area fondazione): 1.15
Coordinata X del centro impronta: 585
Coordinata Y del centro impronta: 645
Coordinata Z del centro impronta: -320
Lato minore B dell'impronta: 1516
Lato maggiore L dell'impronta: 1531
Area dell'impronta rettangolare di calcolo: 2320494

Verifica di scorrimento sul piano di posa - Caso statico

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLU 3
Forza risultante agente in direzione x: 51616.41
Forza risultante agente in direzione y: -11240.32
Forza risultante agente in direzione z: -1354524.28
Inclinazione del carico in direzione x (deg): 2.18
Inclinazione del carico in direzione y (deg): -0.48
Angolo di attrito di progetto (deg): 15
Adesione di progetto: .04
Azione di progetto (risultante del carico tangenziale al piano di posa): 52826.12
Resistenza di progetto: 414330.41
Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 1.1
Coefficiente di sicurezza normalizzato ks min (Rd/Ed): 7.84

Verifica di scorrimento sul piano di posa - Caso sismico

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLV fondazioni 13
Forza risultante agente in direzione x: 178893.28
Forza risultante agente in direzione y: -46500.26
Forza risultante agente in direzione z: -1470907.73
Inclinazione del carico in direzione x (deg): 6.93
Inclinazione del carico in direzione y (deg): -1.81
Angolo di attrito di progetto (deg): 15
Adesione di progetto: .04
Azione di progetto (risultante del carico tangenziale al piano di posa): 184837.99
Resistenza di progetto: 442680.27
Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 1.1
Coefficiente di sicurezza normalizzato ks min (Rd/Ed): 2.39

Verifica di capacità portante sul piano di posa - Caso statico

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLU 42
Azione di progetto (risultante del carico normale al piano di posa): -2356559.94
Resistenza di progetto: 63306753.93
Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 2.3
Coefficiente di sicurezza normalizzato kp min (Rd/Ed): 26.86

Parametri utilizzati nel calcolo:

Forza risultante agente in direzione x: 53922.31
Forza risultante agente in direzione y: -14612.42
Forza risultante agente in direzione z: -2356559.94
Momento agente in direzione x: 7472761.78
Momento agente in direzione y: 160791258.17
Inclinazione del carico in direzione x (deg): 1.31
Inclinazione del carico in direzione y (deg): -0.36
Eccentricità del carico in direzione x: 68.23
Eccentricità del carico in direzione y: 3.17
Impronta al suolo (BxL): 1531 x 1516
Larghezza efficace (B'=B-2*e): 1394.05
Lunghezza efficace (L'=L-2*e): 1509.81
Coesione di progetto:
Sovraccarico di progetto: .09
Peso specifico di progetto del suolo : 0.0021
Angolo di attrito di progetto (deg): 34.8

Fattori di capacità portante

N	S	D	I	B	G	E	Tipo
45.35	1.68	1.01	0.97	0.00	0.00	1.00	Coesione
32.53	1.34	1.01	0.97	0.00	0.00	1.00	Sovraccarico
35.94	1.34	1.01	0.92	0.00	0.00	1.00	Attrito

1	Emesso per istruttoria Controllo Costruzioni	31/08/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
0	Emesso per Approvazione	25/03/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAT.	VERIF.	VISTO

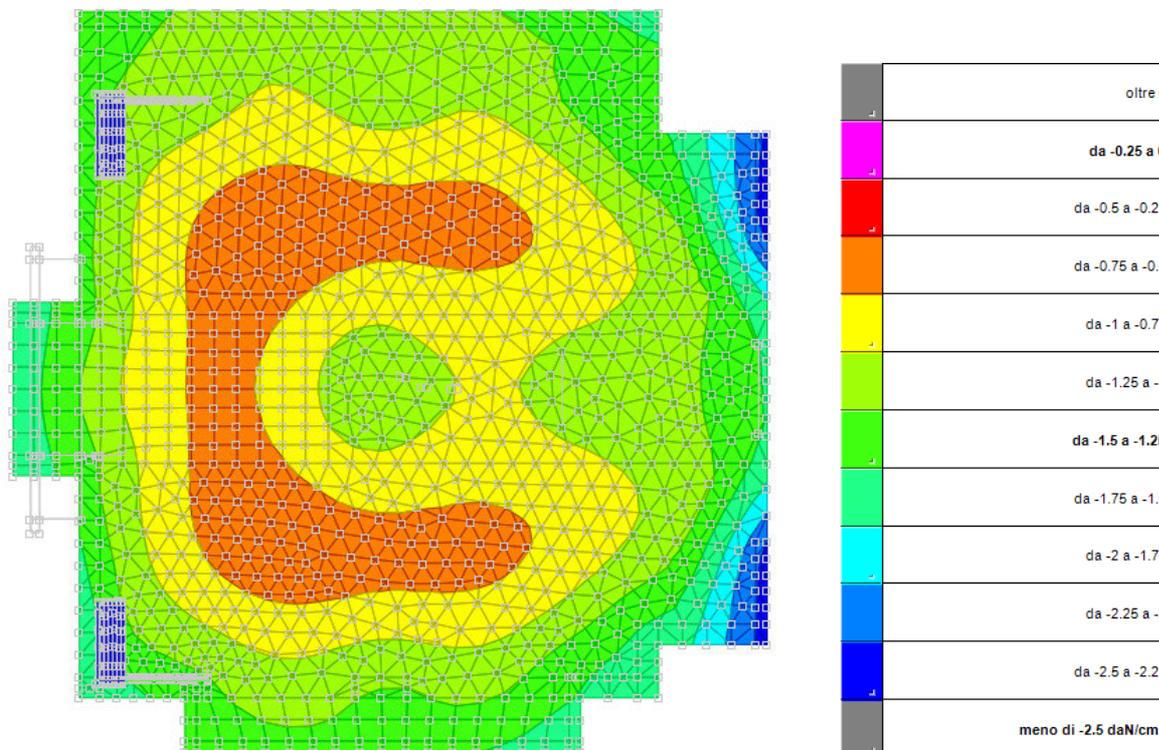
Verifica di capacità portante sul piano di posa - Caso sismico

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLV fondazioni 13
Azione di progetto (risultante del carico normale al piano di posa): -1470907.73
Resistenza di progetto: 24304925.92
Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 2.3
Coefficiente di sicurezza normalizzato $k_p \min$ (Rd/Ed): 16.52

Parametri utilizzati nel calcolo:
Forza risultante agente in direzione x: 178893.28
Forza risultante agente in direzione y: -46500.26
Forza risultante agente in direzione z: -1470907.73
Momento agente in direzione x: 47956927.81
Momento agente in direzione y: 286722326.85
Inclinazione del carico in direzione x (deg): 6.93
Inclinazione del carico in direzione y (deg): -1.81
Eccentricità del carico in direzione x: 194.93
Eccentricità del carico in direzione y: 32.6
Impronta al suolo (BxL): 1531 x 1516
Larghezza efficace ($B'=B-2*e$): 1140.66
Lunghezza efficace ($L'=L-2*e$): 1450.95
Coesione di progetto:
Sovraccarico di progetto: .09
Peso specifico di progetto del suolo : 0.0021
Angolo di attrito di progetto (deg): 34.8
Accelerazione normalizzata massima al suolo: .21

Fattori di capacità portante

N	S	D	I	B	G	E	Tipo
45.35	1.58	1.01	0.85	0.00	0.00	0.93	Coesione
32.53	1.29	1.01	0.85	0.00	0.00	0.88	Sovraccarico
35.94	1.29	1.01	0.63	0.00	0.00	0.88	Attrito



Inviluppo delle pressioni minime sul terreno

1	Emesso per istruttoria Controllo Costruzioni	31/08/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
0	Emesso per Approvazione	25/03/2011	Cioccoloni	Puxeddu	Puxeddu
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAT.	VERIF.	VISTO

Geologo Dott. Luca Latella
Studio Tecnico: Via G. di Vitalone 18 - 05100 Terni
Tel. 0744 - 293784; 347- 6355500

REGIONE UMBRIA

PROVINCIA DI PERUGIA

COMUNE DI PERUGIA

**RELAZIONE: GEOLOGICA – GEOMORFOLOGICA -
SISMICA - IDROGEOLOGICA E IDRAULICA**

OGGETTO: PROGETTO DI AMPLIAMENTO DELLA PALAZZINA CHE
OSPITERA' GLI UFFICI DELLA DIREZIONE GENERALE DELL'ARPA

LOCALITA': SAN SISTO

COMMITTENTE : ARPA UMBRIA

LUGLIO 2010

GEOLOGO LUCA LATELLA



PREMESSA

In data luglio 2010, il sottoscritto Dott. Geologo Luca Latella ha redatto per conto di ARPA UMBRIA, una relazione geologica tecnica, relativa ad un progetto di ampliamento della palazzina che ospiterà gli uffici della Direzione generale dell'ARPA, ubicata in località San Sisto nel Comune di Perugia.

Tale relazione è stata redatta attraverso la consultazione di una precedente relazione geologica redatta dal Dott. Geologo Giancarlo Marchetti e a noi fornita dallo Studio Maroni, con relative prove penetrometriche dinamiche e statiche realizzate dal Dott. Bartoccini Alfredo.

In aggiunta ai dati tecnici descritti, lo scrivente, ha provveduto ad effettuare in vicinanza dell'ampliamento da realizzare un' ulteriore prova penetrometrica dinamica media allegata alla presente relazione geologica, con il fine ultimo di dettagliare ed integrare nel modo migliore i dati in nostro possesso.

I dati di riferimento per il calcolo delle strutture devono essere estrapolati dalla indagine penetrometrica PP1 realizzata dallo scrivente in vicinanza del sito oggetto dell'intervento.

E' stato inoltre realizzata da parte dello scrivente un accurato rilevamento geologico e geomorfologico di superficie, e un' indagine geofisica di tipo MASW per la determinazione della categoria di suolo.

L'area in esame, è contraddistinta dal Foglio n° 280, Particelle n°54, 97, 99, 100, 103, 104, 105 106, 107, 108, 109, 110, 111. della planimetria catastale del Comune di Perugia.

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLOGICHE DELL'AREA IN STUDIO.

L'area indagata, è posta ad una quota topografica di 255 m s.l.m., ed è ubicata a Sud-Ovest dal centro dell'abitato di Perugia in loc. San Sisto in prossimità della S.S. 220 Pievaiola.

Per quanto attiene l'aspetto geomorfologico il sito in esame è localizzato in un'area sub- pianeggiante, caratterizzata da modeste pendenze ed è costituita da alluvioni recenti, plio-pleistocenici limo argillosi e sabbioso – argillosi con livelli travertinosi, originatisi per deposito chimico da acque superficiali particolarmente ricche di carbonato di calcio. Mentre sia a Sud che a Nord affiorano prevalentemente i sedimenti fluvio-lacustri del Villafranchiano, costituiti da sabbie, argille e complessi conglomeratici.

L'area esaminata, infatti risulta sostanzialmente stabile dal punto di vista geologico, infatti, il rilevamento e le indagini effettuate non ha portato ad individuare zone interessate da movimenti di dissesto di tipo franoso profondo, o aree in stato di equilibrio gravitativo precario, né sono state individuate zone che in periodi recenti siano state soggette a tali movimenti.

Infatti anche dall'analisi dello stralcio della carta del PAI (movimenti franosi) l'area in esame non risulta interessata da movimenti franosi attivi o quiescenti.

IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico i depositi fluvio – lacustri, costituenti il terreno di fondazione, sono potenzialmente interessati da acquiferi multistrato, più o meno continui che si instaurano lungo gli orizzonti a maggiore permeabilità. Complessivamente la permeabilità del terreno indagato è medio bassa e non sono stati individuati circolazioni idriche, tuttavia i terreni superficiali possono essere interessati da filtrazioni idriche sub-superficiali in concomitanza di precipitazioni meteoriche.

Infatti tali acque meteoriche in parte si infiltrano, mentre per il resto scorrono in superficie organizzandosi in piccoli fossi regimati da escludere così la possibilità di fenomeni di esondazione

La profondità della falda acquifera principale è ubicata oltre i – 3,50 metri dal piano attuale di campagna, senza quindi interferire con la costruzione in oggetto.

STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

La successione stratigrafica del sito studiato, è stata ricostruita in dettaglio, in base alle prove penetrometriche sia statiche che dinamiche effettuate dal dott. Geologo Bartoccini Alfredo.

In aggiunta ai dati tecnici descritti, lo scrivente, ha provveduto ad effettuare in vicinanza dell'ampliamento da realizzare un' ulteriore prova penetrometrica dinamica media allegata alla presente relazione geologica, con il fine ultimo di dettagliare ed integrare nel modo migliore i dati in nostro possesso.

I dati di riferimento per il calcolo delle strutture devono essere estrapolati dalla indagine penetrometrica PP1 realizzata dallo scrivente in vicinanza del sito oggetto dell'intervento.

La successione stratigrafica riscontrata, è dunque la seguente:

- dal p.c fino a – 2,10 m circa: Terreno di riporto
- da - 2,10 m a – 3,20 m circa: Sabbie limose debolmente argillose
- da - 3,20 m a – 3,70 m circa: Travertini

Vengono ora riportati i principali parametri geotecnici della successione identificata:

Terreno di riporto (compreso da p.c. a – 2,10)

- Angolo d'attrito interno $\phi = 22^\circ$
- Densità naturale $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$
- Coefficiente di sottofondo statico $K_w = 1 \text{ Kg/cm}^3$
- Coesione drenata $c = 0.02 \text{ Kg/cm}^2$
- Coesione non drenata $c_u = 0.10 \text{ Kg/cm}^2$
- Carico ammissibile $Q = 1.00 \text{ Kg/cm}^2$

Sabbie limose debolmente argillose (comprese da - 2,10 m a – 3,20 m).

- Angolo d'attrito interno $\phi = 25^\circ$
- Densità naturale $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$
- Coefficiente di sottofondo statico $K_w = 3 \text{ Kg/cm}^3$
- Coesione drenata $c = 0.04 \text{ Kg/cm}^2$
- Coesione non drenata $c_u = 0.20 \text{ Kg/cm}^2$
- Carico ammissibile $Q = 1.50 \text{ Kg/cm}^2$

Travertini (compresi da - 3,20 m a - 3,70 m).

- Angolo d'attrito interno $\phi = 35^\circ$
- Densità naturale $\gamma = 2.10 \text{ t/m}^3$
- Coefficiente di sottofondo statico $K_w = 8 \text{ Kg/cm}^3$
- Coesione drenata $c = 0.20 \text{ Kg/cm}^2$
- Coesione non drenata $c_u = 1.00 \text{ Kg/cm}^2$
- Carico ammissibile $Q = 3.00 \text{ Kg/cm}^2$

CONCLUSIONI

In seguito, del rilevamento geologico, geomorfologico, e a tutte le indagini effettuate dallo studio precedente, l'esecuzione di un'indagine geofisica di tipo MASW) e la consultazione delle carte del PAI, lo scrivente Geologo Luca Latella afferma quanto segue :

- l'area esaminata, infatti risulta sostanzialmente stabile dal punto di vista geologico e non sono state individuate zone interessate da movimenti di dissesto di tipo franoso profondo, o aree in stato di equilibrio gravitativo precario, né sono state individuate zone che in periodi recenti siano state soggette a tali movimenti;
- la profondità della falda acquifera principale è ubicata oltre i - 3,50 metri dal piano attuale di campagna, senza quindi interferire con la costruzione in oggetto;
- per quanto attiene la realizzazione del sistema fondale, **si consiglia la messa in opera di fondazioni superficiali a travi continue o platea estremamente rigide intestate ad almeno - 3,00 metri dal piano di campagna attuale;**
- Il ruscellamento è di media entità in relazione alla permeabilità generale del terreno di superficie; in ogni caso bisognerà predisporre per ogni fabbricato un drenaggio a monte dell'opera per evitare infiltrazioni d'acqua;
- **per quanto attiene la nuova normativa sismica, il sito in esame rientra nella categoria di suolo B, ovvero Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, come confermato dalla MASW effettuata.**

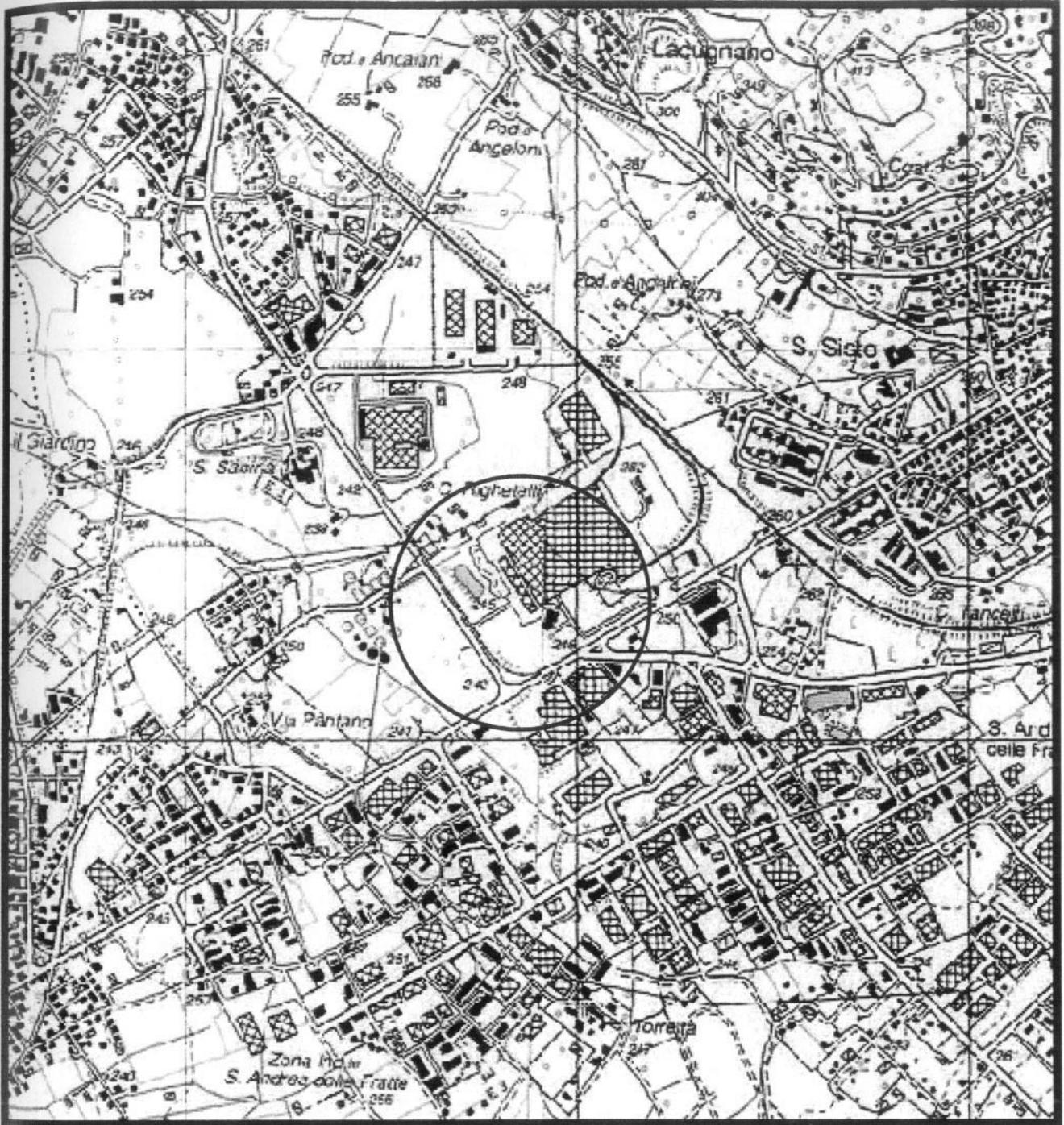
L'opera, da un punto di vista geologico, geomorfologico, geotecnico, idrogeologico ed idraulico, potrà essere realizzata senza alcuna controindicazione.

Il Tecnico

Terni, Luglio 2010

Geologo Luca Latella





Ubicazione area in studio

Scala 1:25000



Area in studio

Dott. Geol. Luca Latella



Carta Geologica

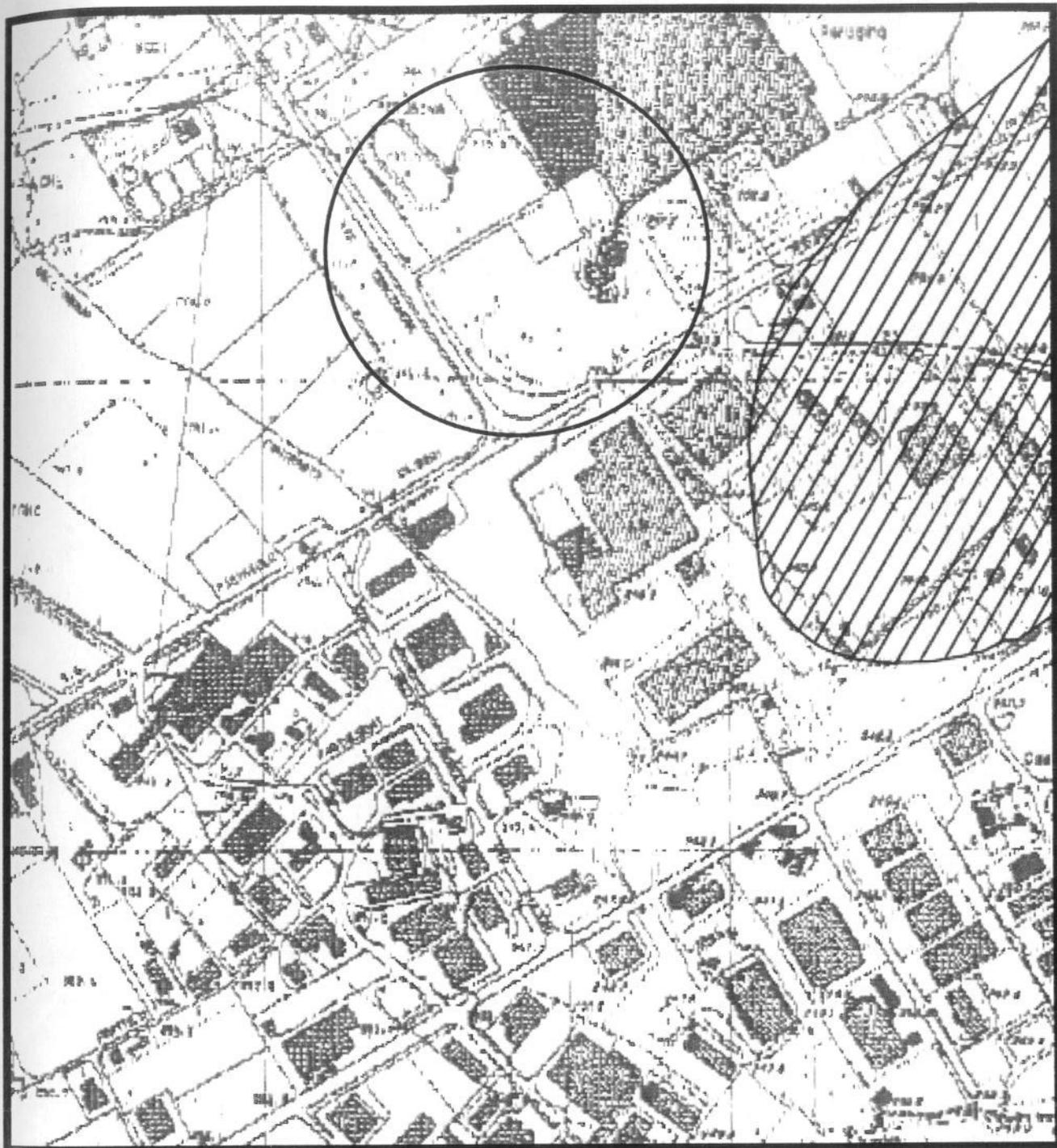


Alluvioni sabbiose recenti,
coltri eluviali e colluviali del Pleistocene



Area in studio

Dott. Geol. Luca Latella



Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio frana
Piano Stralci di Asseto Idrogeologico
Scala 1:10.000

L'area in studio non è interessata da fenomeni
gravitativi attivi o quiescenti



Area di studio

Dott. Geol. Luca Latella



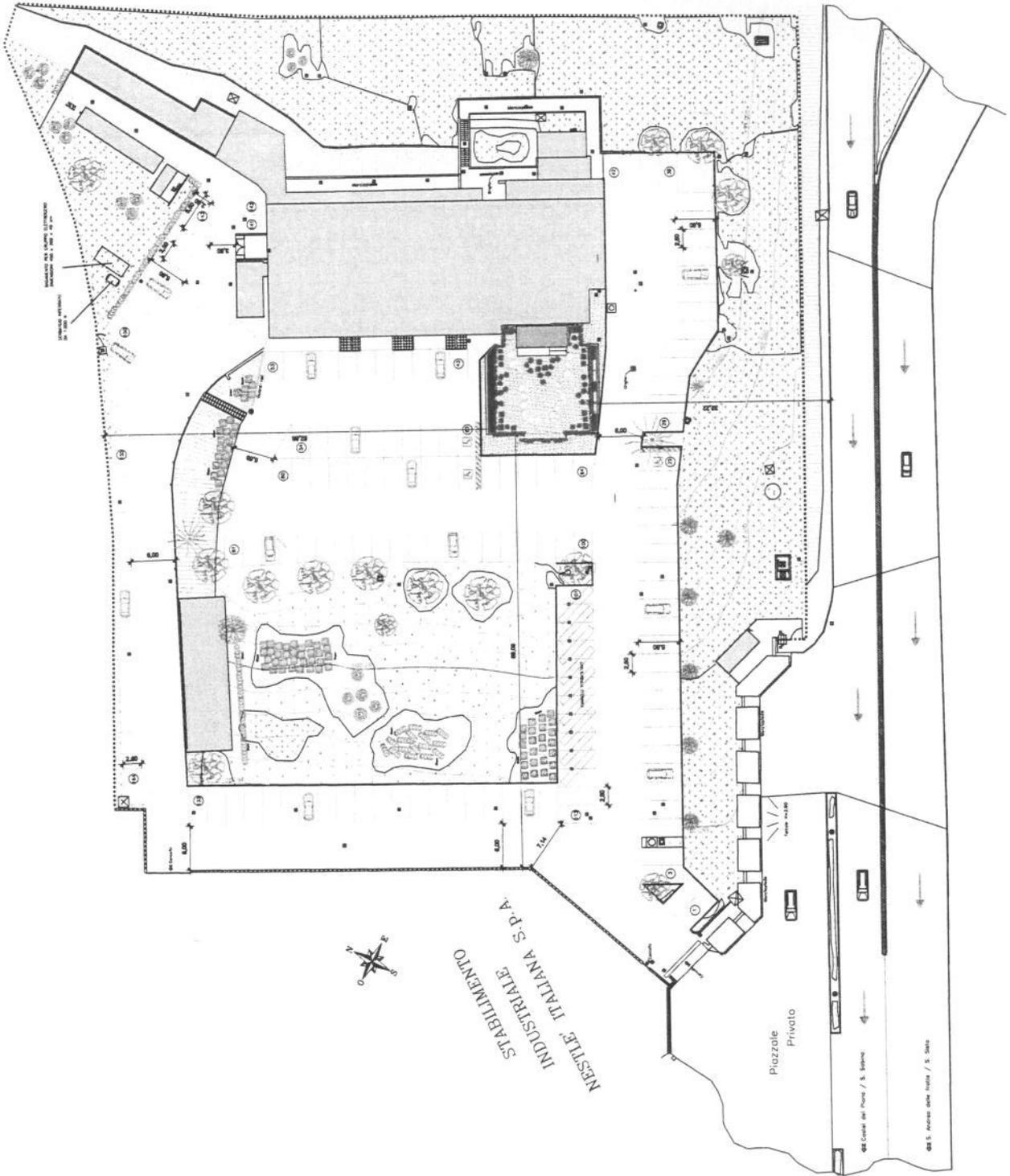
Google

656511/Alt

©2010 Tele Atlas
©2010 Europa Technologies

43°05'07.64" N 12°18'46.72" E 808.01 elev.

Data di acquisizione delle immagini: 29 Ago 2007



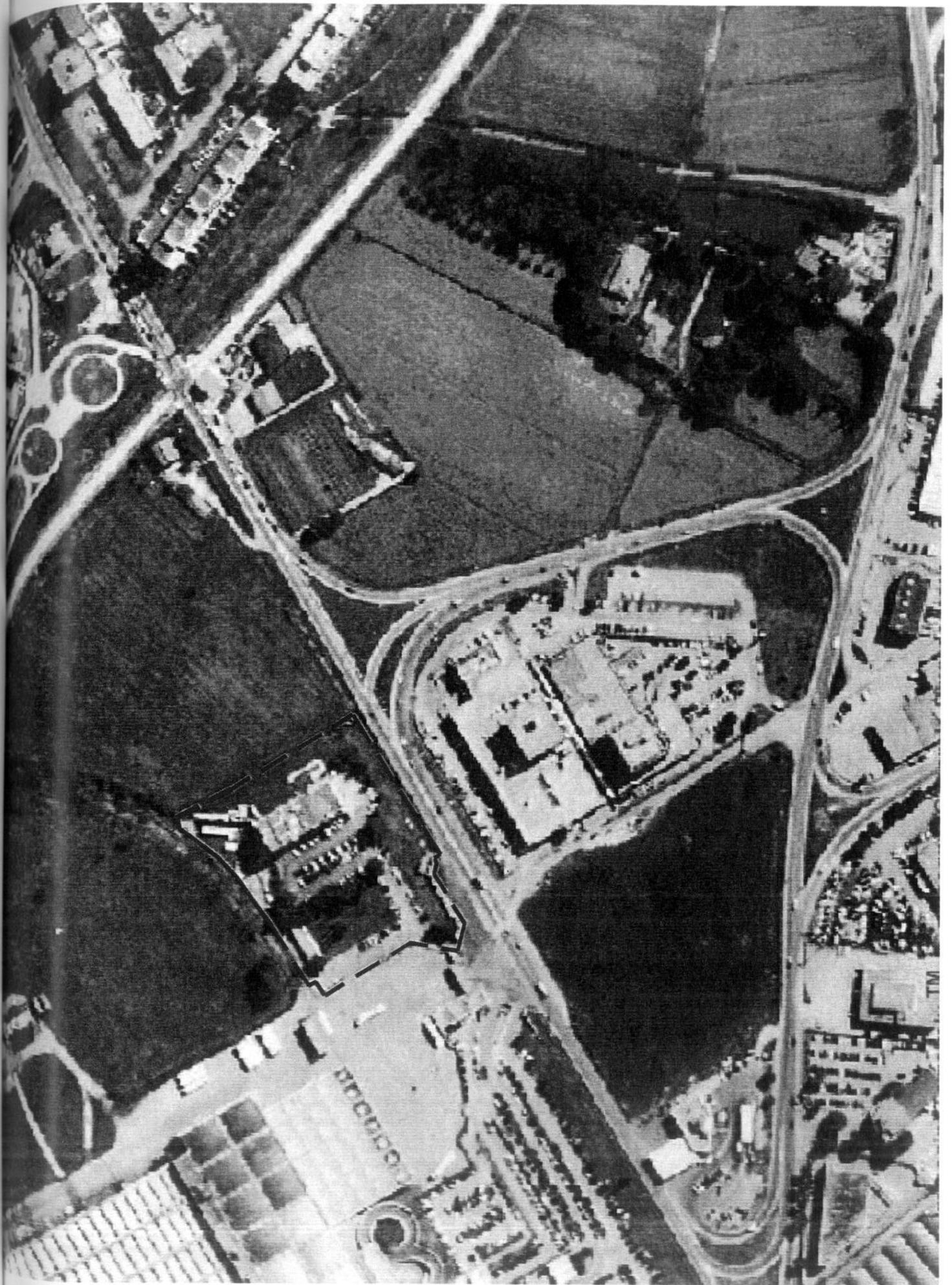
STABILIMENTO
NESTLÉ ITALIANA S.p.A.

Piazzale
Privato

SS 692
Cavali del Ponte / S. Simeone

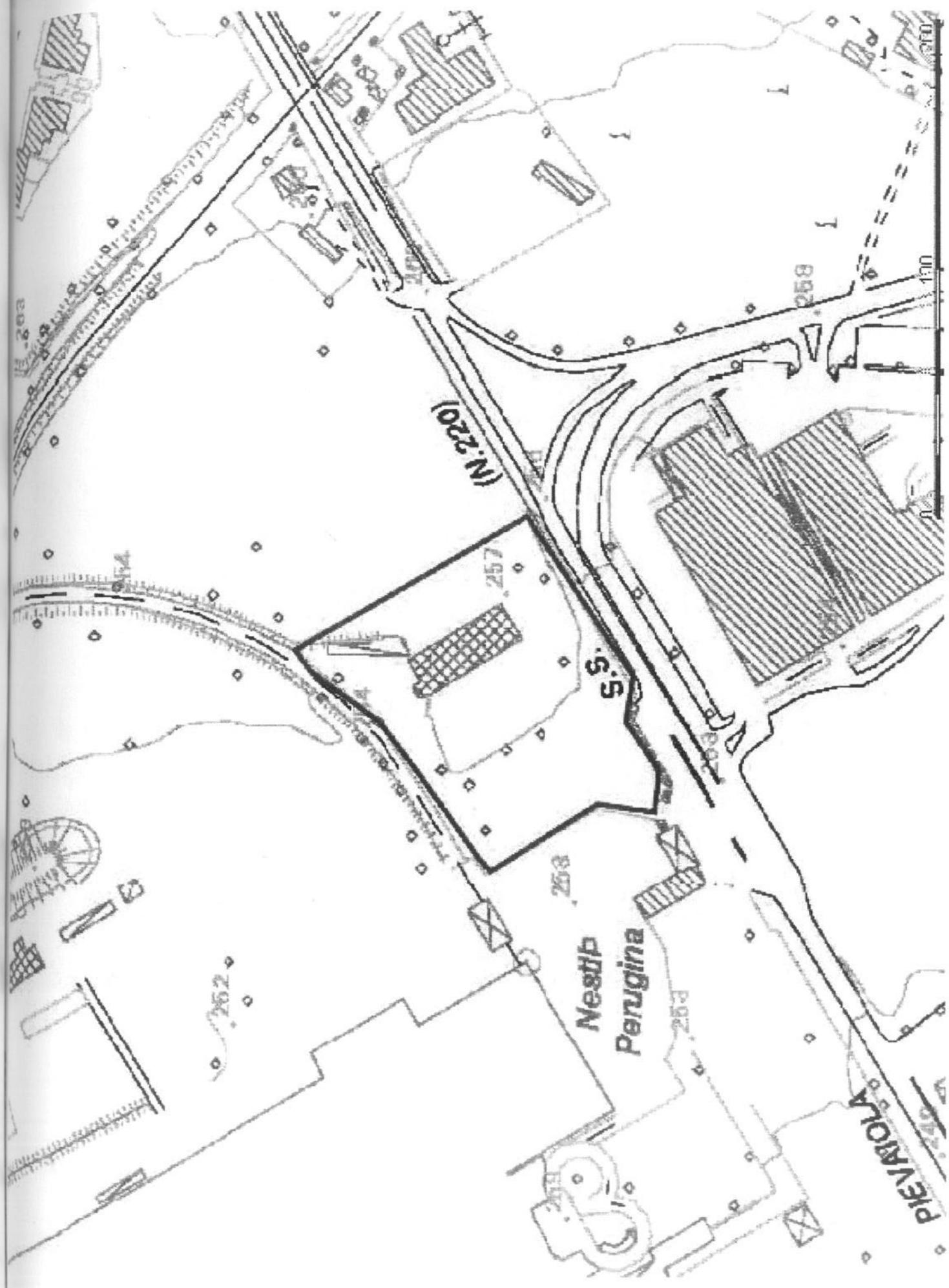
SS 692
Anche delle Vigne / S. Simeone

COMUNE DI PERUGIA AMPLIAMENTO DELLA SEDE DI PROPRIETÀ DI ARPA UMBRIA IN PERUVIOLA N.207 B-S PERUGIA		P1
PROGETTO PLANIMETRIA GENERALE		
S. PROGETTISTA S. CLIENTE	PROGETTO DEFINITIVO DATA S. DATA S. DATA S. DATA S. DATA	umbriga studiomarconi
S. PROGETTISTA S. CLIENTE	S. PROGETTISTA S. CLIENTE	





STRALCIO CATASTALE 1:1000



(N. 220)

257

S.S.

258

Nestip
Perugina

252

259

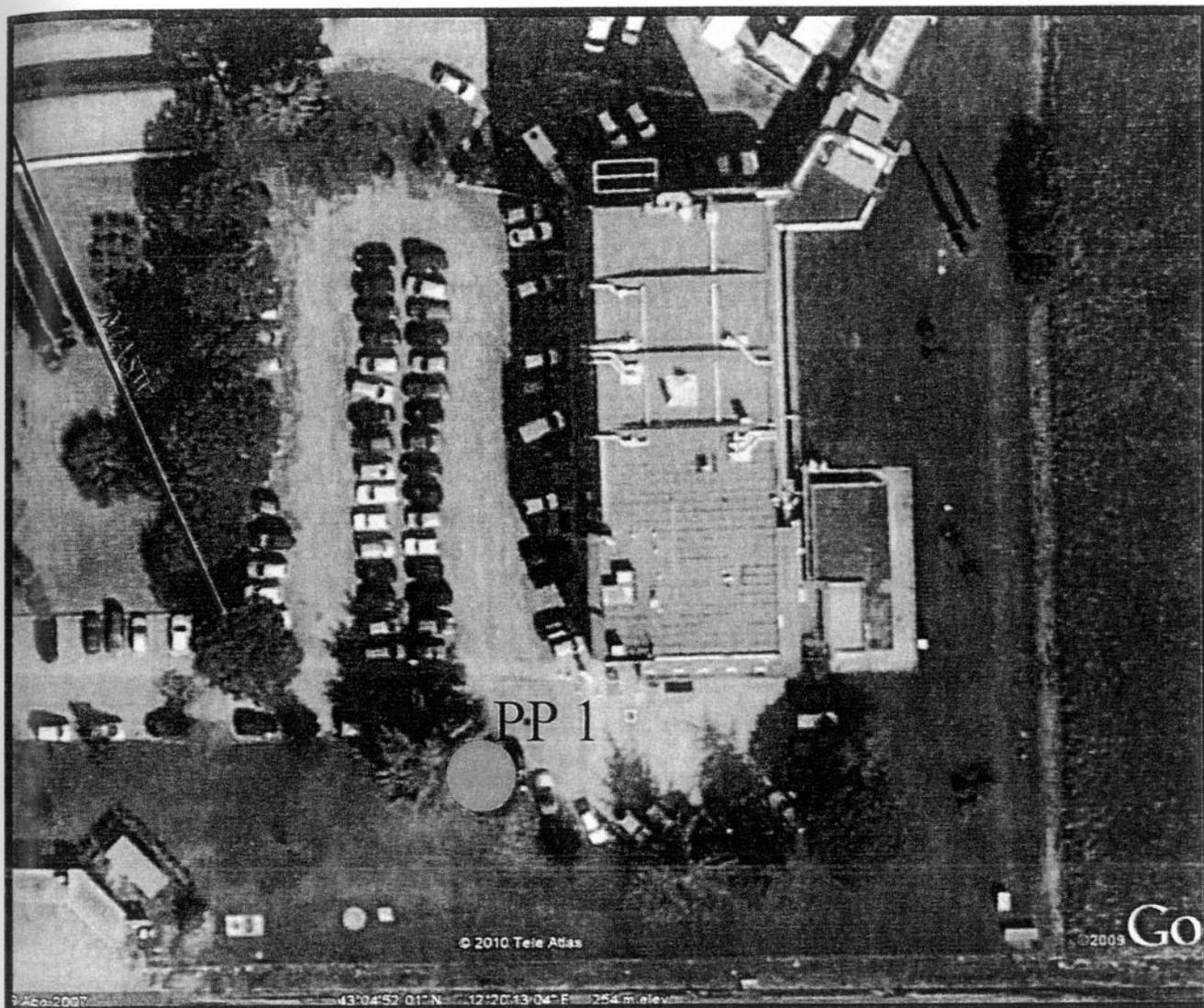
PIEVOLA

258

259

Carta ubicazione indagini geologiche

Dott. Geol. Luca Latella

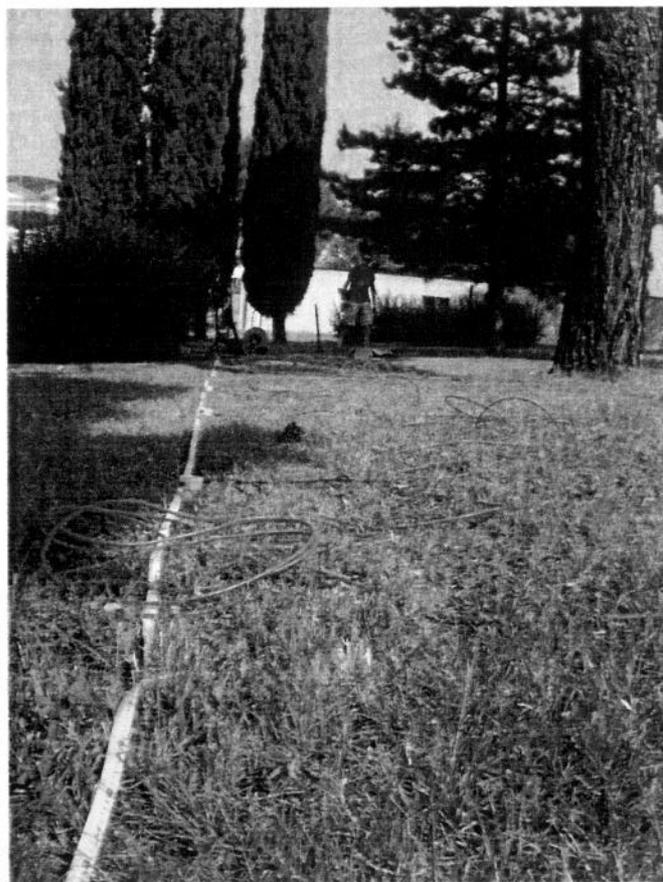


● Prova penetrometrica

— Stendimento MASW

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Stendimento MASW



SOCIETÀ GEOLOGICA

Società Geologica Srl
Via G. Vitalone 18 - 05100 Terni
Cod. Fisc./P.IVA 01374990552

REGIONE UMBRIA

COMUNE DI PERUGIA

Località: San Sisto

Committente : Arpa Umbria

INDAGINI MASW

Multi-channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie)

SOCIETA' GEOLOGICA S.r.l
Dott. Geol. Luca Latella
Dott. Geol. Giorgio Arcangeli

Data: Luglio 2010

PREMESSA

Nel mese di Luglio 2010, è stata eseguita un'indagine MASW *Multi-channel Analysis of Surface Waves*.

L'indagine è consistita nell'esecuzione di n. 1 stendimento della lunghezza di 48 m, utilizzando 24 geofoni con intervallo intergeofonico pari rispettivamente a 2.0 m. Come sorgente di energia è stata utilizzata una mazza di battuta.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante il Sismografo a 24 canali 16SG24 della P.A.S.I. s.r.l. di Torino, mentre la successiva elaborazione è avvenuta mediante il software WinMASW, della Eliosft .

NOTE TEORICHE

A cosa serve sapere la Vs?

La questione delle Vs è venuta alla ribalta in relazione alle novità normative in materia antisismica. La conoscenza del valore della Vs nella parte più superficiale è infatti utile a stimare l'effetto di sito (l'amplificazione litologica).

In realtà la Vs ha notevole valore anche dal punto di vista dell'ingegneria civile (ricordiamo ad esempio che il *modulo di taglio* è dato dal prodotto della densità per il quadrato della Vs).

In generale la conoscenza di V_s e V_p fornisce un valore aggiunto notevole in quanto consente una serie di considerazioni (geomeccaniche ambientali e litologiche) impossibili da svolgere avendo a disposizione solo l'una o l'altra

Si ricordi, giusto per dare un motivo di riflessione, come la V_p sia fortemente influenzata dalla presenza di acqua (le rifrazioni in V_p fatte in pianura alluvionale forniscono V_p attorno a 1500m/s a pochissimi metri di profondità proprio a causa della "tavola d'acqua") mentre la V_s ne sia solo modestamente influenzata.

Cos'è una misura MASW

MASW è l'acronimo di *Multi-channel Analysis of Surface Waves* (*Analisi Multi-canale di Onde di Superficie*). Ciò indica che il fenomeno che si analizza è la propagazione delle onde di superficie.

Più specificatamente si analizza la **dispersione** delle onde di superficie (cioè il fatto che frequenze diverse - cioè lunghezze d'onda diverse - viaggiano a velocità diversa).

Il principio base è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale (cioè del segnale sismico che si propaga) viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo.

Più specificatamente: le lunghezze d'onda più ampie (cioè le frequenze più basse) sono influenzate dalla parte più profonda (in altre termini *sentono* gli strati più

profondi), mentre le piccole lunghezze d'onda (le frequenze più alte) dipendono dalle caratteristiche della parte più superficiale.

Poichè tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, ciò si rifletterà nel fatto che le frequenze più basse (delle onde di superficie) viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte.

Quindi la tipica curva di dispersione si presenta secondo un *trend* del genere riportato nella seguente figura (nella quale sono riportate le curve di dispersione sia delle onde di Rayleigh che di Love per un tipico modello)

Tradizionalmente le *MASW* sono effettuate tramite analisi delle onde di Rayleigh (che vengono registrate tramite i comuni geofoni a componente verticale - quelli usati per la comune rifrazione in onde compressionali - e considerando una comunissima sorgente ad impatto verticale, cioè la classica martellata).

Questo avviene per almeno 2 motivi:

1. tali geofoni (e tale modalità di acquisizione) sono sicuramente i più semplici e comuni.
2. la propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh si verifica senza problemi anche in caso di canali a bassa velocità (inversioni di velocità) che, come sappiamo, risultano invisibili per la rifrazione (i cui risultati vengono anzi inficiati dalla presenza di inversioni di velocità!).

D'altro canto sfruttare la dispersione delle onde di Love (assieme a quella delle onde di Rayleigh) rappresenta una nuova interessantissima frontiera per la analisi *MASW* (vedi manuale *winMASW* per ulteriori informazioni) (si ricorda qui come l'utilizzo delle onde di Love si possibile solo con la tecnica *MASW* e non in passiva con la *ReMi*).

In sintesi: poichè la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo (dalle sue variazioni verticali), dalla determinazione delle curve di dispersione è possibile ricavare le caratteristiche del mezzo (i parametri fondamentali sono la velocità delle onde di taglio e lo spessore degli strati).

SINTESI DEI RISULTATI

PROFILO MASW

Lunghezza stendimento: 48 m;

Distanza intergeofonica: 2.0 m.

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 3 battute rispettivamente con offset di 2, 5 e 10 metri ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

L'interpretazione dei dati ha permesso di individuare il seguente risultato :

La velocità V_{s30} (m/s) = 482

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M.

Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

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

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)	Modulo di Poisson	Modulo di Bulk (MPa)	Modulo di Young (MPa)	Modulo di Lamè (MPa)
1	176	2.8	0.35	169	152	132
2	243	1.8	0.36	376	306	301
3	399	8.8	0.37	1097	879	882
4	993	16.6	0.32	5291	5756	3837

Density (gr/cm³): 1.81, 1.90, 2.02, 2.21

Shear modulus (MPa): 56, 112, 322, 2182

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and elastic moduli

Vp (m/s): 367, 526, 869, 1925

Poisson: 0.35, 0.36, 0.37, 0.32

Bulk modulus (MPa): 169, 376, 1097, 5291

Young's modulus (MPa): 152, 306, 879, 5756

Lamé (MPa): 132, 301, 882, 3837

VS30 (m/s): 482

Possible Soil Type: B

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For the Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero 10 < cuS30 < 20 kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW 4.1 Pro

Surface wave analysis modelling and inversion of Rayleigh and Love waves MASW, ReMi and attenuation analyses

www.eliosoft.it

winMASW_report

==0== SECTION#1
dataset: 001.DAT
minimum offset (m): 2
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 1
Dispersion curve: ArpaUMBRIA.cdp
Number of individuals: 30
Number of generations: 31

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	100	0.8258594	170
0.25172	200	1.05172	500
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	230	5.946187	330
5.60687	500	9.60687	880
Adopted Poisson values:	0.35	0.35	0.35
		0.35	0.3

output folder: C:\WINMAS~1\output

==0== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -63.7427
-28.7926
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -59.2561
-17.8047
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -54.2722
-17.8047
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -51.4686
-17.8047
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -46.6898
-17.8047
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -38.1335
-17.6945
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -33.4263
-17.4601
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -43.1721
-17.4601
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -45.0445
-15.6141
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -45.4906
-15.6141
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -47.4449
-15.6141
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -41.9628
-12.4541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -35.5732
-12.4541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -38.7357
-12.4541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -38.8883
-12.4541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -32.908
-12.4541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -29.6428
-10.7692
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -37.7541
-10.7692
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -32.3565
-10.7692
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -31.0429
-10.6571
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -39.6623
-9.85878
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -38.6253
-9.85878
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -40.2983

winMASW_report

-9.85878
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -43.6066
-7.82169
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -40.5542
-7.82169
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -41.0171
-7.82169
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -42.3337
-7.82169
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -35.7322
-7.82169
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -33.572
-7.82169
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -38.7609
-6.38407
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -39.0012
-6.38407

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -28.1768
-6.38407
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -26.3084
-6.38407
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -26.9945
-4.55437
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -20.9019
-4.55437
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -21.1347
-4.55437
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -17.8331
-4.55437
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -20.4334
-4.55437
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -22.1099
-4.55437
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -18.5603
-4.55437

Model after the vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 177 249 407 1019
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3
Thickness (m): 2.9 1.9 9.3

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -5.2963
-4.1731
Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -5.0797
-4.1731
Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -4.6156
-4.1731
Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -4.6182
-4.1731
Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -4.6155
-4.1698
Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -4.5597
-4.1698
Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -4.466
-4.1698
Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -4.5018
-4.1698
Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -4.4361
-4.1698

Number of models considered to calculate the average model: 8

#####

RESULTS winMASW 4.1 Pro

#####

Dataset: 001.DAT
 Analyzed curve: ArpaUMBRIA.cdp

==0== SECTION#3

=====

MEAN MODEL

VS (m/s): 176 243 399 993
 standard deviations (m/s): 3 21 10 68

Thickness (m): 2.8 1.8 8.8
 standard deviations (m): 0.2 0.1 0.5

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):	367	526	869	1925	
Density (gr/cm3):	1.81	1.90	2.02	2.21	
Vp/Vs ratio:	2.09	2.16	2.18	1.94	
Poisson:	0.35	0.36	0.37	0.32	
Young modulus (MPa):	152	306	879	5756	
Sjear modulus (MPa):	56	112	322	2182	
Lamé (MPa):	132	301	882	3837	
Bulk modulus (MPa):	169	376	1097	5291	

Fundamental mode
 Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
11.875	510.954
12.7917	465.1218
14.2917	390.4509
16.2917	335.9022
17.625	310.4471
18.7083	290.6853
19.7917	271.001
21.125	248.5659
25.4583	203.9928
27.125	195.2565
29.125	187.8714
32.0417	180.755
34.4583	176.8321
37.2083	173.6882
39.5417	171.7519
42.0417	170.188
43.7083	169.3628
48.9583	167.5344

==0== SECTION#4

=====

BEST MODEL

Vs (m/s): 176.77381 248.81855 407.34793 1018.8114
 thickness (m): 2.9323 1.8534 9.2629

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):	362	514	894	1897	
Density (gr/cm3):	1.81	1.89	2.03	2.21	
Vp/Vs ratio:	2.05	2.06	2.20	1.86	
Poisson:	0.34	0.35	0.37	0.30	
Young modulus (MPa):	152	316	919	5953	
Shear modulus (MPa):	57	117	336	2294	

winMASW_report
Lamé (MPa): 124 265 948 3363
Bulk modulus (MPa): 161 344 1172 4892

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)
best model

F(Hz)	VR(m/s)
11.875	500.541
12.7917	447.5835
14.2917	379.508
16.2917	330.9543
17.625	305.8971
18.7083	285.3774
19.7917	264.9151
21.125	242.4966
25.4583	200.8015
27.125	192.8197
29.125	186.0798
32.0417	179.5923
34.4583	176.0241
37.2083	173.1739
39.5417	171.4256
42.0417	170.0197
43.7083	169.2809
48.9583	167.6552

==0== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 17 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 205 m/s
VS5 (best model): 204 m/s

VS20 (mean model): 383 m/s
VS20 (best model): 380 m/s

VS30 (mean model): 482 m/s
VS30 (best model): 481 m/s

==0== SECTION#6

Possible Soil Type: B
(based on the mean model)

For the Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana

winMASW_report

grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS_{30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS_{30} inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Results saved in the folder "C:\WINMAS~1\output".

=====

winMASW 4.1 Pro
Surface Wave Analysis
via MASW - Multichannel Analysis of Surface waves

www.eliosoft.it

winMASW 4.1 Pro - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results

See "winMASW_report.txt" for further details.

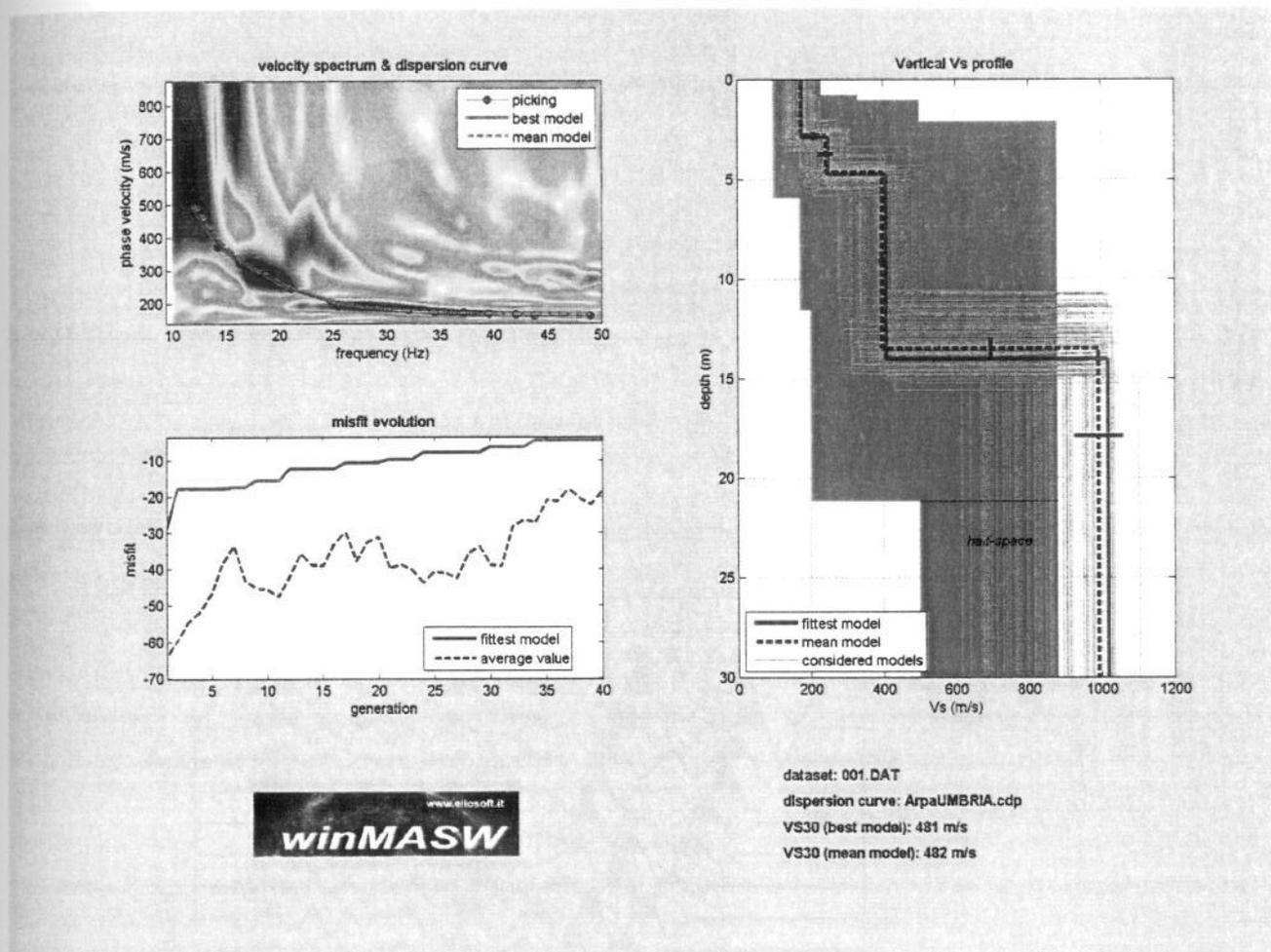
www.eliosoft.it

Date: 6 7 2010

Time: 13 5

Dataset: 001.DAT

Considered dispersion curve: ArpaUMBRIA.cdp



Mean model

Vs (m/s): 176, 243, 399, 993

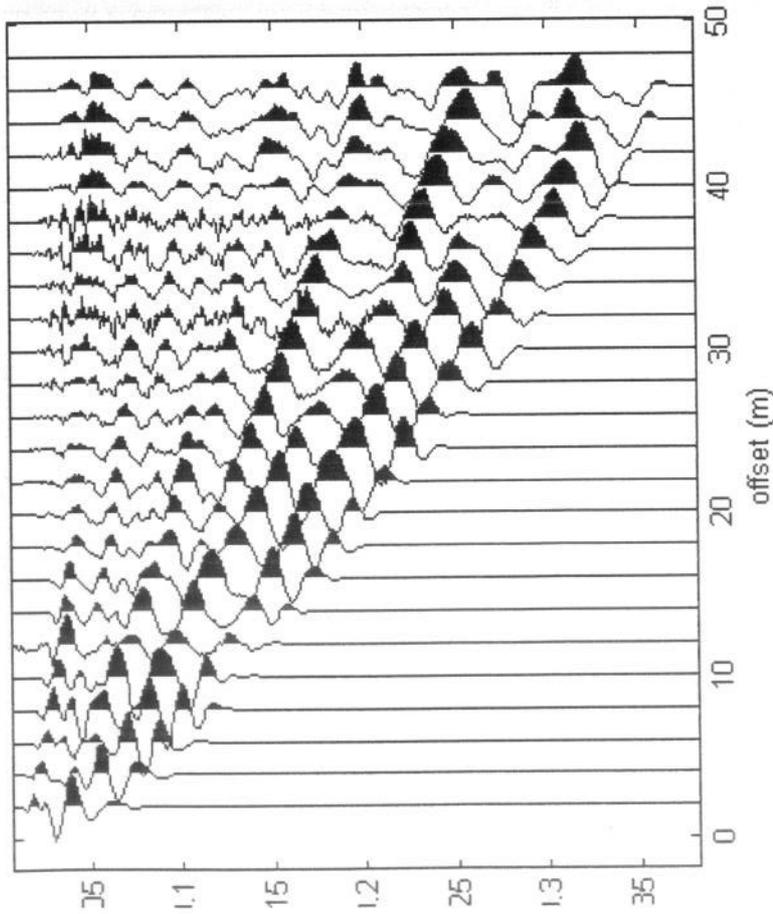
Standard deviations (m/s): 3, 21, 10, 68

Thickness (m): 2.8, 1.8, 8.8

Standard deviations (m/s): 0.2, 0.1, 0.5

file: 001.DAT
 num offset: 2 m
 time spacing: 2 m
 freq: 1 ms

normalized traces



traces
 spectrum
 view ?

data selection
 activate
 select 20
 cancel save

retraction
 quick refraction
 upload save
 clear refraction

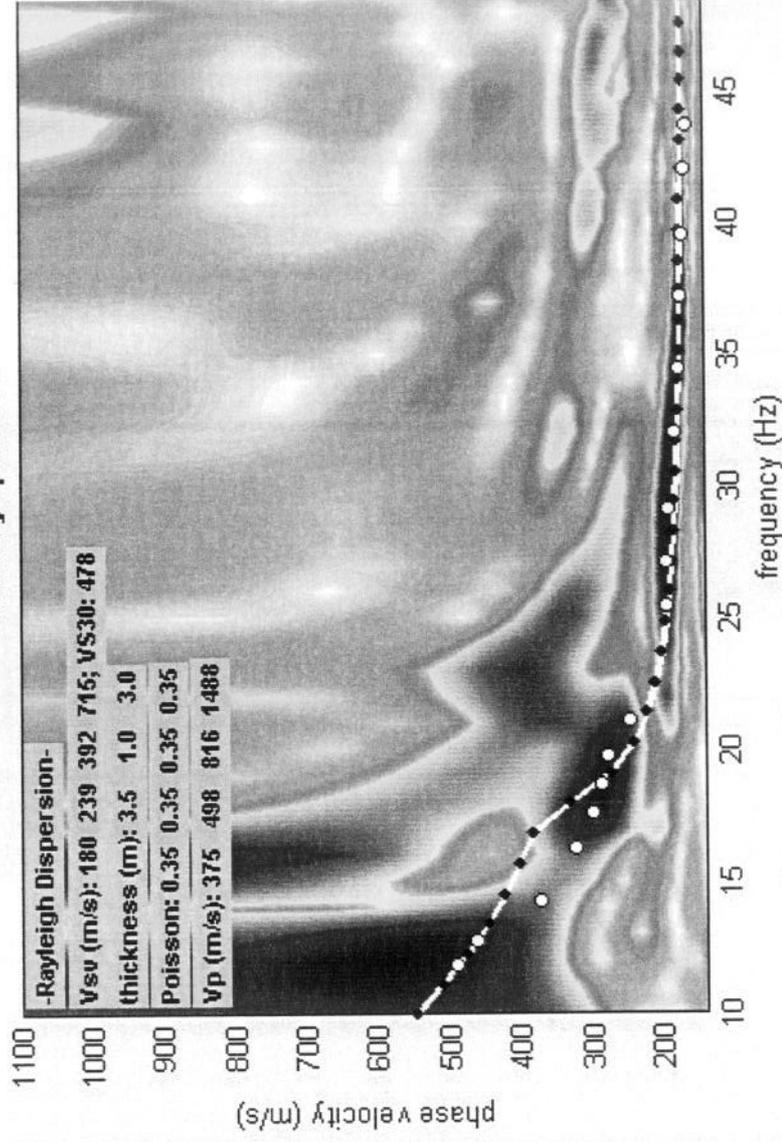


MASW
 calculate spectrum
 Tau - v

RetMf
 upload RetMf spectrum

visualize cwp
 input curve

velocity spectrum



explore spectri

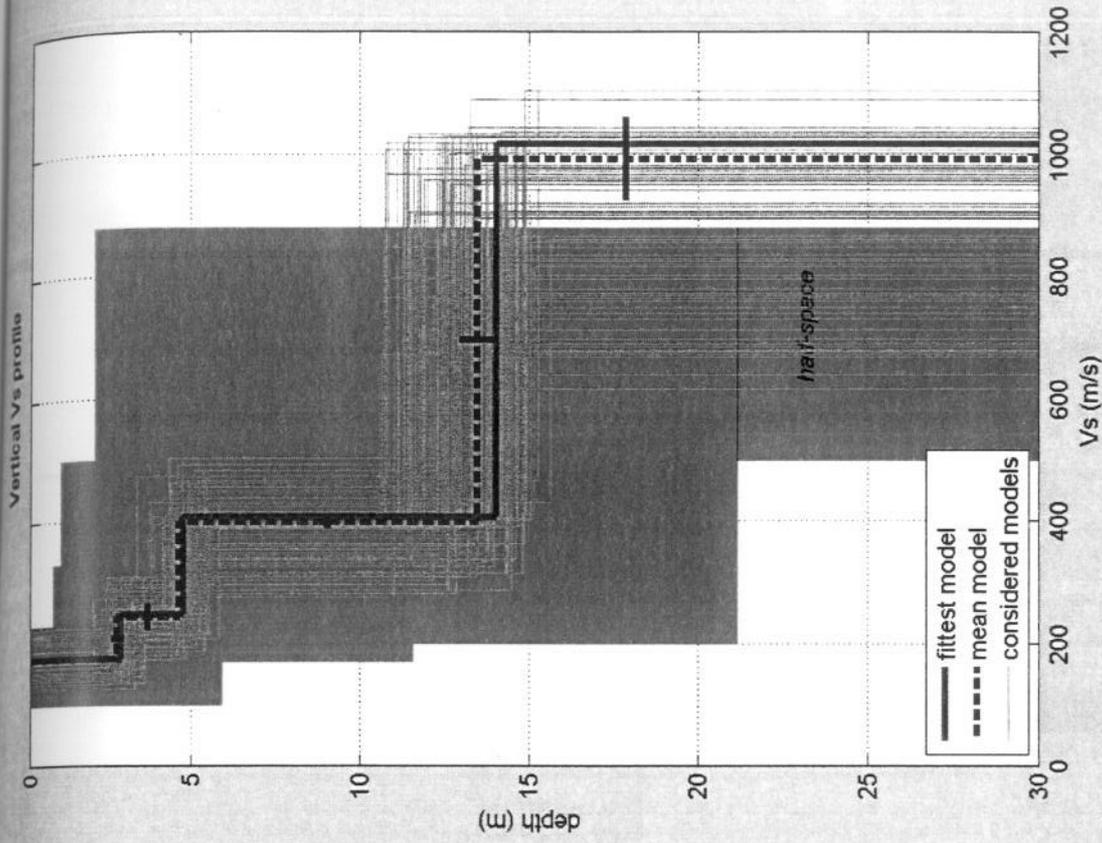
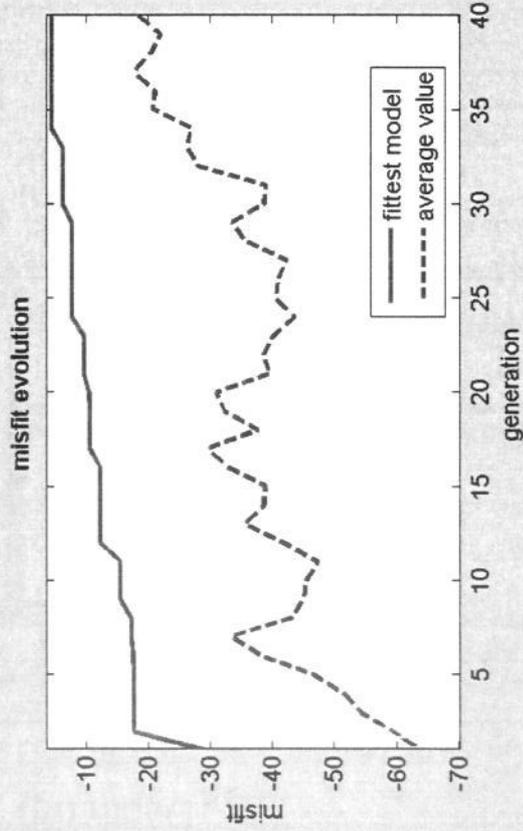
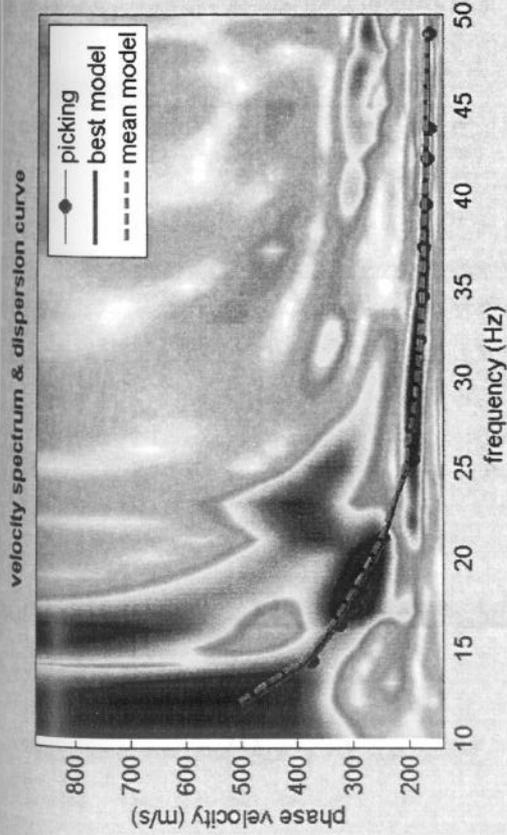
modelling
 parameters
 save model

upload model 3
 eigen period
 refresh ?

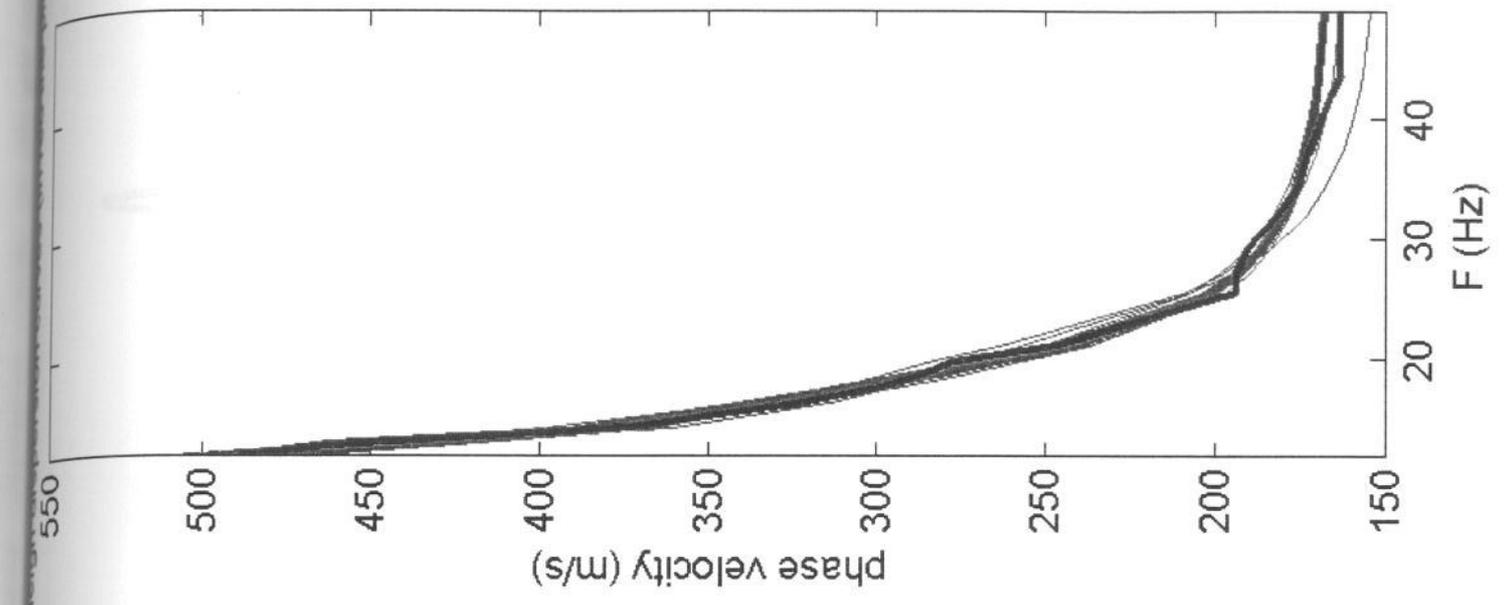
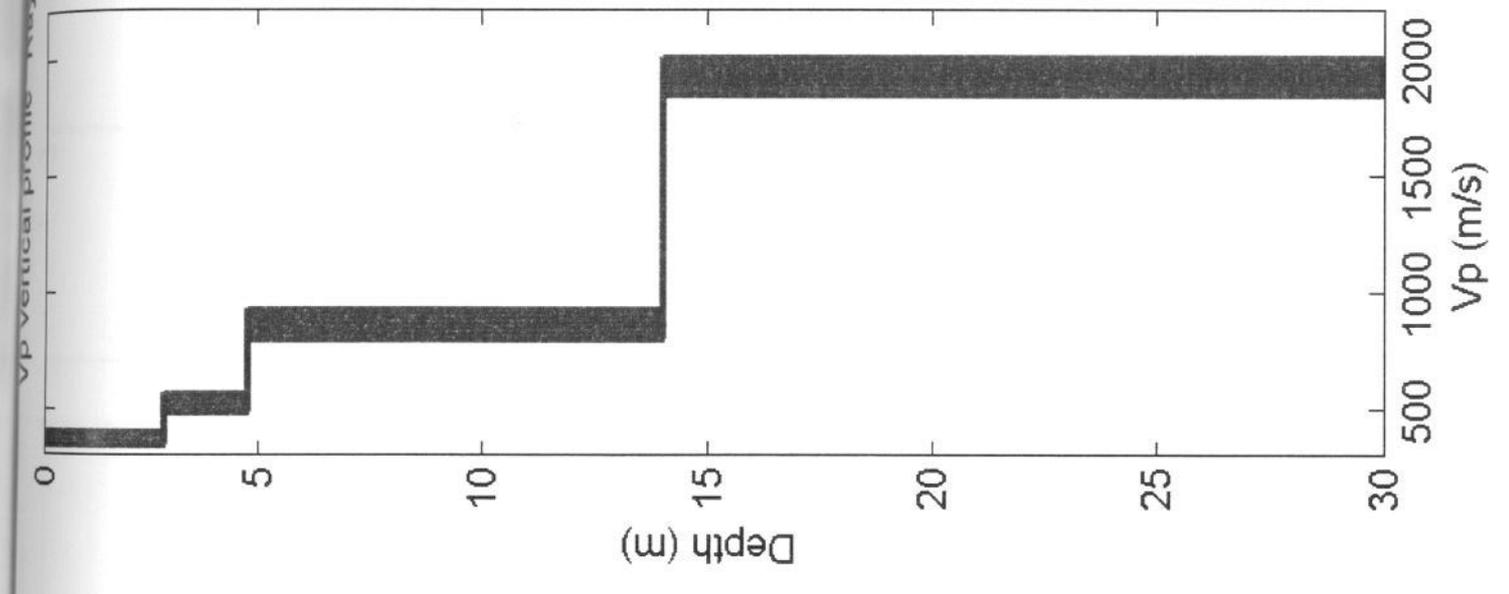
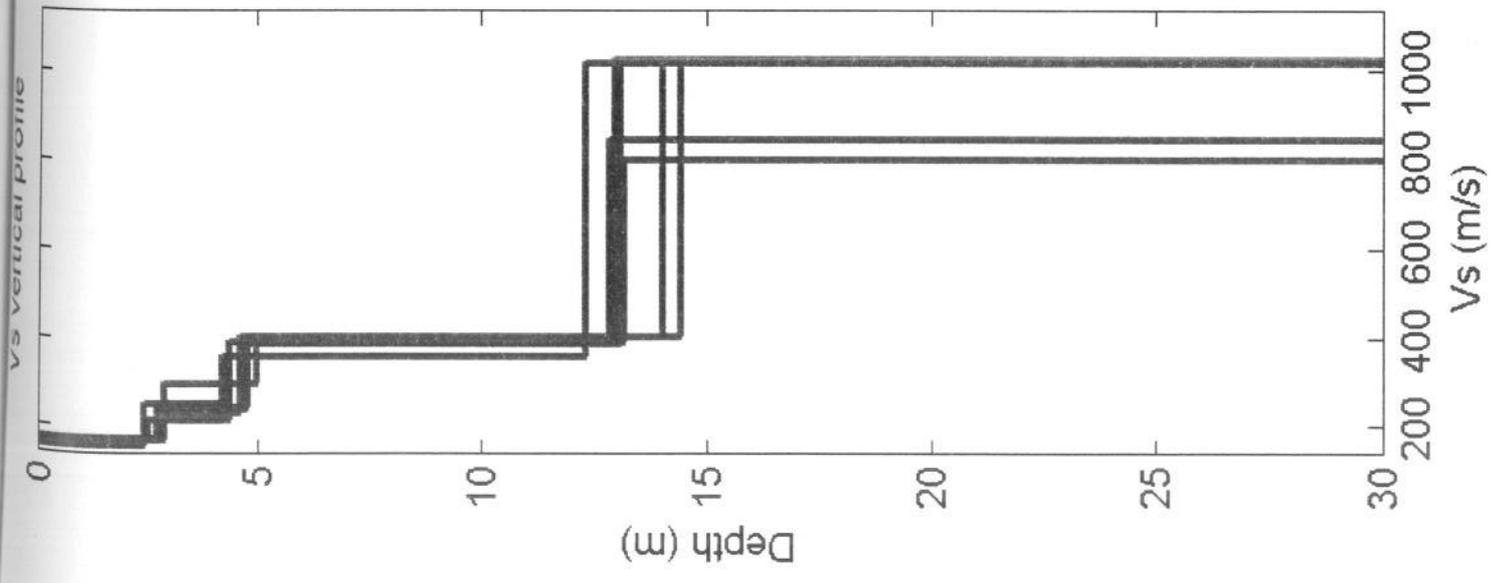
ArpalUMBRIA.cdp
 picking

fundamental
 use the right button to select the last point of the considered mode
 save picking ?
 cancel picking





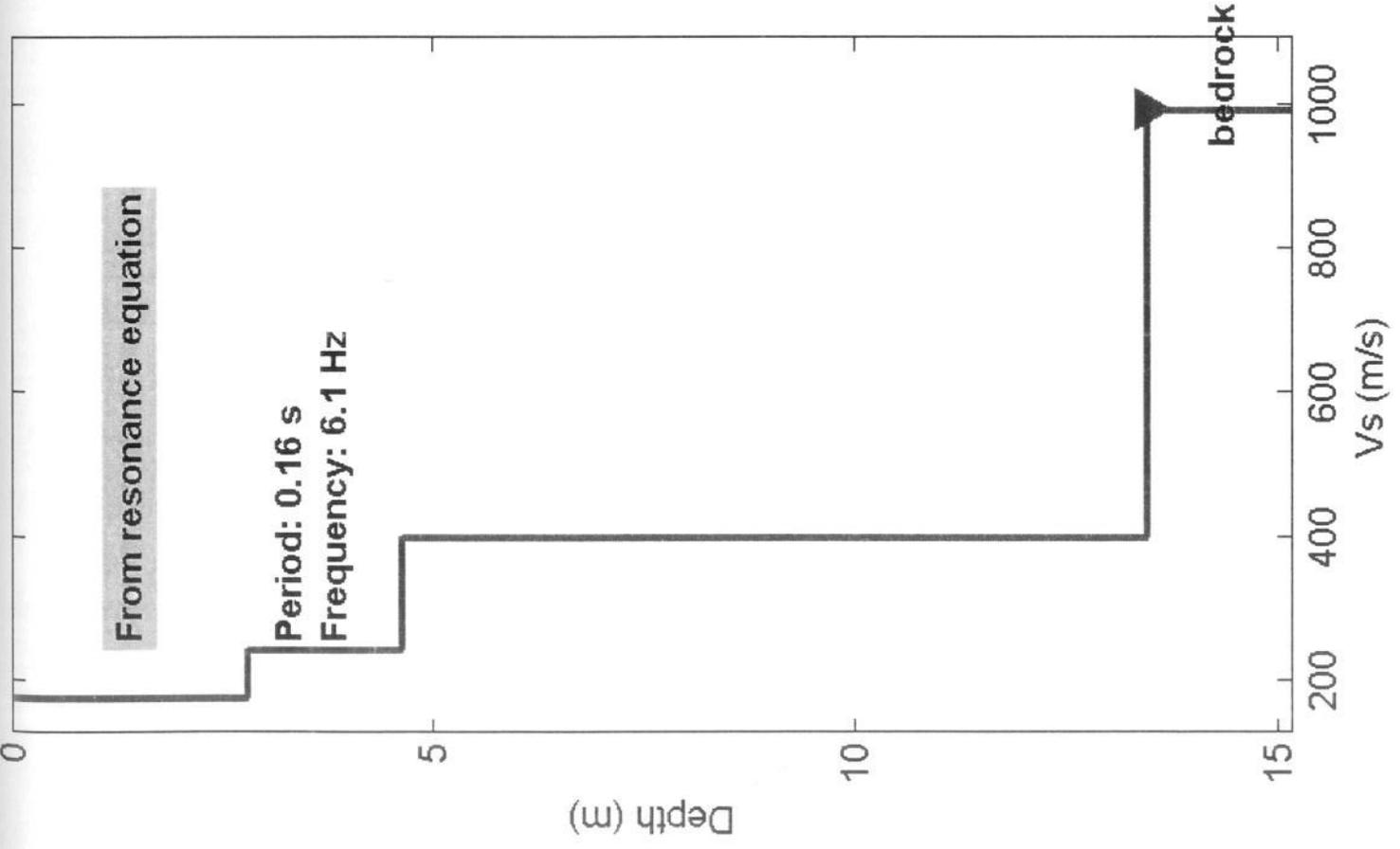
dataset: 001.DAT
 dispersion curve: ArpaUMBRIA.cdp
 VS30 (best model): 481 m/s
 VS30 (mean model): 482 m/s



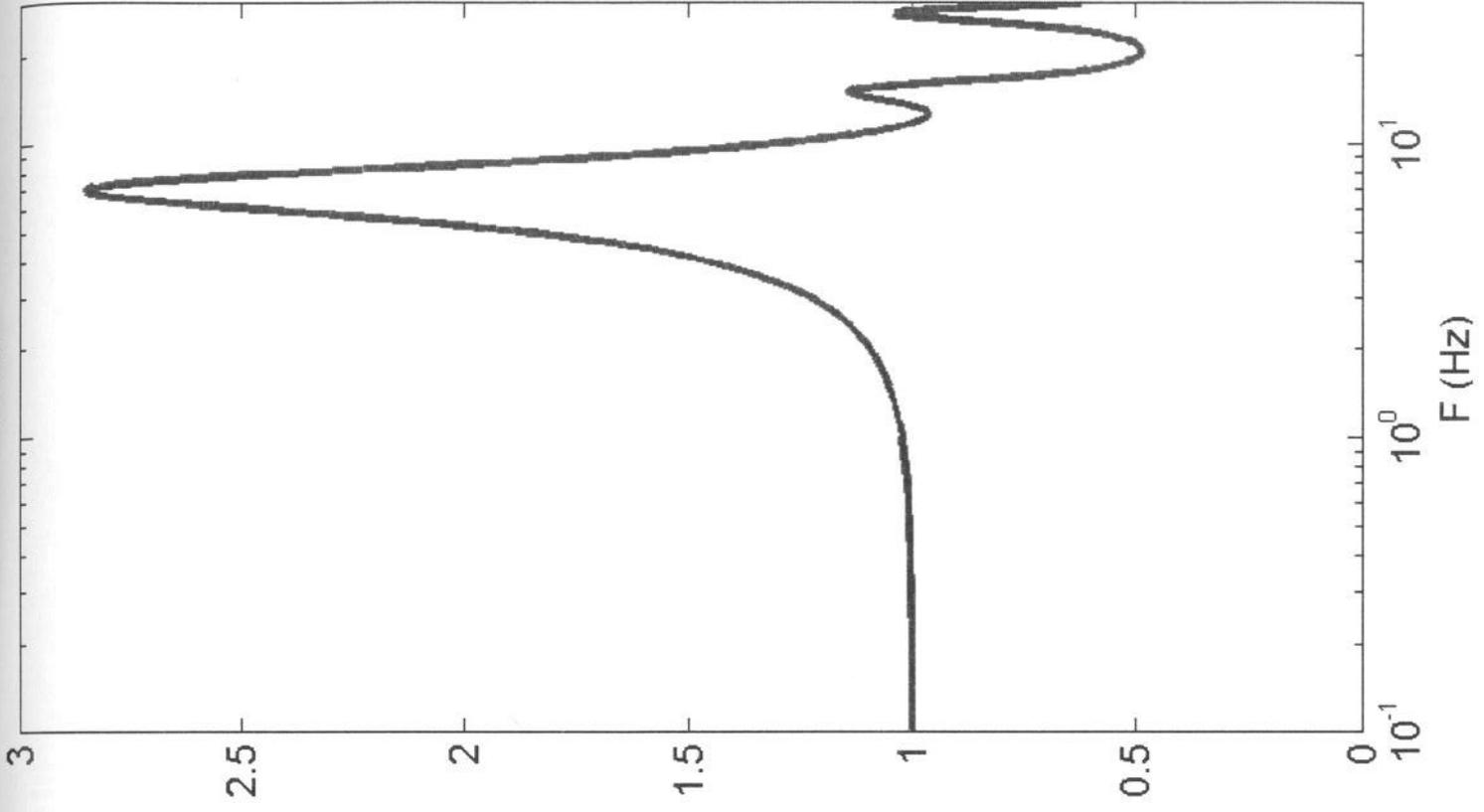
Mean model (reference depth: 0m)

From resonance equation

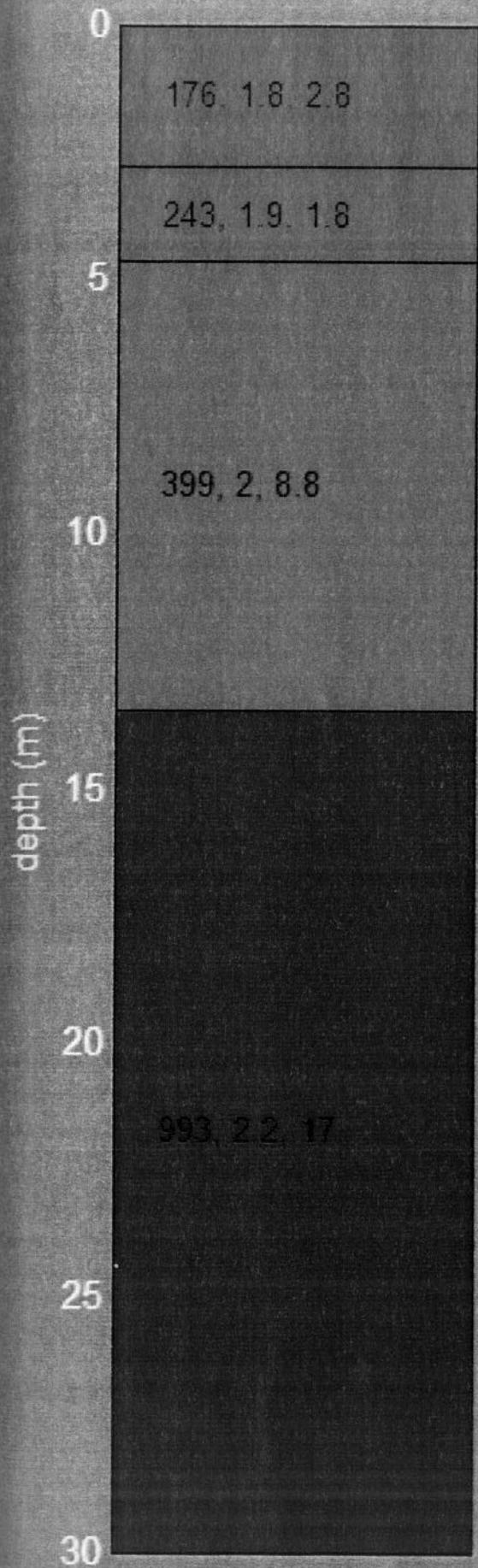
Period: 0.16 s
Frequency: 6.1 Hz



HVSR



Subsurface model



<i>Vs</i>	<i>density</i>	<i>thickness</i>
(m/s)	(gr/cm ²)	(m)

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DM-30 (60°)

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	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 (60°)

MASSA BATTENTE	M = 30,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,20 m
MASSA SISTEMA BATTUTA	Ms = 13,60 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35,70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10,0000 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
MASSA ASTE PER METRO	Ma = 2,40 kg
PROF. GIUNZIONE 1ª 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	SI
RENDIMENTO SPECIFICO x COLPO	$Q = (MH)/(A\delta) = 6,00 \text{ kg/cm}^2$ (prova SPT : $Q_{spt} = 7,83 \text{ kg/cm}^2$)
COEFF. TEORICO RENDIMENTO	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,766$ (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 = δ / N

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

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa \approx 0,1 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 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

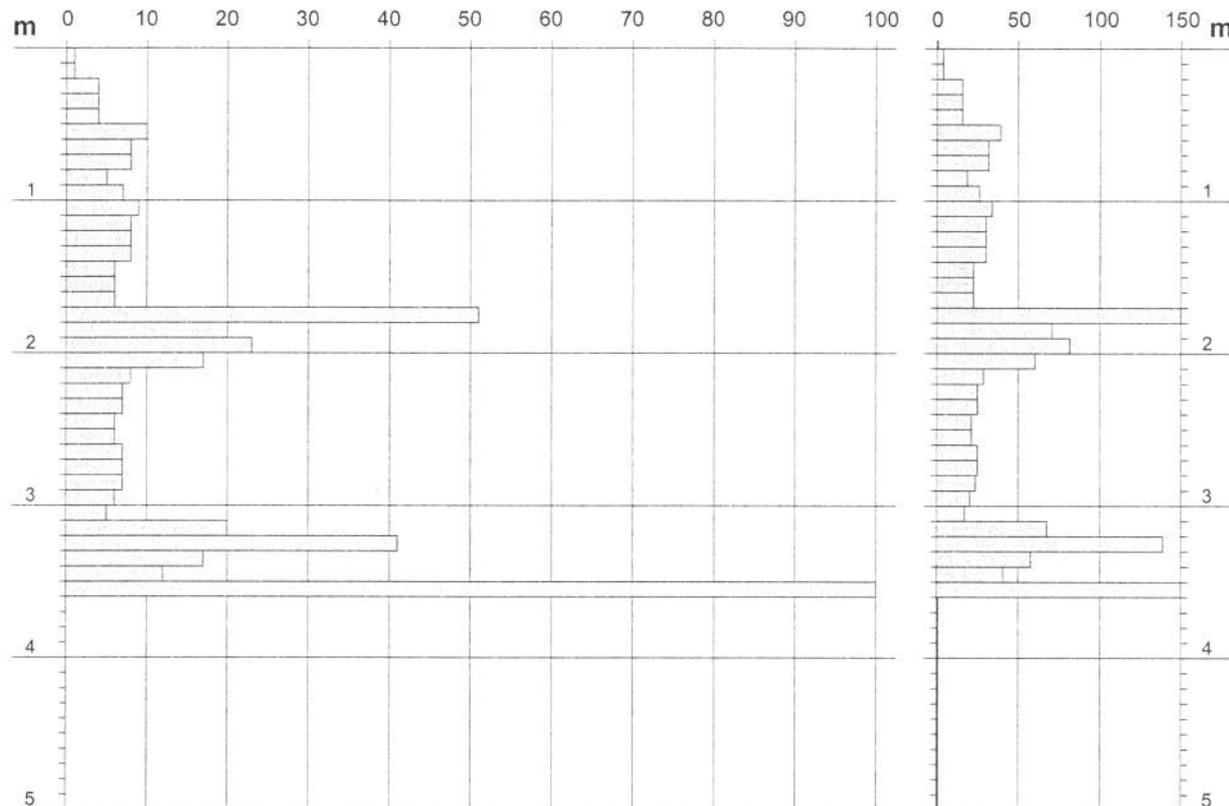
- committente : ARPA Umbria
- lavoro : Geologico - Geotecnico
- località : Via Pievaiola n°207 - Perugia

- data prova : 31/07/2010
- quota inizio : Piano di Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 31/07/2010

- note :

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10,00$ cm

Rpd (kg/cm²)



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA**

DIN 1

- committente : ARPA Umbria
- lavoro : Geologico - Geotecnico
- località : Via Pievaiola n°207 - Perugia

- data prova : 31/07/2010
- quota inizio : Piano di Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 02/08/2010

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	1,70	N	6,1	1	10	3,5	2,6	3,4	8,7	6	0,77	5
			Rpd	23,0	4	39	13,5	9,9	13,1	32,9			
2	1,70	3,50	N	14,8	5	51	9,9	12,9	2,0	27,7	15	0,77	11
			Rpd	52,1	17	190	34,5	46,4	5,7	98,5			
3	3,50	3,60	N	151,0	151	151	151,0	---	---	---	151	0,77	116
			Rpd	510,9	511	511	510,9	---	---	---			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 10$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,77$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	H		NATURA GRANULARE							NATURA COESIVA				Q	Litologia	
			Nspt	Vs	G	Dr	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W			e
1	0,00	1,70	5	88	43	18	22	229	1,88	1,41	0,10	1,83	39,3	1,061	1,13	Terreno di riporto
2	1,70	3,50	11	125	78	36	25	276	1,94	1,51	0,20	1,91	32,1	0,867	2,64	Sabbie lim. deb. arg. con travert.
3	3,50	3,60	116	199	445	100	35	1085	2,24	1,99	1,00	3,18	-8,2	-0,221	25,55	Travertini

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
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : ARPA Umbria
- lavoro : Geologico - Geotecnico
- località : Via Pievaiola n°207 - Perugia

- data prova : 31/07/2010
- quota inizio : Piano di Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 31/07/2010

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	1	1,80 - 1,90	20	70,9	3
0,10 - 0,20	1	3,9	1	1,90 - 2,00	23	81,5	3
0,20 - 0,30	4	15,7	1	2,00 - 2,10	17	60,2	3
0,30 - 0,40	4	15,7	1	2,10 - 2,20	8	28,3	3
0,40 - 0,50	4	15,7	1	2,20 - 2,30	7	24,8	3
0,50 - 0,60	10	39,1	1	2,30 - 2,40	7	24,8	3
0,60 - 0,70	8	31,3	1	2,40 - 2,50	6	21,3	3
0,70 - 0,80	8	31,3	1	2,50 - 2,60	6	21,3	3
0,80 - 0,90	5	18,6	2	2,60 - 2,70	7	24,8	3
0,90 - 1,00	7	26,0	2	2,70 - 2,80	7	24,8	3
1,00 - 1,10	9	33,5	2	2,80 - 2,90	7	23,7	4
1,10 - 1,20	8	29,8	2	2,90 - 3,00	6	20,3	4
1,20 - 1,30	8	29,8	2	3,00 - 3,10	5	16,9	4
1,30 - 1,40	8	29,8	2	3,10 - 3,20	20	67,7	4
1,40 - 1,50	6	22,3	2	3,20 - 3,30	41	138,7	4
1,50 - 1,60	6	22,3	2	3,30 - 3,40	17	57,5	4
1,60 - 1,70	6	22,3	2	3,40 - 3,50	12	40,6	4
1,70 - 1,80	51	189,7	2	3,50 - 3,60	151	510,9	4

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,0000 cm²** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

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

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**