



Provincia di Modena



Comune di Pavullo nel Frignano

INTEGRAZIONI ALLO STUDIO
D'IMPATTO AMBIENTALE

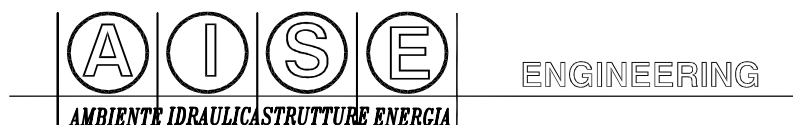
IMPIANTO IDROELETTRICO
DENOMINATO
" MOLINO DELLE PALETTE "
Sul fiume Panaro

COMMITTENTE:



Via C. Battisti 6- 25079 Vobarno (BS)
Tel. 0365- 528013

PROGETTAZIONE E
INTEGRAZIONI DOCUMENTALI:



degli Ingg. Ivan Casoli e Ada Francesconi

RILIEVI GEOLOGICI:

GEOLOG s.c.r.l.
Via D'Azeglio, 74 - 40123 BOLOGNA
Via Emilia all'angelo, 14 - 42100 REGGIO EMILIA
Tel. 0522934730 (RE) - Tel. 051331209 (BO)

RILIEVI TOPOGRAFICI:

STUDIO TECNICO FUTURA
Via del passetto, 1 - 42030 Villa Minozzo (RE)
Tel. 0522 801770 - Fax. 0522720407

Tavola 1.3

Relazione geologica
e sismica integrativa



Studio di progettazione A.I.S.E. engineering
Via Unione Sovietica, 17 - 42123 Reggio Emilia
Tel 0522/791093 - Fax/Tel 0522/1975501
e-mail: info@aiseengineering.com - C.F. e P.Iva 02012160350

Reggio Emilia, Settembre 2012

Y:\Ricer\Panaro_valle\Integratori\A\Tavole\A\Relatori\Tasse\dwg - ordi.ctb - 1:1



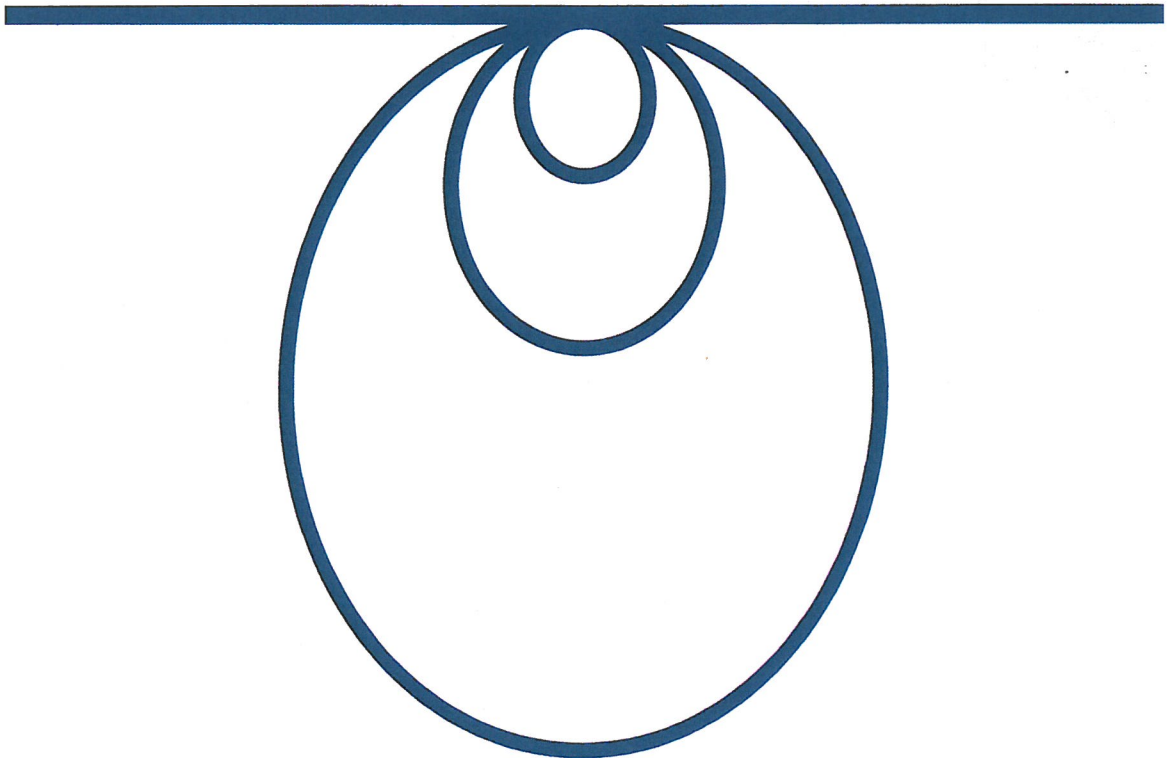
Comune di Pavullo nel Frignano
Provincia di Modena

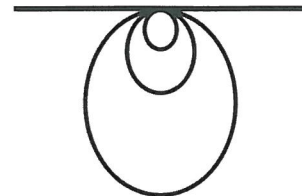
MOLINO DELLE PALETTE SRL

**Progetto di un impianto idroelettrico denominato Molino delle Palette
da realizzarsi sul fiume Panaro**

Relazione geologica e sismica integrativa

Dicembre 2010





Comune di Pavullo nel Frignano
Provincia di Modena

MOLINO DELLE PALETTE SRL

**Progetto di un impianto idroelettrico denominato Molino delle Palette
da realizzarsi sul fiume Panaro**

Relazione geologica e sismica integrativa

Dicembre 2010

Indice

GEOLOGIA APPLICATA	1	NOTE INTRODUTTIVE.....	1
	2	INQUADRAMENTO AMBIENTALE	1
	3	CAMPAGNA GEOFISICA	3
	4	CAMPAGNA GEOGNOSTICA	3
GEOFISICA	5	RISCHIO SISMICO.....	4
	6	ASSETTO GEOMORFOLOGICO E STRATIGRAFICO	13
GEOTECNICA	6.1	Frana presso Ponte Samone	13
	6.2	Frana presso Castiglione.....	16
	6.3	Frana in località Ca' del Barbe, a valle del Mulino delle Palette	18
IDROGEOLOGIA E IDROLOGIA	7	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI	18
	8	STABILITA'	21
	8.1	Sezione A-A'	21
	8.2	Sezione C-C'	23
	8.3	Sezione D-D'	25
9	CONCLUSIONI.....	26	

Tavole

MODELLI MATEMATICI	1.	Corografia generale
	2÷4.	Ubicazione indagini geofisiche e geognostiche
	5.	Caratteristiche penetrometro "Dinastar-Tecnotest"
	6÷12.	Diagrammi penetrometrici
	13.	Log carotaggio
	14.	Documentazione fotografica carote
	15.	Sezioni geologiche

Allegati

1.	Estratto da tomografie elettriche e prove sismiche MASW
2÷8.	Verifiche di stabilità



Fausto Campese

1 NOTE INTRODUTTIVE

Nell'ambito della procedura di VIA relativa al progetto di un impianto idroelettrico denominato "Molino delle Palette", da realizzarsi sul fiume Panaro nel Comune di Pavullo nel Frignano (MO), la Regione Emilia Romagna ha richiesto un approfondimento dello studio geologico già condotto, in ordine:

- al tema del rischio sismico del territorio interessato dal progetto;
- all'assetto geomorfologico e geostatico dei versanti a cui l'impianto è sotteso, laddove la cartografia ufficiale segnala la presenza di frane attive e quiescenti.

Per rispondere alle istanze dell'Ente, si è proceduto con una campagna d'indagini geofisiche e una geognostica; di seguito si espongono le metodiche di studio ed i risultati ottenuti, facendoli precedere dal quadro geologico d'approccio.

2 INQUADRAMENTO AMBIENTALE

La descrizione è funzionale all'inquadramento dell'area; per i dettagli si rimanda alla relazione di fattibilità già prodotta.

In tavola 1 è proposta la corografia generale del comparto, con indicate le aree oggetto di studio; in figura 1 è riportato uno stralcio della Carta Geologica Regionale.

Sotto il profilo geologico il substrato del fondovalle Panaro è costituito da alluvioni quaternarie grossolane in evoluzione (*b1*, in azzurro) e di deposito recente (attribuite dagli Autori all'Unità di Modena - *AES8a*, in verde chiaro) sovrapposte al bed-rock di origine marina, qui rappresentato dalla Formazione delle *Argille a Palombini (APA*, in verde scuro) facente parte del complesso caotico comunemente definito *Argille scagliose*.

Lo spessore delle alluvioni, secondo la letteratura, è < 10 m.

Nelle stesse *Argille* sono ritagliati anche i versanti in destra e in sinistra idraulica che bordano l'asta fluviale nel tratto d'interesse.

Laddove affiorante, il substrato si presenta come un'argillite grigia, fessile, alternata a calcari e calcari marnosi grigi, in strati da medi a spessi, sovente deformati.

Per quanto riguarda l'assetto geostatico dei versanti, si osserva l'alternanza di pendii boscati e relativamente stabili e di settori in frana (attive e quiescenti) connessi a fronti d'erosione fluviale od a pendici eccessivamente acclivi.

In ordine all'assetto idrogeologico, i depositi di terrazzo ospitano una falda freatica con superficie piezometrica che si raccorda all'alveo; sui versanti i terreni di copertura possono raccogliere falde sospese alimentate dalle acque di precipitazione mentre il substrato risulta impermeabile.

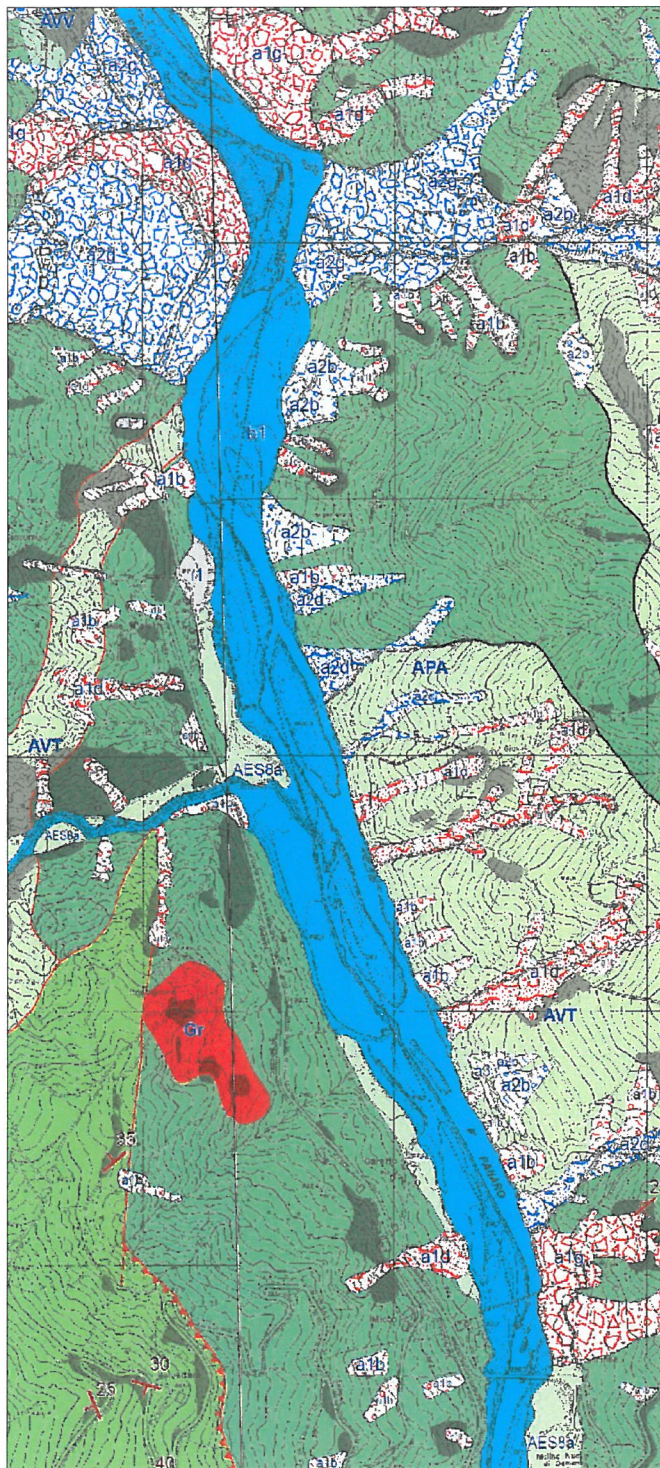


Figura 1: estratto da carta geologica regionale (CARG) – sezioni 236030-236040

3 CAMPAGNA GEOFISICA

Si sono eseguite 3 prospezioni tomografiche elettriche (T1÷T3) e 3 stendimenti sismici (L1÷L3) con metodo MASW (Multichannel Acquisition Surf Wave).

Per il lavoro si è richiesta la collaborazione dello studio C.G.A. di S.Giovanni in Persiceto (BO), che dispone di attrezzature efficienti e di tecnici esperti.

La traccia dei tests eseguiti, i procedimenti adottati e l'elaborazione dei dati di campagna sono argomento del documento originale prodotto da C.G.A. posto in allegato (1).

Le tomografie sono ubicate lungo tre scoscendimenti, due dei quali segnalati come attivi dalle cartografie tematiche, rispettivamente presso Ponte Samone e poco a valle del Mulino delle Palette, il terzo non cartografato ma senza dubbio attivo, poco sotto a Castiglione.

L'obiettivo di queste indagini è la definizione dello spessore dei dissesti, sulla base del differente comportamento elettrico che in genere caratterizza i terreni scoscesi ed integri, ed i rapporti tra corpi geologici di diversa natura (argille di versante/ghiaie).

Due prospezioni MASW hanno riguardato i siti d'imposta delle opere principali (dissabbiatore/sghiaiatore/vasca di carico e centrale di produzione); la terza è in corrispondenza del dissesto attivo non cartografato dagli strumenti di pianificazione.

Scopo delle esplorazioni è valutare la distribuzione delle velocità delle onde di taglio (V_s), sia per ricostruire il profilo sismostratigrafico, sia per determinare il parametro V_{s30} , funzionale alla classificazione sismica del sottosuolo.

Sembra il caso di sottolineare che il tracciato dell'impianto non coinvolge altre frane, segnalate dalla cartografia tematica o a monte della Strada Provinciale o in ogni caso ad una distanza tale da consentirne la realizzazione in sicurezza.

4 CAMPAGNA GEOGNOSTICA

L'obiettivo della campagna sondaggi è quello di saggiare in diversi punti i dissesti, nel tentativo di individuare il passaggio tra cotenna rilassata e formazione in posto.

Per le frane segnalate dalla cartografia ufficiale, si è fatto ricorso al nostro penetrometro statico-dinamico "Dinastar-Tecnotest", impiegato nell'opzione dinamica per disporre delle migliori prerogative di avanzamento in un mezzo presumibilmente cosperso di trovanti.

Nel caso della frana attiva presso Castiglione, la morfologia molto accidentata del pendio ha consentito l'esecuzione di prove con attrezzo leggero.

L'ubicazione delle verticali è argomento delle tavole 2÷4, mentre in tavola 5 sono descritte le caratteristiche della sonda Dinastar.

Le tavole 6÷12 costituiscono i diagrammi penetrometrici; ogni grafico riporta sulla sinistra il numero di colpi N necessario ad avanzare per ogni tratto di 10 cm, mentre sulla

destra è plottata la resistenza dinamica R_d corrispondente; la relazione di passaggio è la cosiddetta “formula degli olandesi”.

Si sottolinea che tutti i tests sono stati spinti al limite strumentale delle macchine utilizzate.

Infine si è proceduto ad un carotaggio profondo 15 m al piede della frana presso Ponte Samone, unico settore accessibile dalle tradizionali sonde montate su autocarro, per accertare in modo diretto la stratimetria del comparto.

La macchina utilizzata è una sonda Tecnotunnel TS80 munita di carotiere semplice 4” e casing metallico 5”; l’ubicazione del perforo è riportata in tavola 2.

La tavola 13 riporta il log stratimetrico, i risultati dei tests speditivi in situ (SPT e punzonature con pocket penetrometer), i campionamenti e le annotazioni d’interesse; la documentazione fotografica delle campionature è argomento della tavola 14.

Il certificato originale emesso da Geoprogetti è a disposizione.

Si sottolinea che in alcuni fori penetrometrici sono stati collocati piezometri a tubo aperto per rilevare l’eventuale presenza di acque ipogee.

5 RISCHIO SISMICO

La tabella 1 elenca i sismi registrati in un raggio di 20 km dal comparto di studio, estratti dal “Catalogo parametrico dei terremoti italiani” dell’Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia”.

Anno	Località	Magnitudo
1399	MODENESE	5.40
1501	APPENNINO MODENESE	5.85
1864	ZOCCA	5.03
1869	VERGATO	5.32
1895	FANANO	4.83
1896	FANANO	4.83
1908	FRIGNANO	4.69
1934	VIGNOLA	4.50
1937	APPENNINO MODENESE	5.42
1951	VALLE DEL PANARO	4.60
1957	ZOCCA	5.06
1970	PAVULLO	4.83
1999	FRIGNANO	4.73

Tabella 1

Dunque occorre prevedere Magnitudo massime intorno a 5.5÷6.0.

L’attività tettonica è connessa alla zona sismogenetica n.30 (Scandone et alii, 1992), rappresentata in figura 2 (da Camassi e Stucchi, 1997).

Il crocifilo indica la posizione del sito in argomento.

Il motivo regionale è attribuito alla subduzione della Zolla Adriatica alla Catena Appenninica.

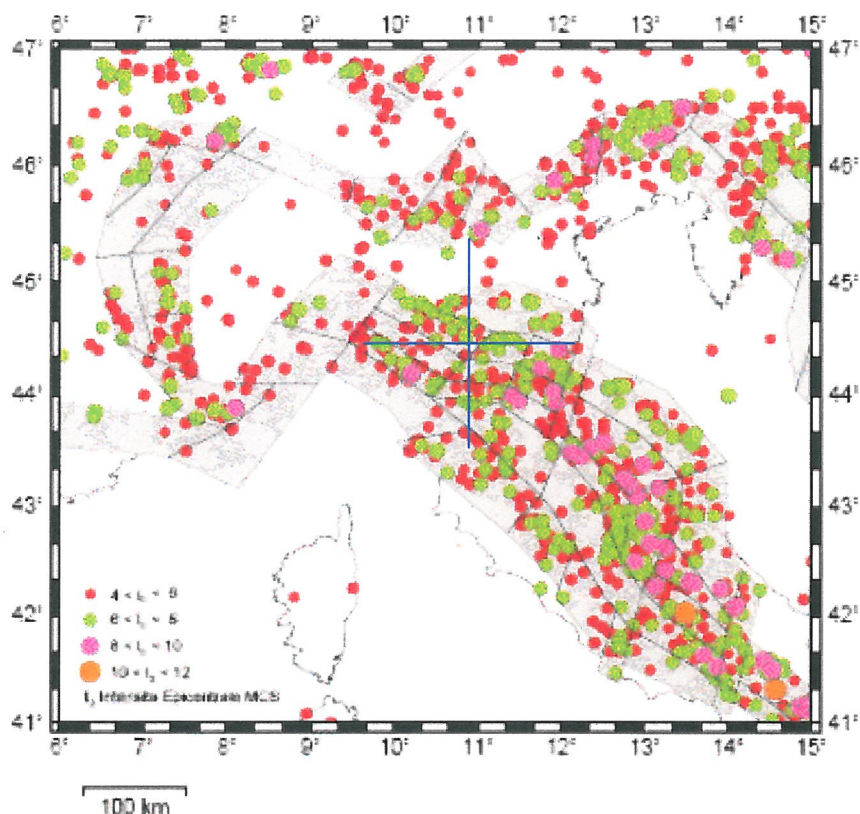


Figura 2

Le Norme regionali (D.G.R. n.1677 del 24/10/2005) classificano il Comune di Pavullo nel Frignano tra le zone “3”, dunque sottintendono una condizione di rischio medio-basso.

Il PTCP 2009 ha approfondito il tema della riduzione del rischio, individuando zone a diversa pericolosità e definendo il piano d’indagini necessarie alla stima della risposta sismica locale.

In particolare si fa riferimento alla “Carta delle aree suscettibili di effetti locali” (Tavola 2.2 b12 a scala 1:10000), di cui si riporta uno stralcio nella figura 3 seguente.

Come si vede, le principali opere in progetto (sghiaiatore/dissabbiatore/vasca di carico, centrale di produzione) e la maggior parte dei manufatti accessori (condotte adduttrice e di scarico) ricadono in aree dove sono da attendersi effetti d’amplificazione stratigrafica per caratteristiche litologiche (colore azzurro); fa eccezione un settore di fondovalle sub-pianeggiante, in prossimità dell’opera di presa, attraversato dalla condotta adduttrice per una lunghezza di circa 30 m, classificato tra le aree instabili.

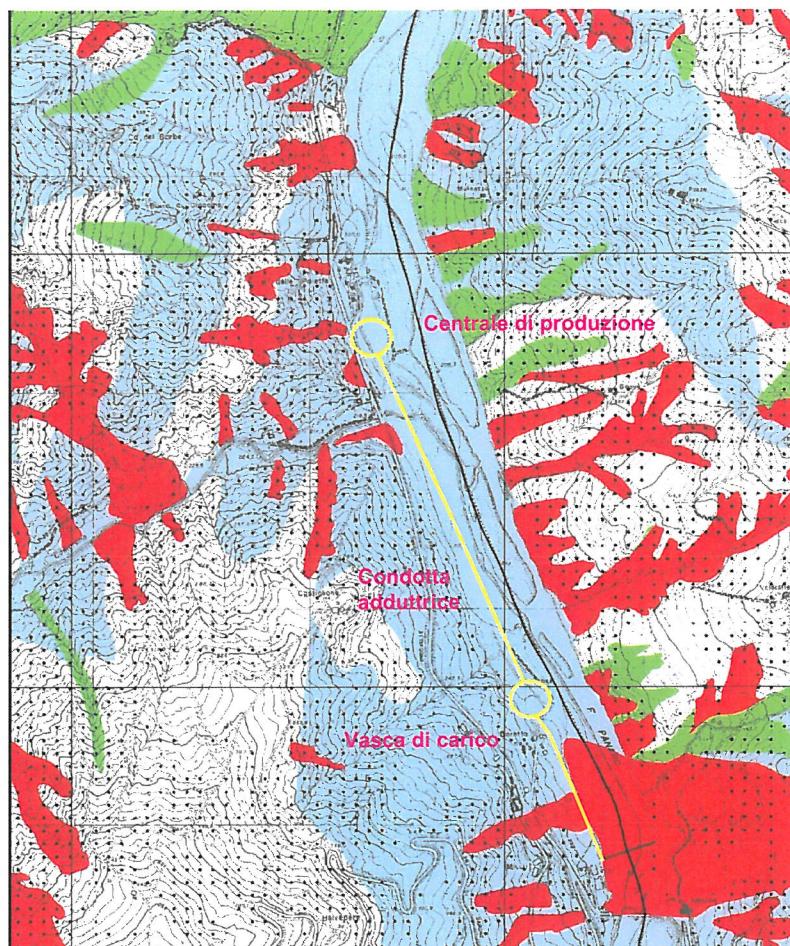


Figura 3

In quest'ambito le *Linee guida regionali*¹ ritengono sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento).

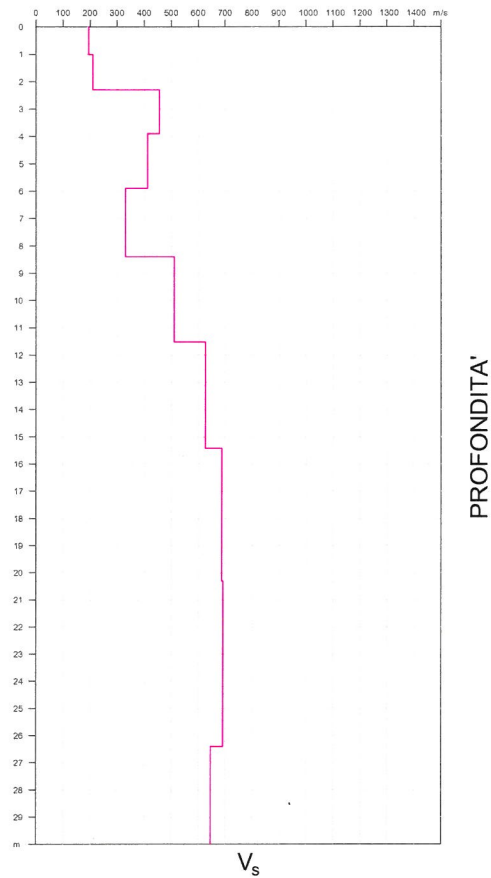
Alla luce di ciò, per classificare il sottosuolo sotto il profilo sismico si fa riferimento alle tre prospezioni geofisiche tipo MASW (Multichannel Acquisition Surf Wave) eseguite.

Di seguito si riportano i risultati salienti; i tests sono indicati con le sigle L1, L2 e L3.

Le prove forniscono i profili di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s argomento delle figure 4-6; le stesse velocità sono riportate in termini numerici nelle tabelle sottostanti ai diagrammi.

¹ "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" ai sensi dell'art.16 comma 1 della L.R. 20/2000 e "Delibera dell'Assemblea Legislativa Regionale n.112/07 - paragrafo 4.1"

L1
(sito sghiaiatore/dissabbiatore/vasca di carico)

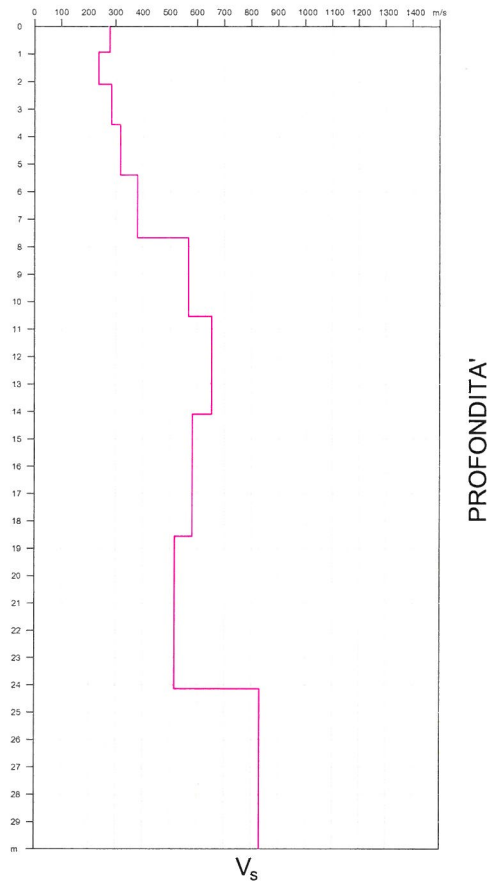


profondità (m)	V _s (m/s)
1.02	191.70
2.30	207.39
3.90	454.49
5.90	410.27
8.40	328.69
11.52	509.46
15.42	624.05
20.30	686.85
26.40	691.50
33.00	644.90

Figura 4

L2

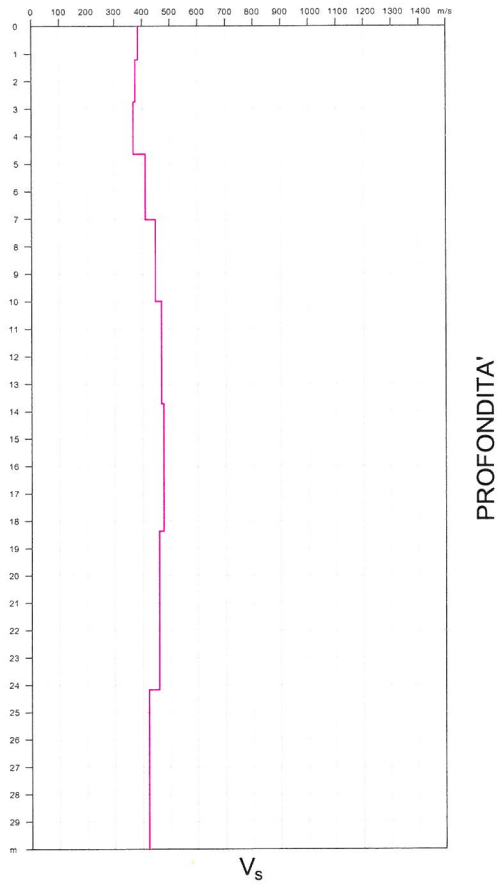
(sito frana attiva non cartografata a monte del Mulino delle Palette)



profondità (m)	V _s (m/s)
0.92	275.28
2.11	233.26
3.57	281.44
5.40	314.35
7.68	377.95
10.54	566.34
14.11	652.05
18.57	581.89
24.15	516.17
30.19	830.59

Figura 5

L3
(sito centrale di produzione)



profondità (m)	V _s (m/s)
1.22	383.10
2.74	373.56
4.64	366.48
7.02	409.57
9.99	445.99
13.71	467.64
18.36	475.59
24.17	459.37
31.44	420.22
39.29	517.13

Figura 6

I risultati delle indagini consentono qualche estrapolazione in termini stratigrafici.

In L1 al di sotto della coltre alluvionale spessa circa 8.5 m, caratterizzata da valori $200 < V_S < 450$ m/s si trova il substrato argilloso, che fino a - 33 m fa registrare $V_{S (media)} = 631$ m/s, inferiore al valore convenzionale (800 m/s) che apre il campo delle rocce per le quali è lecito trascurare il decadimento del modulo di taglio G e l'incremento del damping viscoso D nell'ambito deformativo proprio dei sismi.

Anche in L3 il materasso alluvionale, spesso circa 7.0 m, ricopre il substrato argilloso caratterizzato da $V_{S (media)} = 464$ m/s fino a - 40 m.

In L2 il substrato risulta affiorante, malgrado faccia registrare $V_S < 500$ m/s fino a - 8 m circa.

Il problema fondamentale riguarda la profondità del bed-rock sismico, che per lo stendimento L2 si colloca a - 24 m mentre nei casi L1 e L3 non coincide con quello stratigrafico.

Le *Linee guida* prevedono il caso del substrato marino con $V_{S (media)} < 800$ m/s e nei tre casi considerati indicano i seguenti fattori da applicarsi all'accelerazione di riferimento:

F.A. P.G.A.

L1	1.238
L2	1.241
L3	1.572

Giacchè l'accelerazione di riferimento fissata dalla Regione per il Comune di Pavullo nel Frignano è **0.159**, si deve dedurre da quanto sopra che l'accelerazione al suolo sia:

$$a_{ff} L1 = 0.159 g \cdot 1.238 = 0.197$$

$$a_{ff} L2 = 0.159 g \cdot 1.241 = 0.197$$

$$a_{ff} L3 = 0.159 g \cdot 1.572 = 0.250$$

relativamente al periodo di ritorno $T_R = 475$ anni ed allo smorzamento viscoso $\xi = 5\%$.

Quanto al fattore d'amplificazione dell'intensità spettrale (Housner), dalle *Linee guida* si ricavano i seguenti valori

	Periodo (s)	F.A.
L1	$0.1 < T_0 < 0.5$	1.338
L2	$0.1 < T_0 < 0.5$	1.271
L3	$0.1 < T_0 < 0.5$	1.744
L1	$0.5 < T_0 < 1.0$	1.400
L2	$0.5 < T_0 < 1.0$	1.300
L3	$0.5 < T_0 < 1.0$	1.644

D'altra parte assumendo come riferimento le *Norme tecniche sulle costruzioni* (D.M. 14/01/2008), la media pesata di V_s nei primi 30 m risulta

$$L1: \quad V_{s(30)} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i / V_{S1}) = 488.74 \text{ m/s}$$

$$L2: \quad V_{s(30)} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i / V_{S1}) = 487.76 \text{ m/s}$$

$$L3: \quad V_{s(30)} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i / V_{S1}) = 433.74 \text{ m/s}$$

che in ogni caso colloca il suolo nella categoria **B**.

Quanto alle *condizioni topografiche*, la morfologia sub-pianeggiante del fondovalle che ospiterà l'impianto fa ritenere adeguata la categoria T1 (*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$*).

Considerata la tipologia dell'opera, si assume una *Classe d'uso II* ed una *vita nominale* di 50 anni.

Note le coordinate geografiche del sito ($44,36^\circ - 10,91^\circ$), la vita nominale delle opere in progetto (50 anni), la categoria di sottosuolo (B), quella topografica (T1) ed i parametri a_g , F_0 e T_c^* di tabella 2, si possono tracciare gli spettri di risposta elastica in campo libero relativi ai diversi stati limite contemplati dalle *Norme*.

Stato limite	T_R (anni)	a_g (g)	F_0	T_c^* (s)
operativo	30	0.0555	2.500	0.250
di danno	50	0.0688	2.500	0.270
di salvaguardia della vita	475	0.1586	2.505	0.290
di collasso	975	0.1992	2.506	0.300

Tabella 2

Come si vede le *Linee guida* e le *Norme* concordano sul valore d'ancoraggio per suolo di categoria A con periodo di ritorno $T_R = 475$ e probabilità $PVR = 10\%$, dunque occorre attendersi la medesima congruenza per i differenti periodi considerati.

La figura 7 mostra i diagrammi per il fattore di struttura unitario e smorzamento viscoso convenzionale (5%). Dall'elaborazione risultano i seguenti coefficienti di amplificazione stratigrafica (S_s) e topografica (S_t):

	S_s	S_t
- stato limite operativo (SLO)	1.20	1.0
- stato limite di danno (SLD)	1.20	1.0
- stato limite di salvaguardia della vita (SLV)	1.20	1.0
- stato limite di collasso (SLC)	1.20	1.0

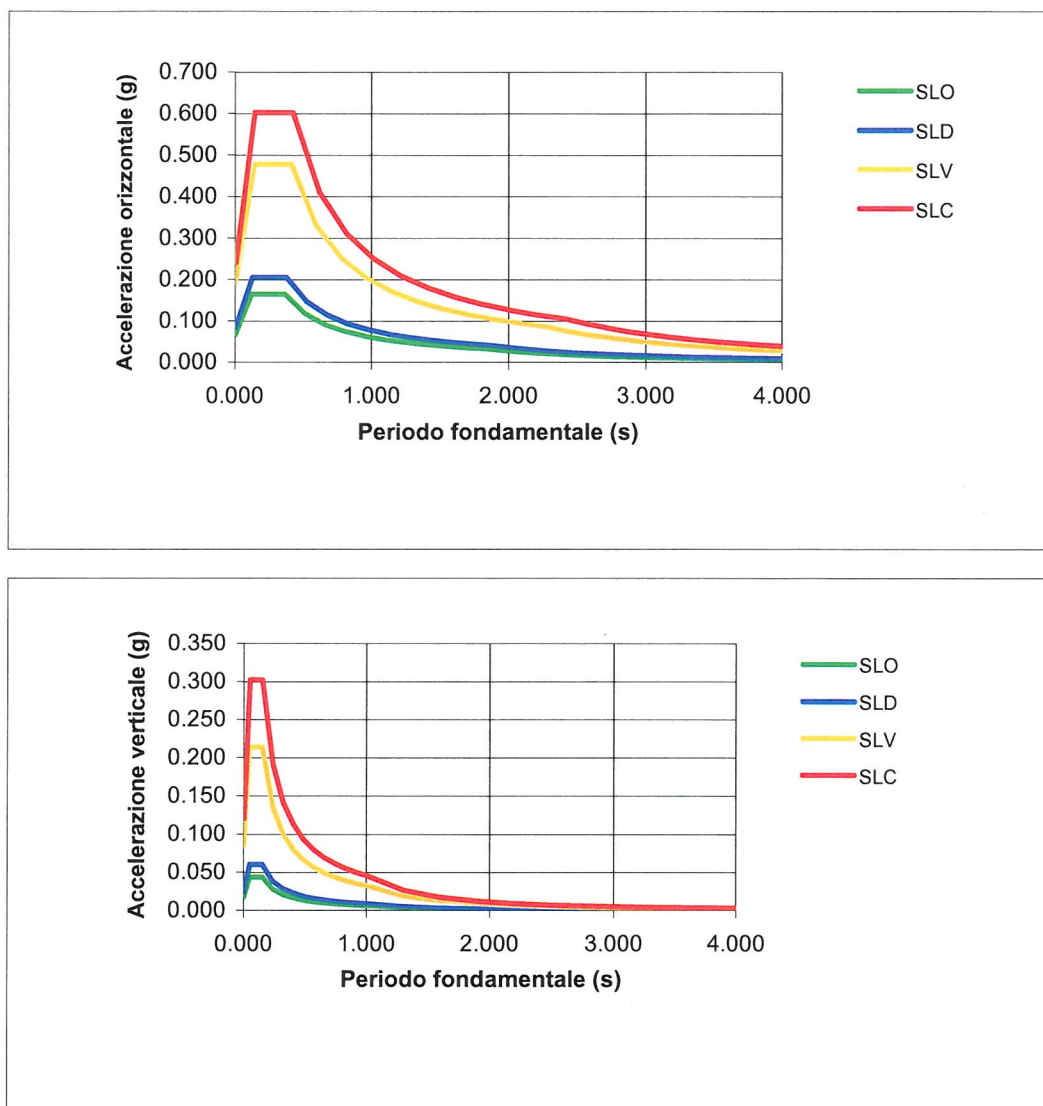


Figura 7

e le seguenti accelerazioni nella condizione di campo libero:

	Orizzontali	Verticali
- stato limite operativo (SLO)	$a_{hmax} = 0.066 \text{ g}$	$a_{vmax} = 0.018 \text{ g}$
- stato limite di danno (SLD)	$a_{hmax} = 0.082 \text{ g}$	$a_{vmax} = 0.024 \text{ g}$
- stato limite di salvaguardia della vita (SLV)	$a_{hmax} = 0.190 \text{ g}$	$a_{vmax} = 0.085 \text{ g}$
- stato limite di collasso (SLC)	$a_{hmax} = 0.239 \text{ g}$	$a_{vmax} = 0.120 \text{ g}$

Per concludere, la tabella seguente riporta le accelerazioni $a_{hmax}(g)$ attese al suolo a seguito dell'amplificazione stratigrafica secondo le *Linee guida*

	$a_{hmax}(g)$ L1	$a_{hmax}(g)$ L2	$a_{hmax}(g)$ L3
- stato limite operativo (SLO)	0.074	0.070	0.097
- stato limite di danno (SLD)	0.092	0.087	0.120
- stato limite di salvaguardia della vita (SLV)	0.212	0.202	0.276
- stato limite di collasso (SLC)	0.266	0.253	0.347

Come si vede, nei casi L1 e L2 i valori si assomigliano mentre nel caso L3 le differenze sono sostanziali; in ogni caso risulta che le *Norme* sono meno conservative delle *Linee guida*.

Riguardo all'azione sismica di progetto, è calcolata a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa al sito, che può essere assunta cautelativamente pari a 0.27 g in L1 e L2 e 0.35 in L3.

In un approccio pseudo-statico le componenti orizzontale e verticale della sollecitazione sono espresse come $F_h = W \cdot k_h$ ed $F_v = W \cdot k_v$, laddove

$$k_h = \beta_s \cdot a_{max}/g \quad e \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Per la categoria di suolo B, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_s è pari a 0.28, quindi

	L1÷L2	L3
k_h	0.076	0.098
k_v	0.038	0.049

Infine in ordine al rischio liquefazione, essendo da escludere che il fenomeno riguardi i sedimenti colluviali insaturi e le argilliti del bedrock, l'interesse va rivolto ai depositi alluvionali che in L1 e L3 ricoprono le ghiaie.

In quest'ambito va detto che qui non sembrano sussistere né le condizioni litologiche predisponenti (granulometria uniforme, bassa densità del deposito) né quelle scatenanti (terremoti intensi e di lunga durata) tale problematica.

6 ASSETTO GEOMORFOLOGICO E STRATIGRAFICO

6.1 Frana presso Ponte Samone

In superficie il pendio non presenta segnali di dissesto né in atto né incipiente (vedi foto 1 seguente).



Foto 1: vista da Strada Provinciale verso Est

A memoria dei Proprietari, a partire dal secondo dopoguerra non si sono registrati fenomeni franosi; a tutti gli effetti può essere considerata una frana quiescente, i cui elementi identificativi sono la morfologia dolcemente ondulata del pendio ed il leggero profilo “a schiena d’asino” che si apre a ventaglio nella porzione medio-bassa del versante.

Le prove penetrometriche effettuate (DIN 8÷13) hanno confermato l’esistenza di uno scoscendimento, che sembrerebbe limitato ad una cotenna spessa non più di 2.5 m.

I bassi valori di resistività elettrica registrati lungo la pendice (inferiori a 10 Ω m, colori azzurro e verde nella sezione tomografica di figura 8) sono compatibili con la presenza di quel dissesto ritagliato nel substrato argillitico mentre al piede del versante gli alti valori di resistività (colori dal giallo al rosso) sono ascrivibili a ghiaie e sabbie di terrazzo insature.

D’altra parte la tomografia elettrica suggerisce la possibilità che tale scoscendimento superficiale possa costituire la più recente riattivazione di un corpo franoso di maggiori dimensioni.

I dati geoelettrici segnalano infatti un’anomalia interpretabile in tal senso (colori dal giallo al rosso in profondità alla base del versante) ma va detto che tale singolarità è

potenzialmente ascrivibile anche ad una porzione di substrato molto più compatta del consueto, nell'ambito della Formazione geologica qui presente (Argille a palombini).

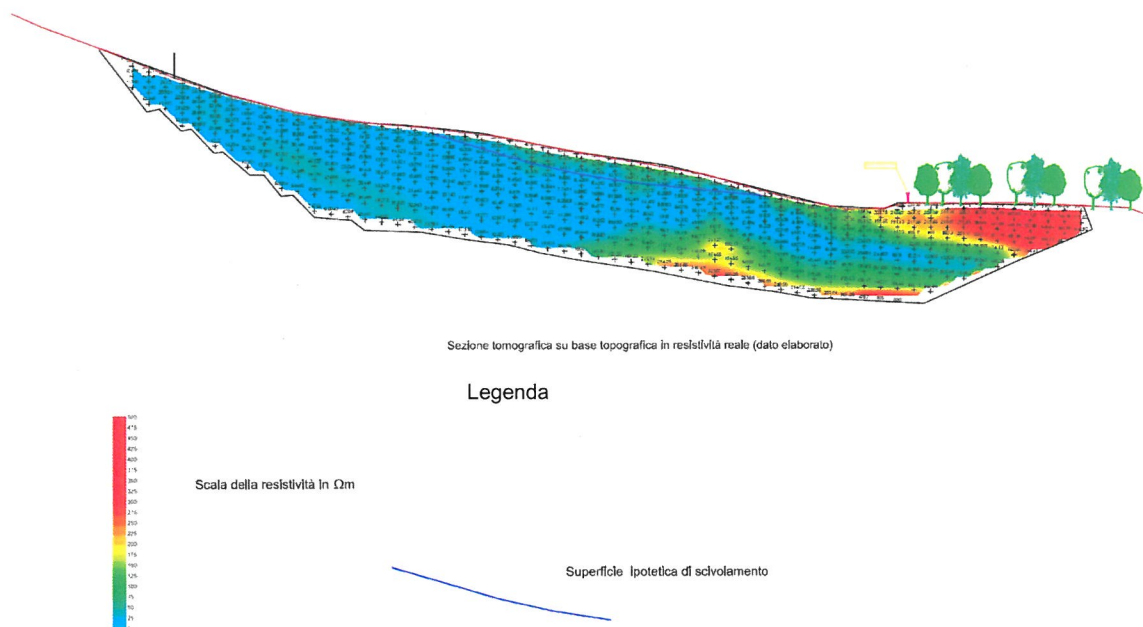


Figura 8

L'incertezza non è di poco conto.

Per sciogliere ogni dubbio, in accordo con il Progettista si è effettuato un sondaggio a rotazione (carotaggio), spinto alla profondità di quell'anomalia (15 m dal piano campagna).

Il lavoro è stato affidato a Geoprogetti s.a.s. di Medolla, che dispone dell'autorizzazione ministeriale per indagini del genere, così come richiesto dalle recenti *Norme tecniche per le costruzioni*; chi scrive ha diretto continuamente il carotaggio.

Il perforo ha consentito di accertare la natura franosa del corpo intruso tra le alluvioni recenti del terrazzo ed il substrato integro, individuato a - 11 m di profondità.

In particolare si distingue la successione di almeno 2 episodi di frana.

Sotto il profilo genetico, i dissesti sono attribuibili a successivi episodi di scalzamento del piede del versante ad opera del fiume, in occasione di antiche divagazioni; la nicchia di distacco si individua a monte della Strada Provinciale Panaro, tra questa e la S.P. Samone (vedi tavola 1).

La sezione geologica A-A' di tavola 15 è un'interpretazione dell'assetto stratigrafico complessivo.

Sembra il caso di sottolineare che i fori delle penetrometrie sono risultati asciutti e che nel corso del carotaggio si sono osservate le prime venute idriche a - 6 m dal piano campagna. Ciò avvalorava l'ipotesi che sia il substrato integro sia l'antico corpo di frana risultino pressoché impermeabili.

6.2 Frana presso Castiglione

Si tratta di un dissesto attivo, la cui nicchia di distacco lambisce il ciglio della Strada Provinciale, mentre la zona d'accumulo è sottesa dal canale d'alimentazione del Mulino delle Palette (vedi foto 2 e 3).



Foto 2: zona di distacco (nicchia) e scorrimento della frana



Foto 3: zona d'accumulo (piede) della frana

La fenomenologia dello scoscendimento sembra essere riconducibile alla tipica “colata di terra”, innescata dalle acque di precipitazione determinanti un cambiamento dello stato fisico dell’argilla, che passa da uno stato pseudocoerente a quello plastico per progressivo assorbimento d’acqua.

D’altra parte non è da trascurare anche lo scalzamento del piede della frana ad opera delle acque correnti nel canale suddetto.

Le penetrometrie (DIN 1÷7) hanno individuato un potenziale piano di scivolamento, che a partire dal bordo della strada provinciale si approfondisce intorno a - 1 m nella zona d’alimentazione, fino a - 2÷2.5 m nelle zone di scorrimento e d’accumulo e che viene a giorno presso il bordo del canale.

La sezione geologica C-C’ in tavola 15 illustra tale assetto.

Nei fori di sondaggio non si è rilevata la presenza di acqua.

Anche in questo caso il piano di scivolamento si è fatto corrispondere alla zona di debolezza caratterizzata dai minimi valori di N (intorno a 2÷4); a tale cotenna mobilizzata competono valori di resistività maggiori di 10 Ω m, mentre il substrato segnala valori mediamente inferiori (vedi figura 9).

E’ doveroso sottolineare che la tomografia elettrica non è stata condotta sull’asse della frana, causa lo scompaginamento dei terreni di copertura che impediva il corretto posizionamento degli elettrodi, ma pochi metri più a Nord, lungo il suo fianco sinistro; del dislivello tra i due allineamenti si è tenuto conto nella correlazione tra dati diretti e indiretti.

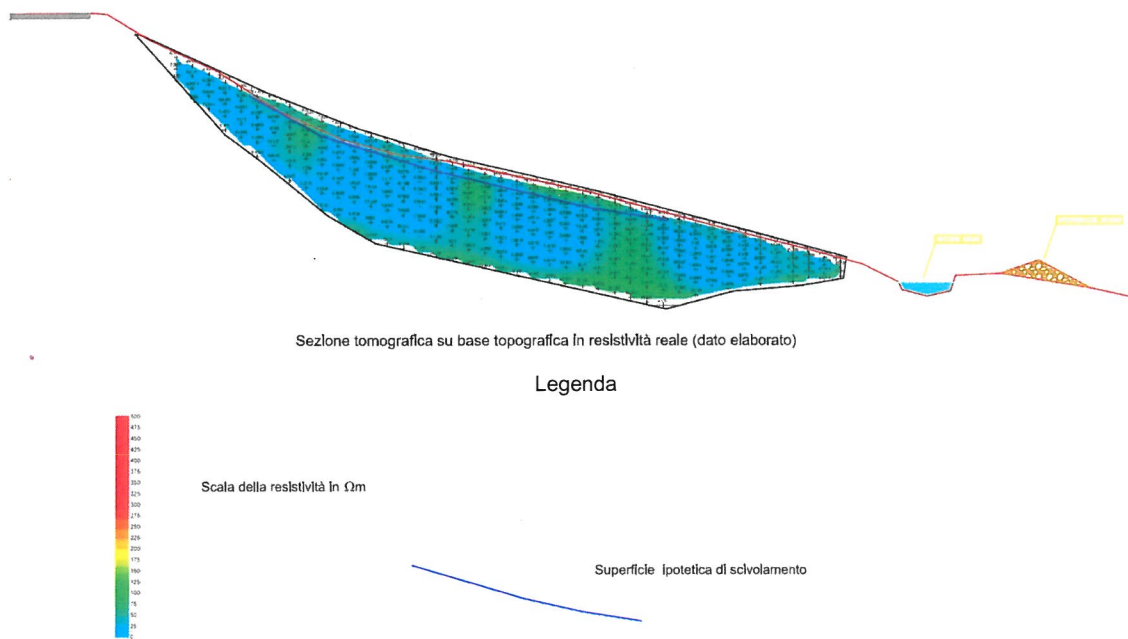


Figura 9

6.3 Frana in località Ca' del Barbe, a valle del Mulino delle Palette

Sia il test geofisico sia le penetrometrie sono state allineate lungo una direttrice ortogonale al punto in cui il canale di scarico dell'impianto si approssima maggiormente al piede del versante.

Il pendio in argomento è un prato stabile che non presenta sintomi d'instabilità attuale o pregressa (vedi foto 4 seguente); visto che negli ultimi 50 anni a memoria d'uomo non è stato coinvolto da episodi di dissesto, lo scoscendimento segnalato dalla cartografia ufficiale è classificabile come frana quiescente.



Foto 4: vista da strada provinciale verso Nord

I dati di resistività elettrica mediamente bassi lungo il versante, ad eccezione di uno spessore superficiale con valori $> 10 \Omega \text{ m}$ (vedi figura 10), anche in questo caso sono compatibili con la presenza del substrato argillitico e di una sottile copertura mobilizzata.

Il passaggio tra i due orizzonti, secondo i dati penetrometrici (DIN 14÷17), si colloca a profondità comprese tra - 1.0 e - 2.5 m procedendo da monte a valle.

Alla base del versante la coltre in dissesto si assottiglia fino praticamente ad annullarsi, laddove gli elevati dati geoelettrici si accordano con la presenza di un materasso ghiaioso, costituente l'ossatura del terrazzo alluvionale che borda il contrafforte.

L'assetto stratigrafico complessivo è tratteggiato nella sezione geologica D-D' di tavola 15.

7 CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI

In corrispondenza dei dissesti citati il risvolto di ordine applicativo connesso alla realizzazione dell'impianto investe la stabilità degli scavi necessari alla posa della condotta adduttrice e del canale di scarico.

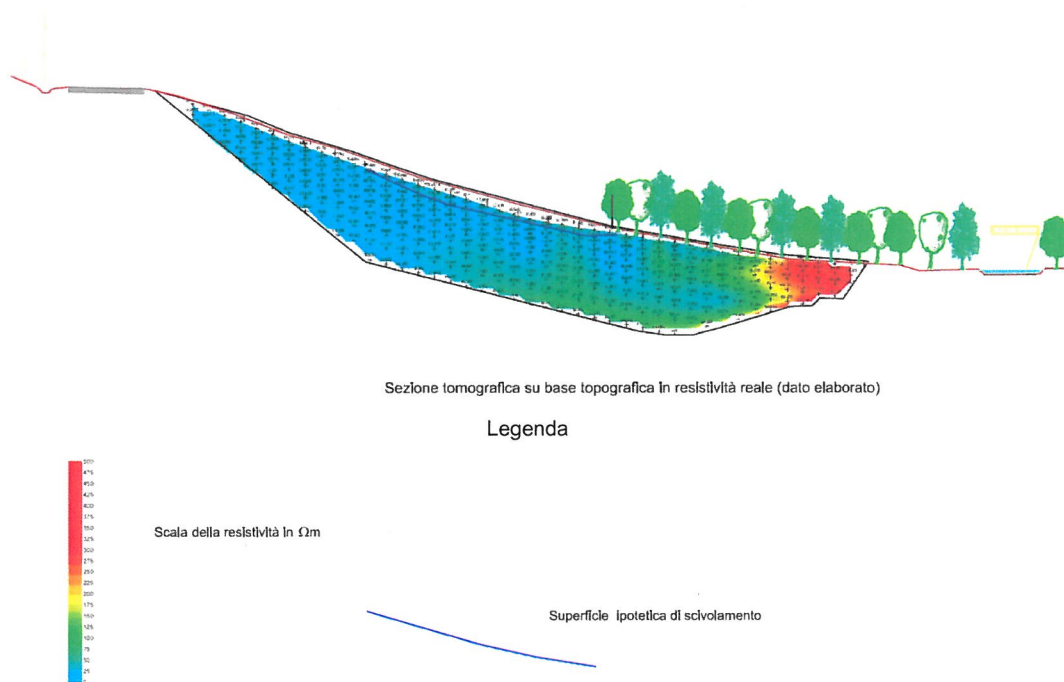


Figura 10

In quest'ambito le condizioni più critiche sono quelle a breve-medio termine (fase di scavo e posa del tubo/canale) mentre al termine dei lavori, una volta rinterrata la trincea contenente il manufatto, l'assetto geostatico non potrà che essere simile o migliore dell'attuale.

Valutazioni di tipo quantitativo in grado di conferire oggettività a tali congetture richiedono la preventiva definizione delle caratteristiche meccaniche dei terreni coinvolti dagli scavi ovvero substrato, corpi in dissesto e ghiaie/sabbie di terrazzo; le condizioni più cautelative sono quelle drenate.

Riguardo al substrato, la definizione della resistenza al taglio in termini univoci non è cosa facile, giacché la formazione è per natura anisotropa e discontinua.

L'esperienza insegna che occorrerebbe un numero statistico di tests di laboratorio su campionature per ottenere dati affidabili; pertanto conviene fare riferimento alla letteratura specialistica ed in particolare agli studi già effettuati su quel materiale in questa parte di Appennino.

Nel caso in questione vengono d'aiuto alcune recenti pubblicazioni² su frane analoghe per litologia dei terreni coinvolti, che fanno stimare i seguenti parametri fisici e geomeccanici cautelativi in termini di sforzi efficaci:

² - "Il dissesto idrogeologico in Emilia Romagna: analisi di un tipico movimento franoso in argille strutturalmente complesse (Frana della Maranina, Gaggio Montano- BO)" – Bollettino dell'Ordine dei Geologi Regione Emilia Romagna – Anno VII/2007 - n.28, p. 33-40.

- "Comportamento rigonfiante delle Argille Scagliose sulla base di nuove determinazioni sperimentali" di M.Bonini, M.Barla, G.Barla – Incontro Annuale dei Ricercatori di Geotecnica 2002, IARG 2002.

	Parametri <i>caratteristici</i>		Peso di volume
	c'_k kPa	ϕ'_k °	γ kN/m ³
Substrato argillitico (APA)	20	20	21

In ordine ai terreni in frana, si è tentata una procedura d'analisi inversa, al fine di risalire a valori realistici; nella fattispecie si è considerato lo scoscendimento superficiale schematizzato lungo la sezione geologica A-A' e si è proceduto per tentativi, lasciando invariato l'angolo d'attrito interno ϕ' e incrementando il valore della coesione intercetta c' fino ad ottenere un coefficiente di sicurezza intorno all'unità.

Il codice utilizzato è STABL della Purdue University (Indiana), nella versione per Windows redatta dall'Università del Wisconsin, basato sul metodo modificato di Bishop.

L'output numerico è posto a fondo testo (allegato 2).

In definitiva si è giunti a stimare $F = 1.031$ assumendo:

$$c'_k = 1 \text{ kPa e } \phi'_k = 20^\circ.$$

Ovviamente ciò non indica quale sia effettivamente il reale fattore di stabilità ma su quali valori minimi di resistenza al taglio si può fare affidamento.

Per quanto riguarda le ghiaie e le sabbie di terrazzo, l'esperienza consiglia la seguente coppia di valori *caratteristici*:

$$c'_k = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi'_k = 40^\circ$$

Sulla scorta di questi parametri, si è proceduto all'analisi della stabilità delle trincee di alloggiamento della condotta e del canale di scarico nei tratti considerati.

Per un fronte di scavo s'impone la Combinazione 2 dell'Approccio 1, definita dalla scrittura convenzionale A2+M2+R2, che presuppone un incremento del 30% delle azioni variabili sfavorevoli e decrementi delle caratteristiche di resistenza al taglio, applicando i seguenti coefficienti parziali:

$$\phi'_d = \arctan(\tan \phi'_k / 1.25)$$

$$c'_d = c'_k / 1.25$$

Il bilancio tra azioni e resistenze è poi ulteriormente penalizzato dal coefficiente R2 pari a 1.1.

Quindi i parametri *di progetto* su cui si può fare conto sono i seguenti:

	Parametri di progetto		Peso di volume
	c'_k kPa	ϕ'_k °	γ kN/m ³
Alluvioni di terrazzo	0	34	18
Terreno in frana	0.8	16	20
Substrato argillitico (APA)	16	16	21

8 STABILITA'

Nelle verifiche di stabilità degli scavi, non si sono considerati gli effetti indotti dalle sollecitazioni sismiche, trattandosi di un intervento a carattere provvisorio (vedi *Capitolo 3 delle NTC 2008*).

D'altra parte di tali effetti si è tenuto conto nell'analisi di stabilità dei pendii a lavori ultimati, mediante un approccio pseudostatico.

8.1 Sezione A-A'

In corrispondenza della sezione A-A' la posizione della condotta adduttrice ed il profilo di scavo sono quelli illustrati in figura 11.

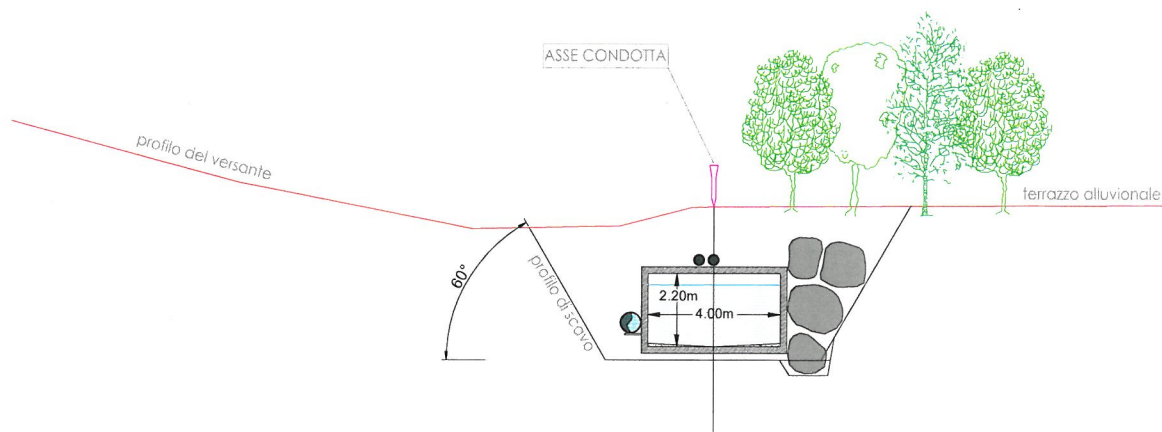


Figura 11

I terreni coinvolti sono le alluvioni del terrazzo ed il corpo di frana (antico e recente).

In figura 12 si evidenziano le 10 superfici più critiche; la procedura è articolata in 1000 tentativi, secondo piani di rottura ad andamento circolare.

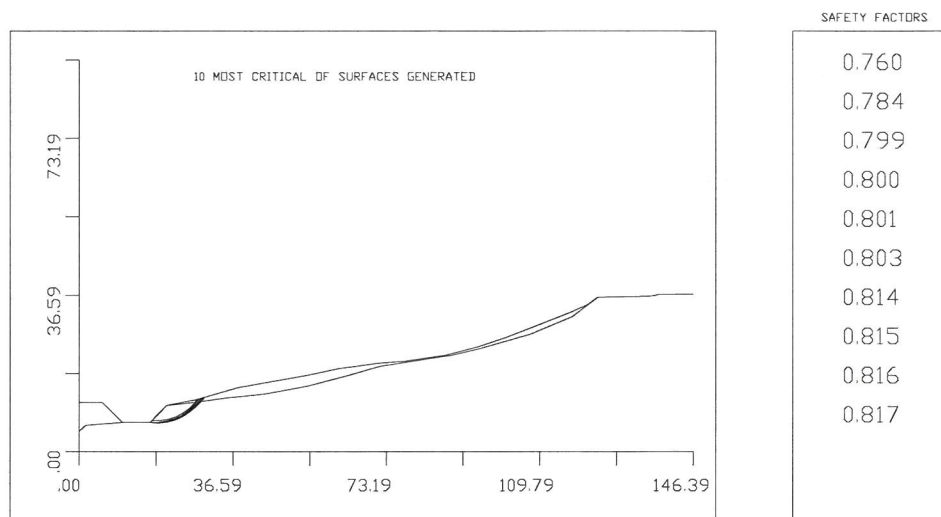


Figura 12

Come si vede, anche in condizioni asciutte il fattore di sicurezza F risulta inferiore a 1, quindi la condizione SLU ($E_d \leq R_d$) non è soddisfatta; pertanto risulta imprescindibile il ricorso ad un'opera provvisoria di contenimento e sostegno dello scavo.

Una possibile alternativa è lo spostamento della condotta verso fiume, in modo tale da coinvolgere nello scavo solo le alluvioni del terrazzo.

D'altra parte al termine dei lavori la verifica di stabilità sulla base dei parametri *caratteristici* fornisce risultati soddisfacenti, anche grazie all'effetto stabilizzante indotto dai rinterri e dal manufatto (vedi figura 13).

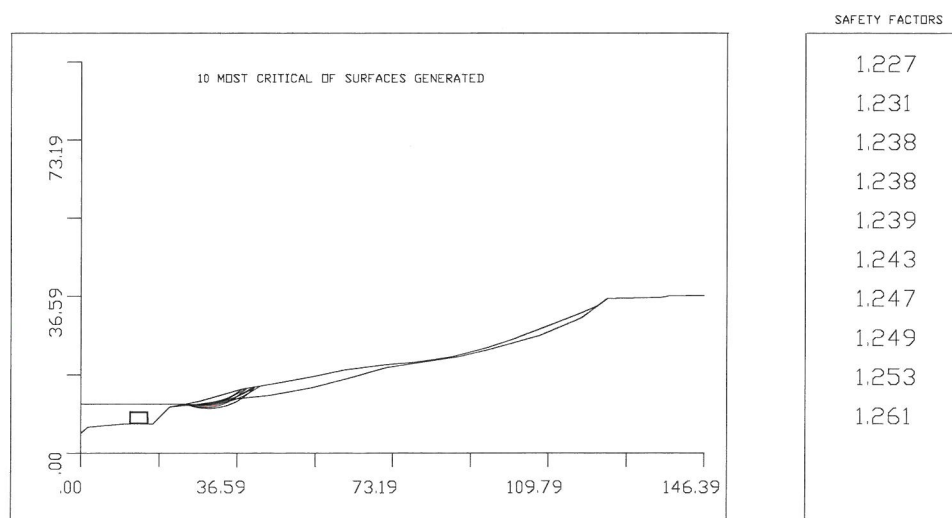


Figura 13

Negli allegati 3÷4 sono riportati i dati d'ingresso ed i risultati numerici prodotti.

8.2 Sezione C-C'

Il passaggio della condotta è previsto sul margine del terrazzo alluvionale che raccorda il versante al talweg; la sezione di scavo prevista è argomento di figura 14.

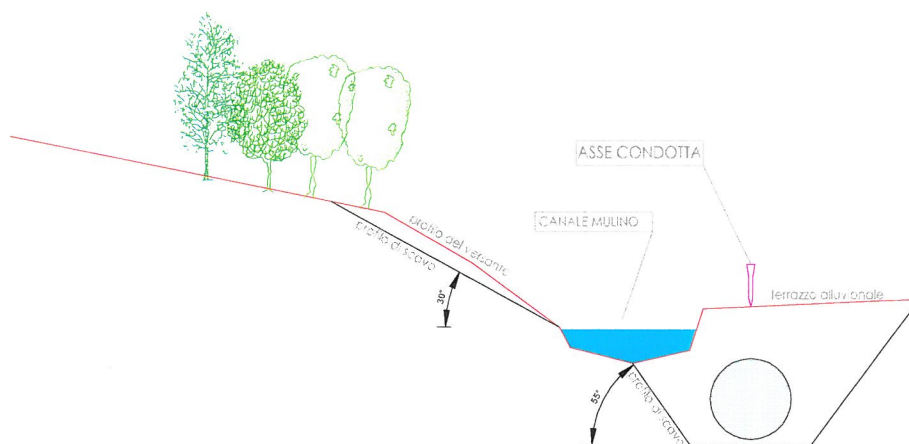


Figura 14

Nelle figure 15÷16 si riportano le superfici più critiche tra le 10 con il minore grado di stabilità nelle condizioni asciutte e di completa saturazione; la procedura di calcolo è quella già descritta.

I dati di input e output sono argomento dell'allegato 5.

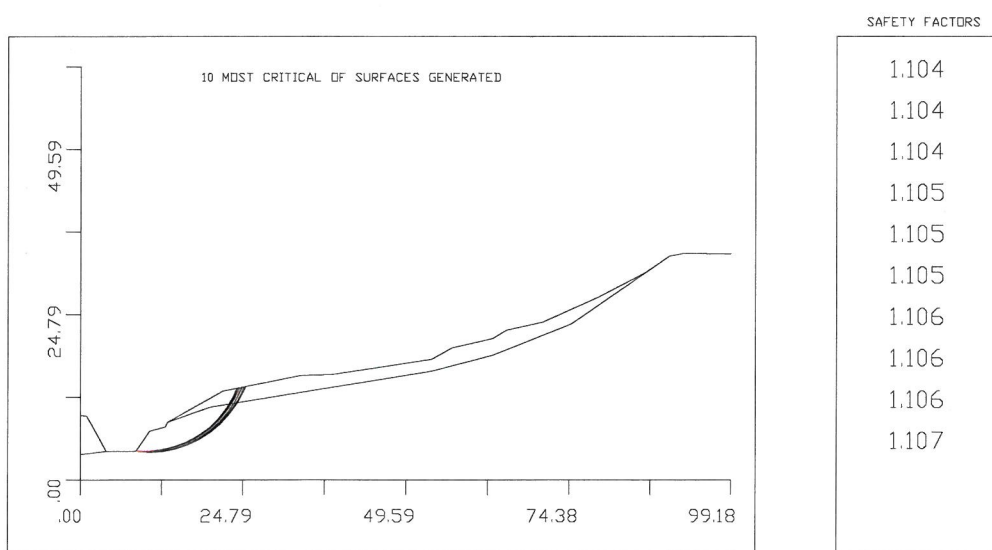


Figura 15

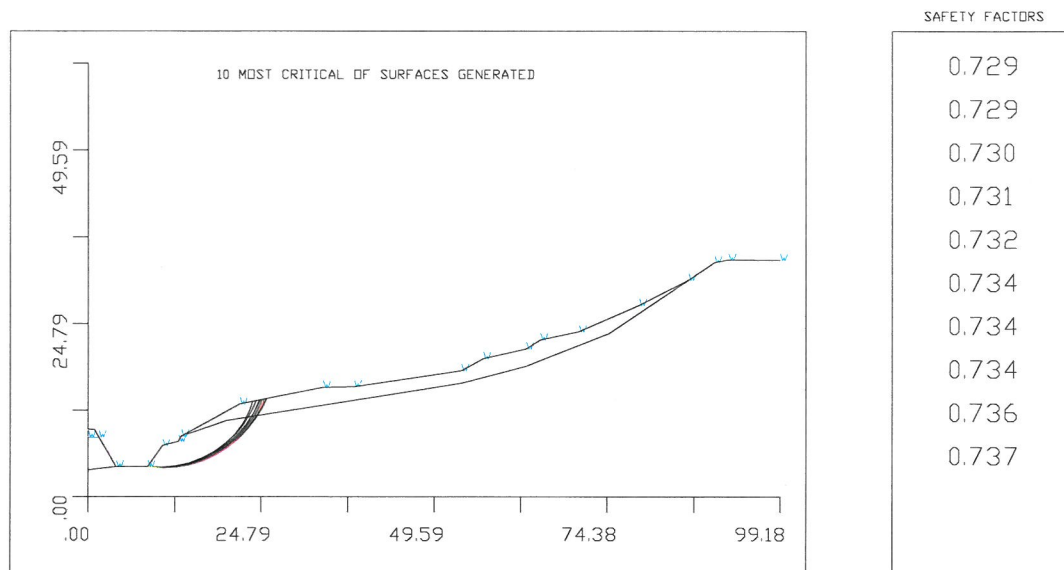


Figura 16

Nelle condizioni insature, il fattore di stabilità F minimo risulta pari a 1.104; applicando il fattore riduttivo R_2 , si ottiene $F = 1.004$, quindi la condizione SLU ($E_d \leq R_d$) è soddisfatta con un margine assai ridotto.

D'altra parte in condizioni di quasi-saturazione (falda a - 1 m dal p.c.) F risulta inferiore a 1 (vedi allegato 6).

Il risultato si presta a un ovvio giudizio negativo, anche se va detto che la condizione di stato limite non comporta necessariamente l'incipiente collasso, giacché riserva qualche margine da spendere per scongiurarlo (limitazioni normative in ordine alla riduzione delle resistenze ed all'incremento delle azioni).

In prima battuta la posa del tubo all'interno della trincea in sezione ampia potrà essere condotta in sicurezza solo nella stagione asciutta, quando gli apporti meteorici in grado di saturare le masse detritiche superficiali sono minimi o nulli; in caso contrario sono necessari interventi a sostegno delle pareti di scavo.

Al Progettista va riconosciuta la più ampia discrezionalità nel valutare i risultati dello studio e nel predisporre o meno ausili di salvaguardia.

Infine l'analisi delle condizioni di stabilità del pendio a conclusione dei lavori induce all'ottimismo ($F \geq 1$ anche nel caso di completa saturazione; vedi figura 17), anche in virtù dell'effetto stabilizzante della controbanca di ghiaia che si ipotizza al piede del versante.

I dati di input e output sono argomento dell'allegato 7.

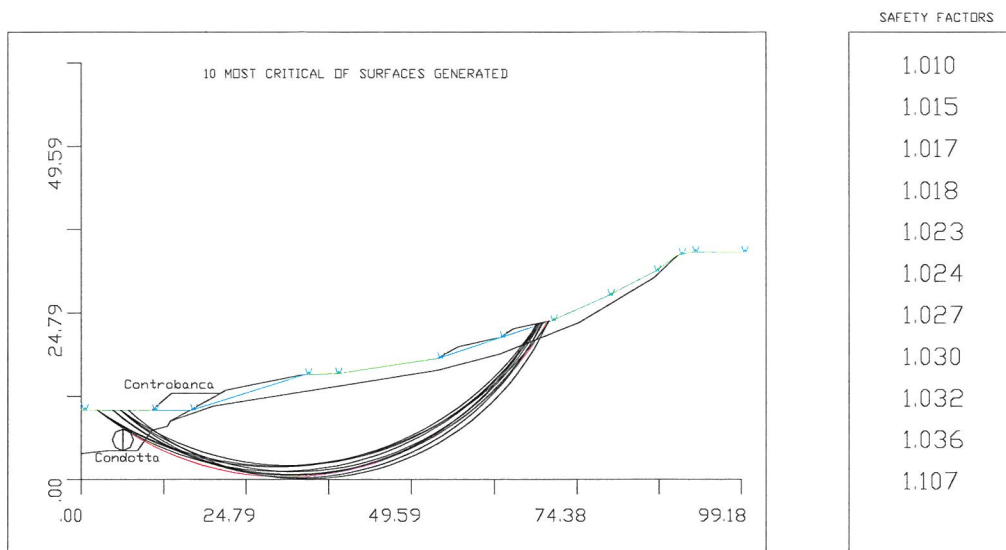


Figura 17

8.3 Sezione D-D'

L'asse della condotta di scarico dell'impianto in progetto è prevista sulla mezzeria dell'attuale canale di scarico del Mulino delle Palette, che ricade nel terrazzo alluvionale sotteso al versante.

La sezione di scavo di progetto è tratteggiata in figura 18; l'ambito geologico è quello del materasso ghiaioso di fondovalle.

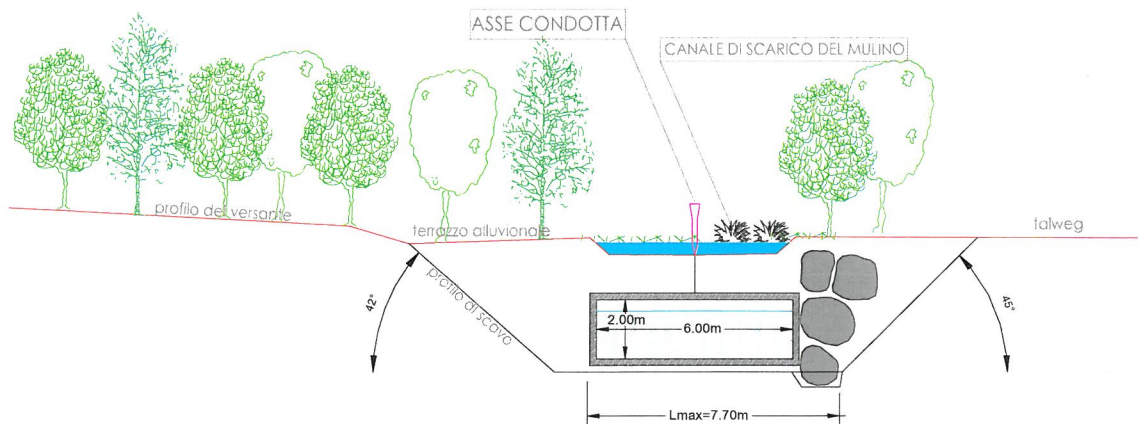


Figura 18

I risultati della verifica di stabilità in condizioni insature (vedi figura 19) sono confortanti; il fattore di sicurezza minimo calcolato è $F = 1.346$; applicando il fattore riduttivo R2 si ottiene $F = 1.223$, quindi la condizione SLU ($E_d \leq R_d$) è soddisfatta con ampio margine.

I dati di input e output di queste verifiche sono argomento dell'allegato 8.

Si omette l'analisi in condizioni di saturazione, irrealizzabili in tale contesto geologico.

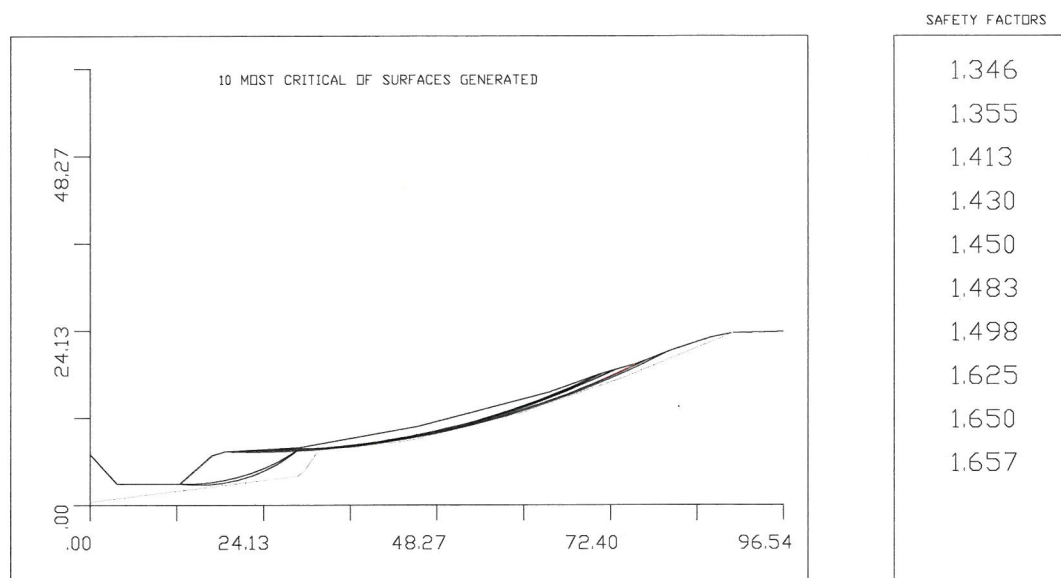


Figura 19

Visti i risultati, l'analisi di stabilità del pendio al termine dei lavori risulta pleonastica, pertanto la si trascura.

9 CONCLUSIONI

Lo studio integrativo condotto ha consentito di approfondire il tema della risposta sismica locale.

Inoltre è stato possibile definire le metodiche più opportune per garantire la stabilità degli scavi, funzionali alla posa in sicurezza della condotta adduttrice e del canale di scarico, in quei tratti sottesi a dissesti attivi e quiescenti.

Infine si è potuto verificare che al termine dei lavori l'assetto geostatico di quei pendii risulterà soddisfacente.



Fausto Campol

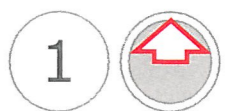
Progetto

IMPIANTO IDROELETTRICO DENOMINATO
"MOLINO DELLE PALETTE"

Committente

MOLINO DELLE PALETTE SRL
via C. Battisti, 6 - VOBARNO (BS)

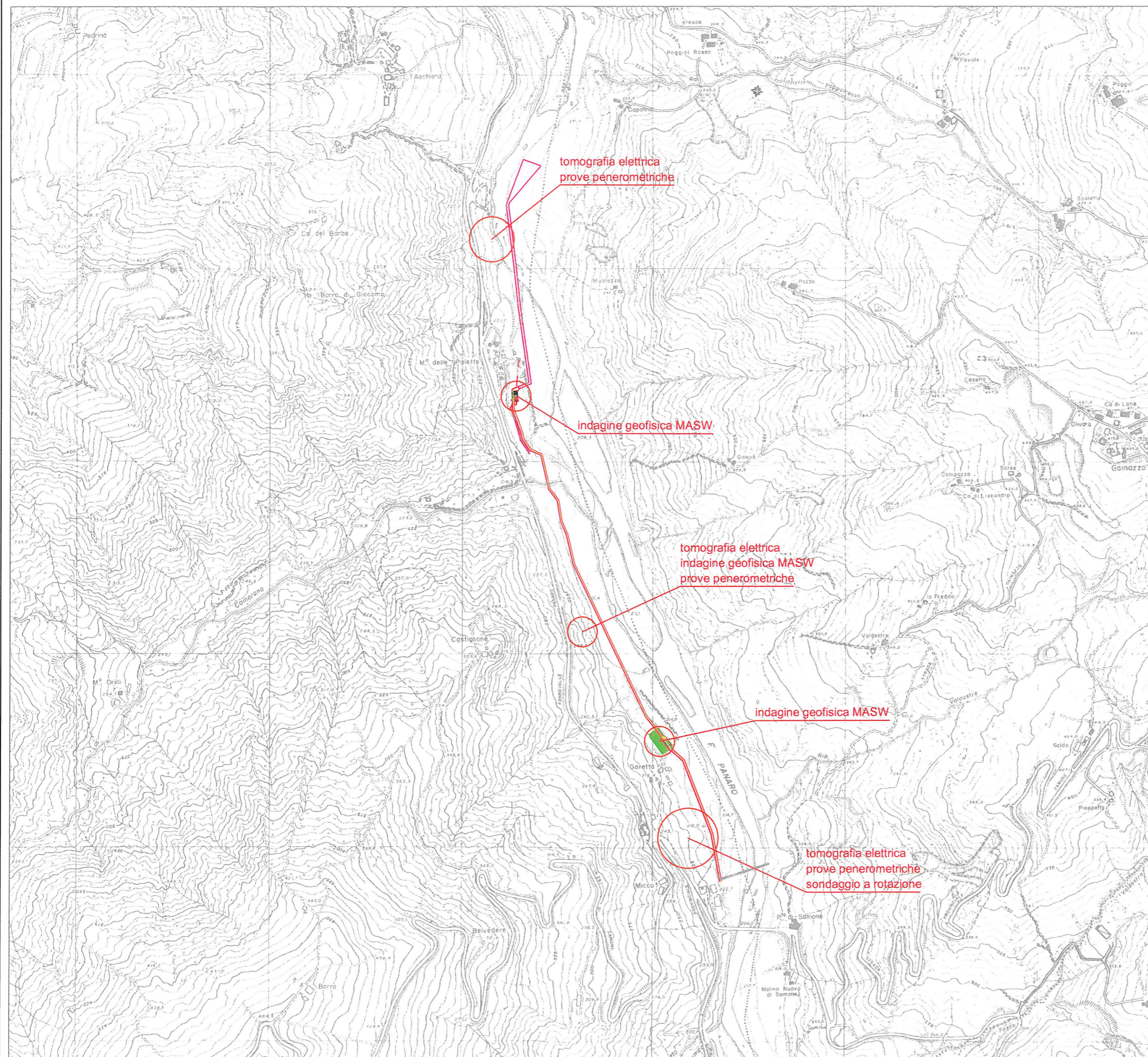
N° TAVOLA



COROGRAFIA GENERALE

SCALA 1:10000

Aree di studio
(con indicazione delle indagini effettuate)



Progetto

IMPIANTO IDROELETTRICO DENOMINATO
"MOLINO DELLE PALETTE"

Committente





MOLINO DELLE PALETTE SRL
via C. Battisti, 6 - VOBARNO (BS)

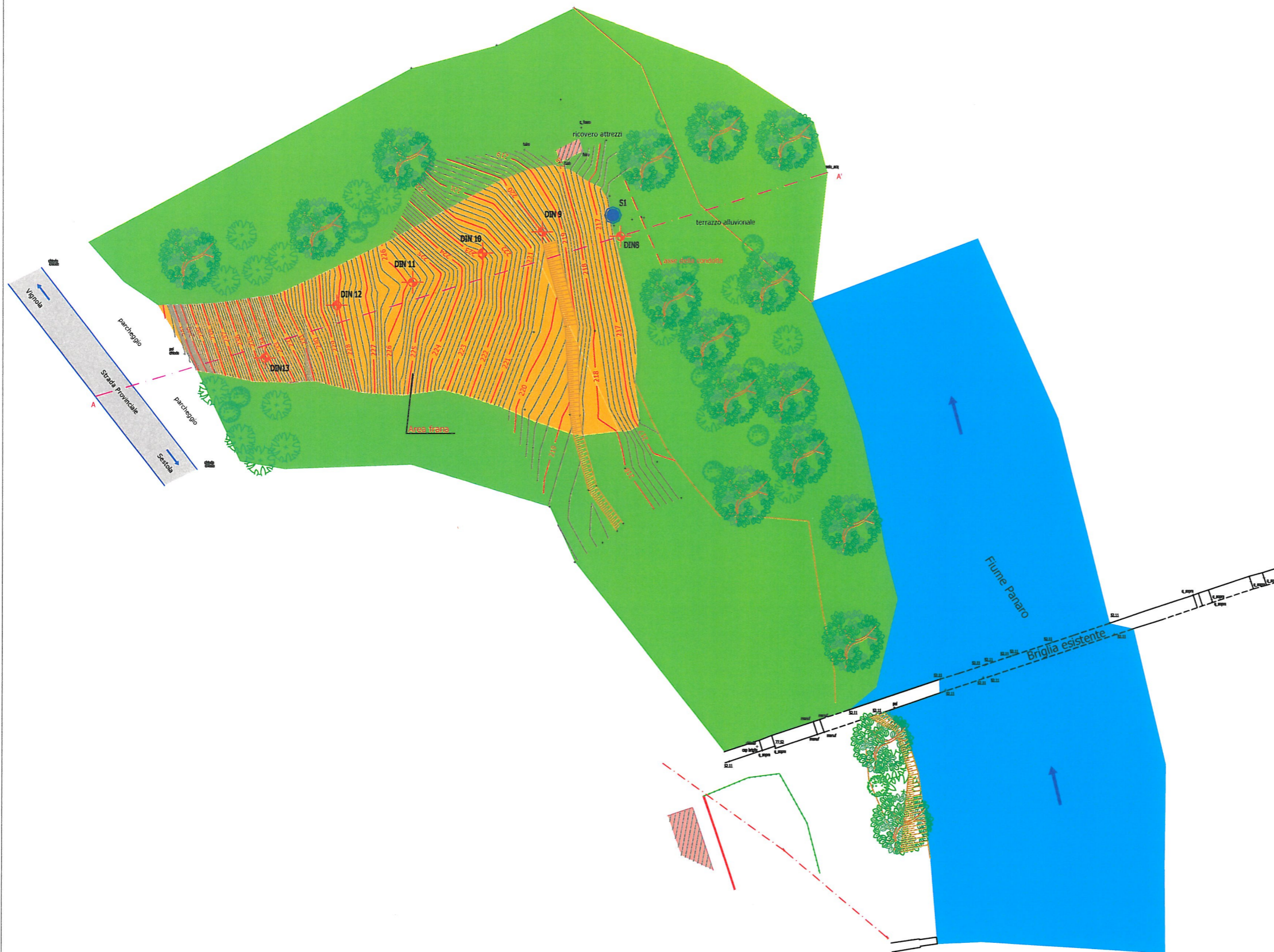
N° TAVOLA



RILIEVO PLANOALTIMETRICO
E UBICAZIONE SONDAGGI

SCALA 1:1000

-  Prova penetrometrica dinamica (DIN)
-  Sondaggio a rotazione (S)
-  Traccia profilo topografico e sezione geologica
-  Frana quiescente superficiale



Progetto

IMPIANTO IDROELETTRICO DENOMINATO
"MOLINO DELLE PALETTE"

Committente




MOLINO DELLE PALETTE SRL
via C. Battisti, 6 - VOBARNO (BS)

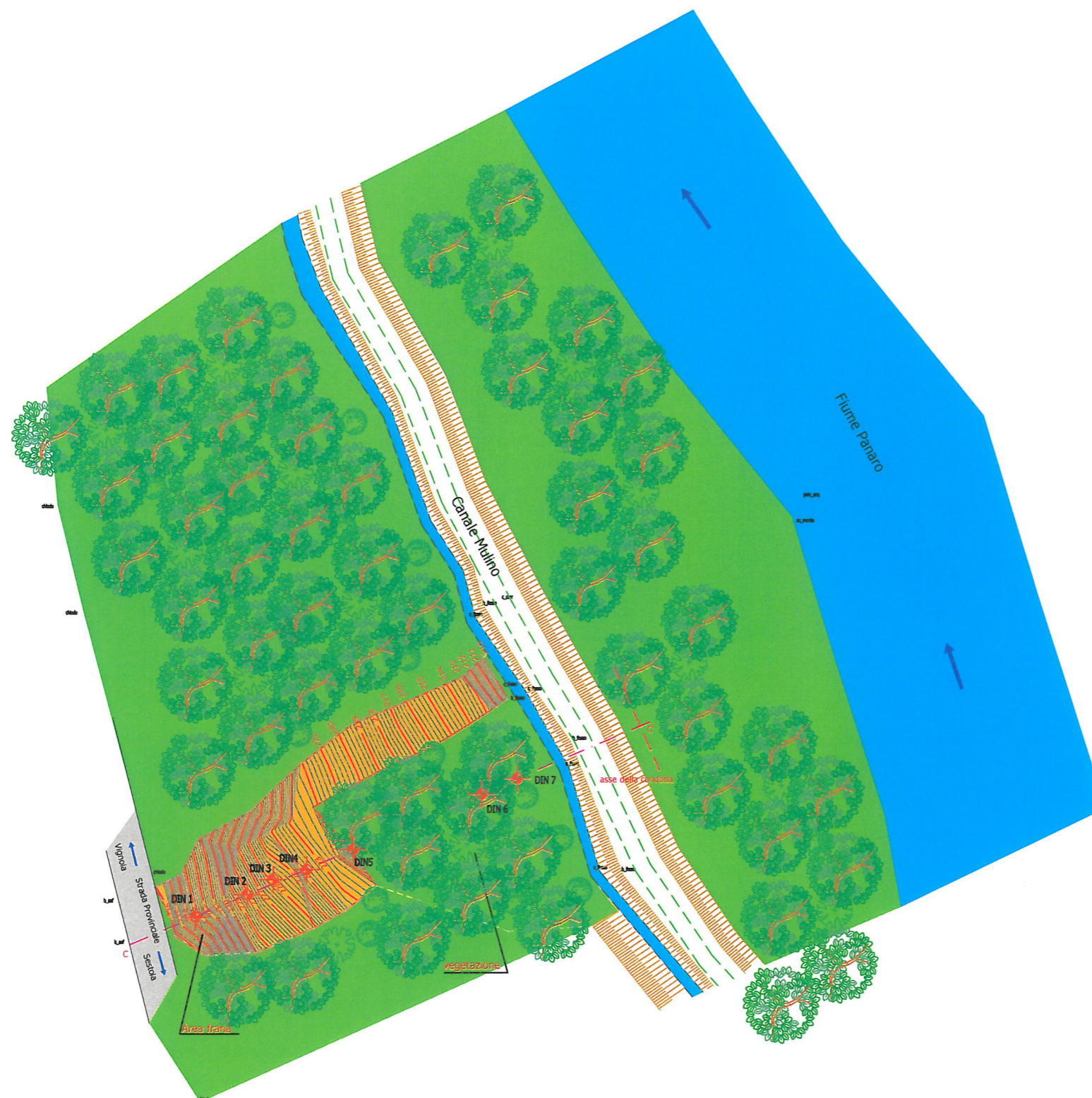
N° TAVOLA



RILIEVO PLANOALTIMETRICO
E UBICAZIONE SONDAGGI

SCALA 1:1000

-  Prova penetrometrica dinamica (DIN)
-  Traccia profilo topografico e sezione geologica
-  Frana attiva





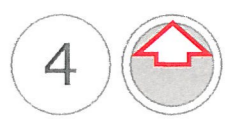
Progetto

IMPIANTO IDROELETTRICO DENOMINATO "MOLINO DELLE PALETTE"

Committente







MOLINO DELLE PALETTE SRL
via C. Battisti, 6 - VOBARNO (BS)

N° TAVOLA



RILIEVO PLANOALTIMETRICO
E UBICAZIONE SONDAGGI

SCALA 1:1000

-  Prova penetrometrica dinamica (DIN)
-  Traccia profilo topografico e sezione geologica
-  Area denudata
-  Frana quiescente
-  Terrazzo alluvionale
-  Materiale di riporto



CARATTERISTICHE DEL PENETROMETRO STATICO – DINAMICO “DINASTAR”

ASSETTO DINAMICO

peso della massa battente (M)	30 kg	peso di ogni singola asta (P)	3.6 kg
corsa in caduta libera (H)	20 cm	sezione trasversale punta a perdere (A)	10 cm ²
diametro delle aste di perforazione	28 mm	peso della testata d'infissione (m)	26 kg

- Nel corso della prova penetrometrica dinamica si registra il numero di colpi (N) necessario per produrre avanzamenti di 10 cm (h) della punta.
- Esiste la possibilità di ridurre gli attriti parassiti lungo le aste di sondaggio mediante iniezioni di liquidi tixotropici.

ASSETTO STATICO

- Il contrasto necessario all'avanzamento della punta statica (“dutch mantle cone” standard) è dato dall'attrito che si sviluppa tra i terreni ed il particolare manicotto Dinastar.
- Nel corso della prova, tra una lettura statica e la successiva, l'infissione della batteria di sondaggio si effettua in modo dinamico.
- Vengono registrati due valori: il primo è relativo al numero di colpi (N_m) per un approfondimento di 10 cm del manicotto; il secondo indica la resistenza statica alla punta (q_c). Quest'ultimo è misurato da una cella di carico estensimetrica ad alta precisione da 2500 kg di portata ed è visualizzato sul display di una centralina elettronica.
- Il valore della resistenza di attrito laterale locale (f_s) si misura a partire dal dato dinamico (N_m) mediante la formula:

$$f_s = \frac{M^2 \cdot H \cdot N_m}{S \cdot 10 \cdot (M + m + T + \sum P)} \cdot 0.5$$

- dove S e T sono rispettivamente la superficie del manicotto di ancoraggio e il peso del puntale soggetto ad azione dinamica.
- La superficie usuale del manicotto di ancoraggio, pari a 500 cm², può essere aumentata di 200 o 400 cm² mediante apposite giunzioni. A lato si riportano i relativi pesi.

S 500 cm ²	T	6.7	kg
S 700 cm ²	T	7.1	kg
S 900 cm ²	T	7.5	kg
- Può accadere che l'attrito sviluppato sul manicotto sia insufficiente a contrastare la discesa della punta per cui il manicotto si disancora e risale nel foro. Il valore del parametro f_s è allora quello che si legge sul display, mentre la resistenza alla punta è ovviamente maggiore di f_s. In questi casi si procede a due letture dinamiche, misurando prima i colpi necessari per “richiudere” il puntale e poi quelli che occorrono per far avanzare il puntale “chiuso” di altri 10 cm. Particolari elaborazioni consentono di ottenere la resistenza dinamica (r_d) dei terreni che hanno precluso l'avanzamento statico e di ottenere quindi q_c in modo indiretto mediante il rapporto:

$$q_c = r_d / \beta$$

con β generalmente compreso tra 1.8 e 2.2

- Il fenomeno del disancoraggio è segnalato in corso di restituzione grafica con una freccia la cui lunghezza indica il valore di q_c presunto.

Note relative ai sondaggi svolti: è stato utilizzato il manicotto da 500 cm²; i dati di campo sono stati elaborati ponendo ΣP = 0.

SONDAGGI PENETROMETRICI DINAMICI

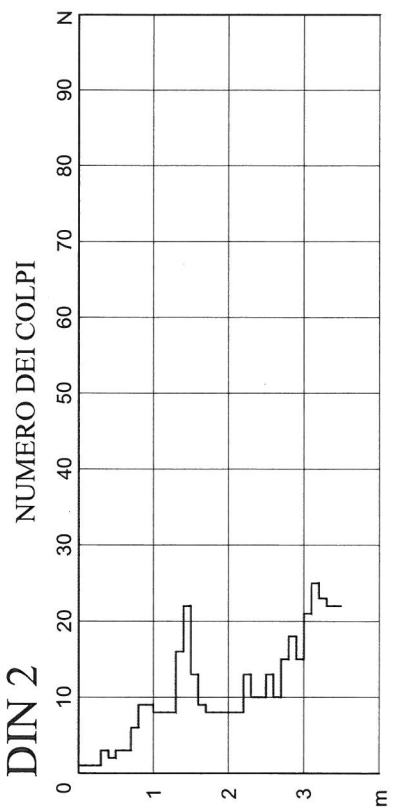
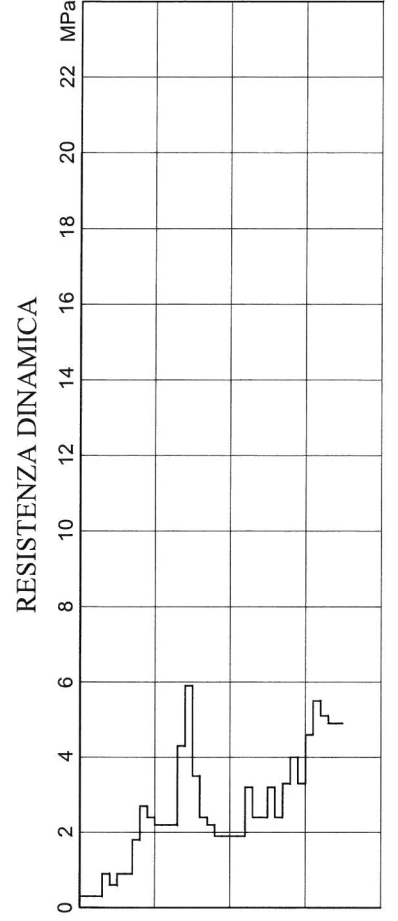
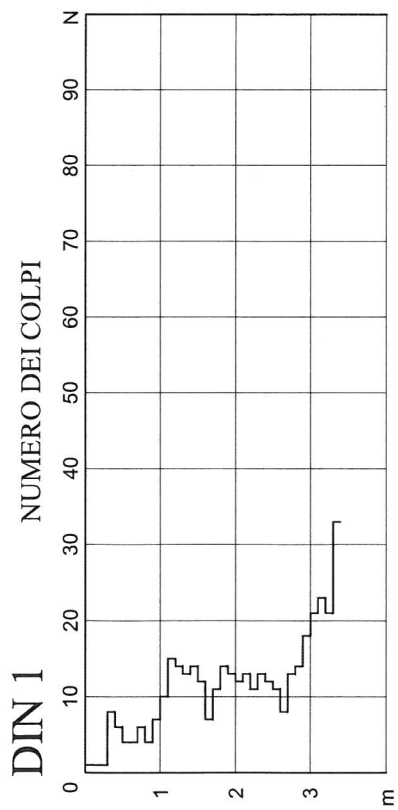
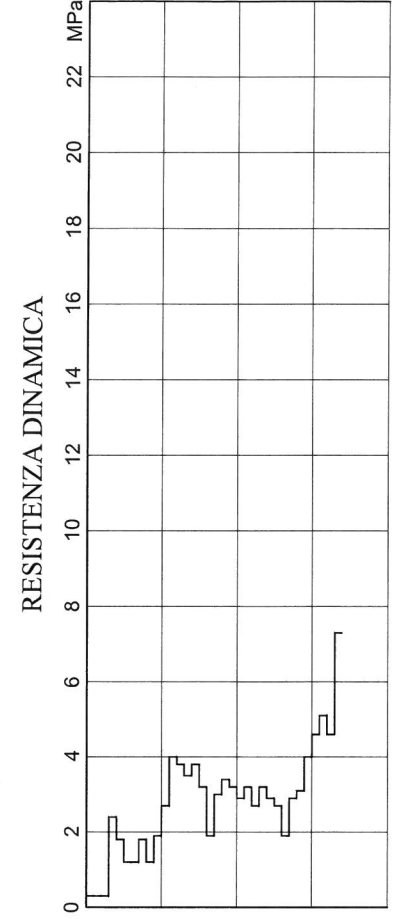


PROVE N. 1/2	ESECUTORE GEOLOG S.C.	DATA 31/07/10
COMMITTENTE MOLINO DELLE PALETTE SRL	LOCALITA' COMUNE DI PAVULLO	
CANTIERE IMP.IDROEL.MULINO PALETTE	D.L. DR.F.CAMPIOLI	TAV. 6

NOTE:

PESO DEL MAGLIO kg 20
 VOLATA DEL MAGLIO cm 20
 SEZIONE DELLA PUNTA cm² 10
 PASSO DELLE MISURE cm 10
 PESO DELL'INCUDINE kg 2.6
 LUNGHEZZA DELL'ASTA cm 90
 PESO DELL'ASTA kg 3.24

CARATTERISTICHE DELLO STRUMENTO



SONDAGGI PENETROMETRICI DINAMICI



PROVE N. 3/4/5 ESECUTORE *GEOLOG S.C.*

DATA 31/07/10

COMMITTENTE *MOLINO DELLE PALETTE SRL*

LOCALITA' COMUNE DI PAVULLO

CANTIERE *IMP.IDROEL.MULINO PALETTE*

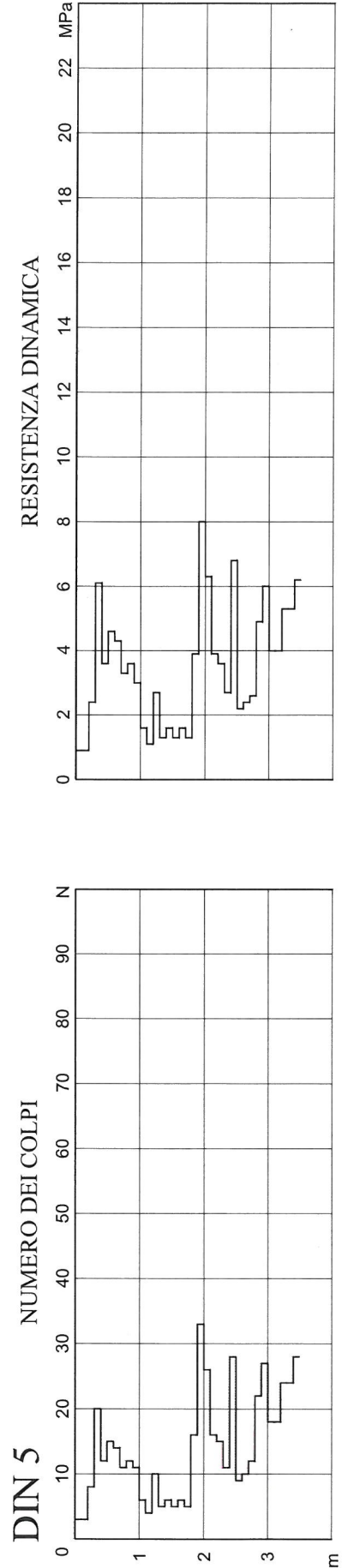
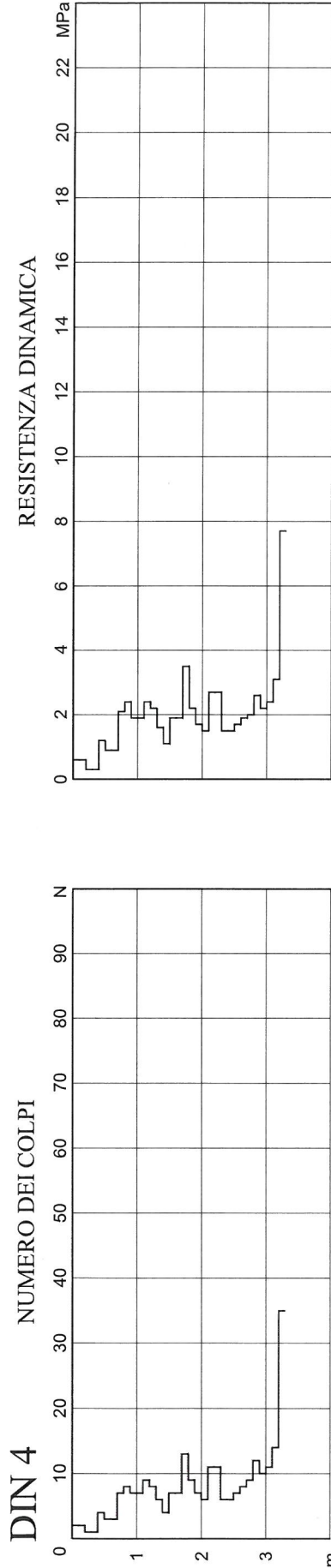
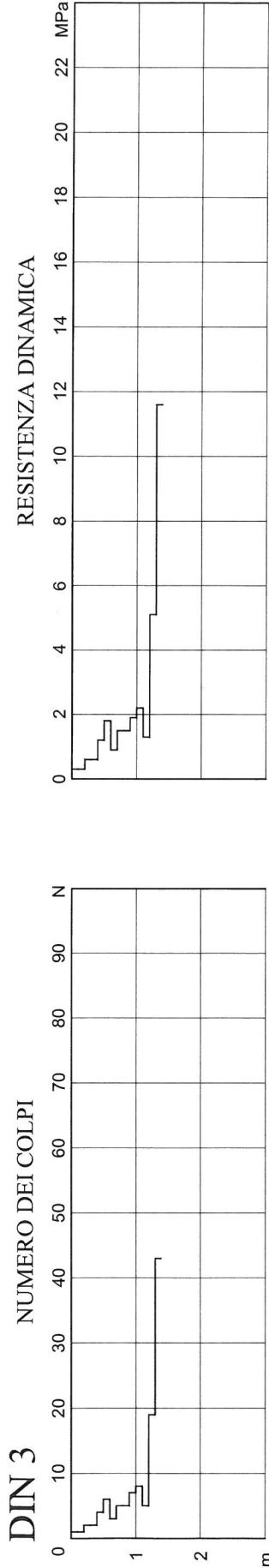
D.L. *DR.F.CAMPIOLI*

TAV. 7

NOTE:

- PESO DEL MAGLIO kg 20
- VOLATA DEL MAGLIO cm 20
- SEZIONE DELLA PUNTA cm² 10
- PASSO DELLE MISURE cm 10
- PESO DELL'INCUDINE kg 2.6
- LUNGHEZZA DELL'ASTA cm 90
- PESO DELL'ASTA kg 3.24

CARATTERISTICHE DELLO STRUMENTO



SONDAGGI PENETROMETRICI DINAMICI

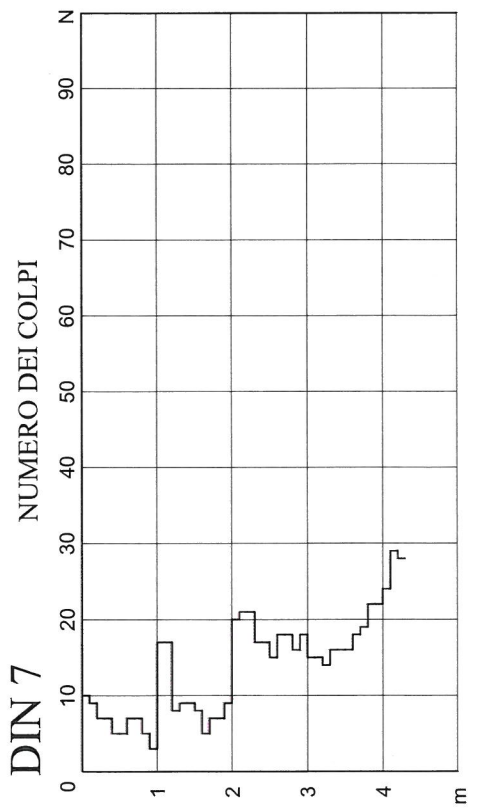
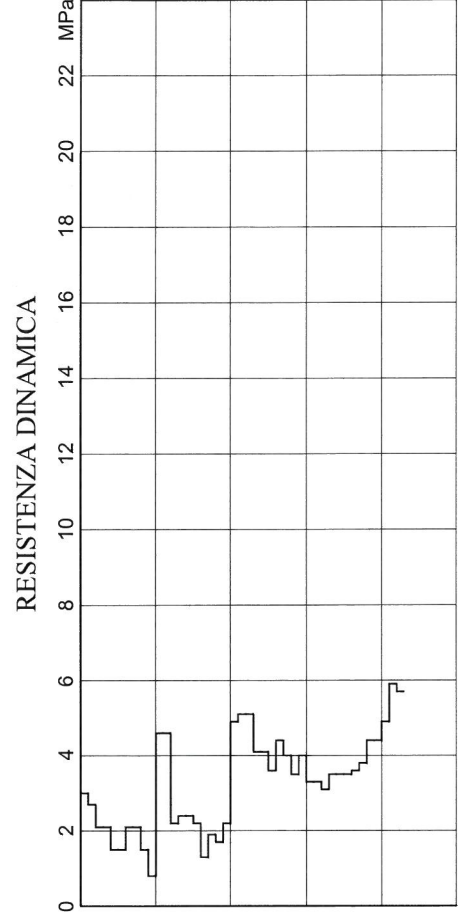
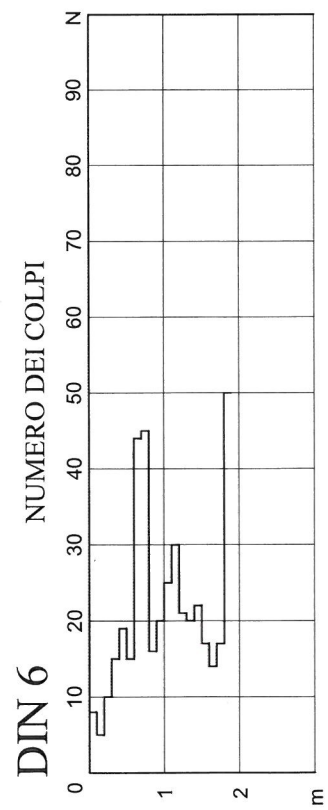
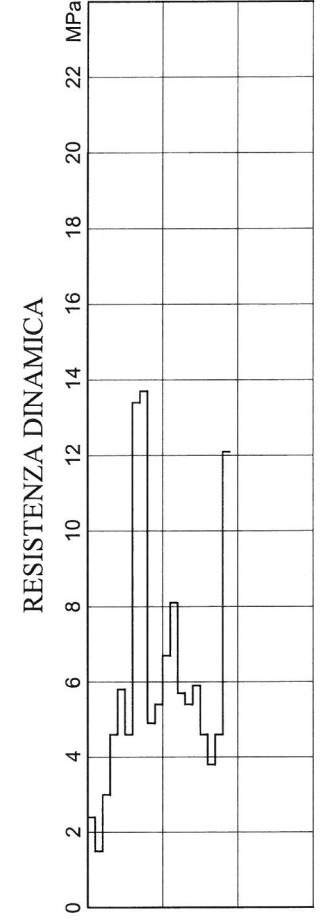


PROVE N. 6/7	ESECUTORE <i>GEOLOG S.C.</i>	DATA 31/07/10
COMMITTENTE <i>MOLINO DELLE PALETTE SRL</i>	LOCALITA' <i>COMUNE DI PAVULLO</i>	
CANTIERE <i>IMP.IDROEL.MULINO PALETTE</i>	D.L. <i>DR.F.CAMPIOLI</i>	TAV. 8

NOTE:

PESO DEL MAGLIO kg **20**
 VOLATA DEL MAGLIO cm **20**
 SEZIONE DELLA PUNTA cm² **10**
 PASSO DELLE MISURE cm **10**
 PESO DELL'INCUDINE kg **2.6**
 LUNGHEZZA DELL'ASTA cm **90**
 PESO DELL'ASTA kg **3.24**

CARATTERISTICHE DELLO STRUMENTO



SONDAGGIO PENETROMETRICO DINAMICO

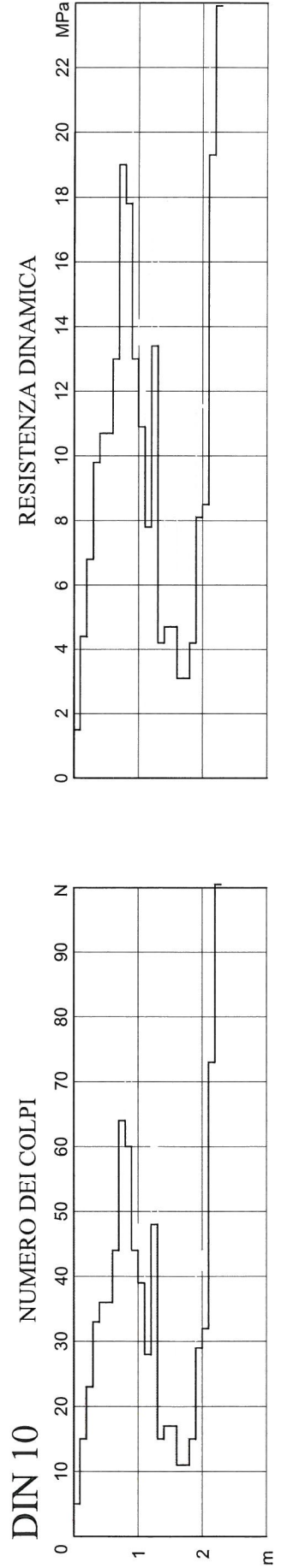
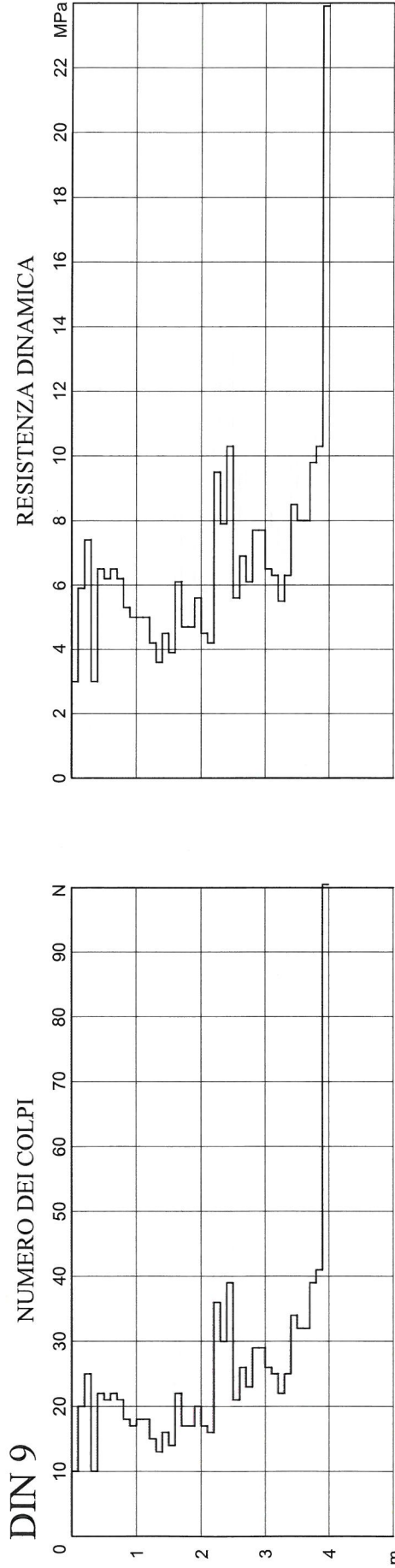
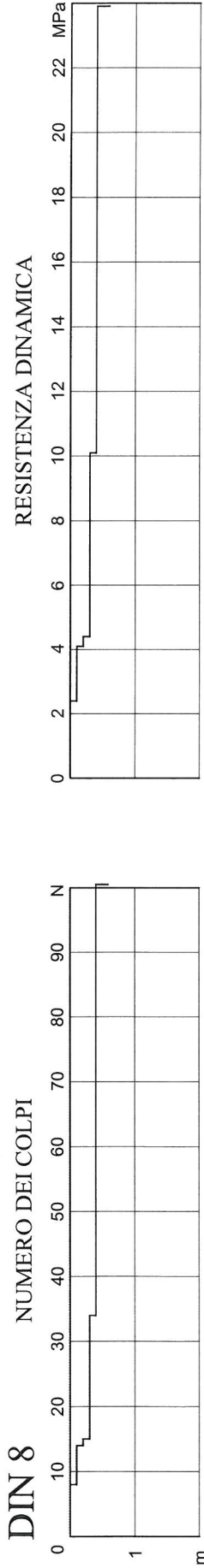


PROVE N. 8/9/10	ESECUTORE GEOLOG S.C.	DATA 03/08/10
COMMITTENTE MOLINO DELLE PALETTE SRL		LOCALITA' COMUNE DI PAVULLO
CANTIERE IMP.IDROEL.MOLINO PALETTE		D.L. DR.F.CAMPIOLI TAV. 9

NOTE: attriti parassiti sulle aste a partire da - 1.6 m in DIN 9 e da - 0.8 m in DIN 10 (linee tratteggiate)

- PESO DEL MAGLIO kg 30
- VOLATA DEL MAGLIO cm 20
- SEZIONE DELLA PUNTA cm² 10
- PASSO DELLE MISURE cm 10
- PESO DELL'INCUDINE kg 26
- LUNGHEZZA DELL'ASTA cm 100
- PESO DELL'ASTA kg 3.6

CARATTERISTICHE DELLO STRUMENTO



SONDAGGI PENETROMETRICI DINAMICI

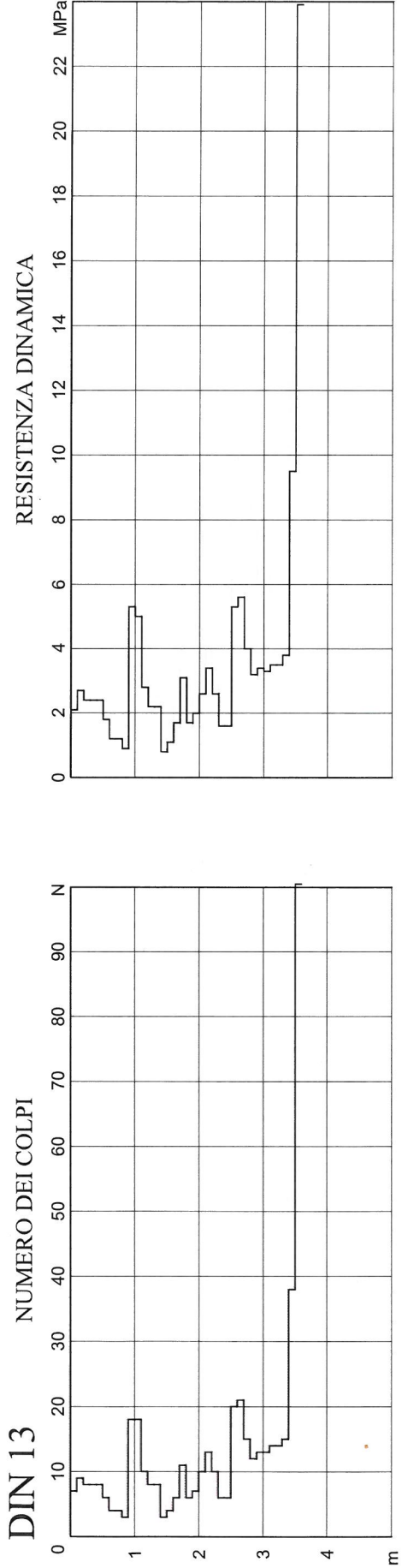
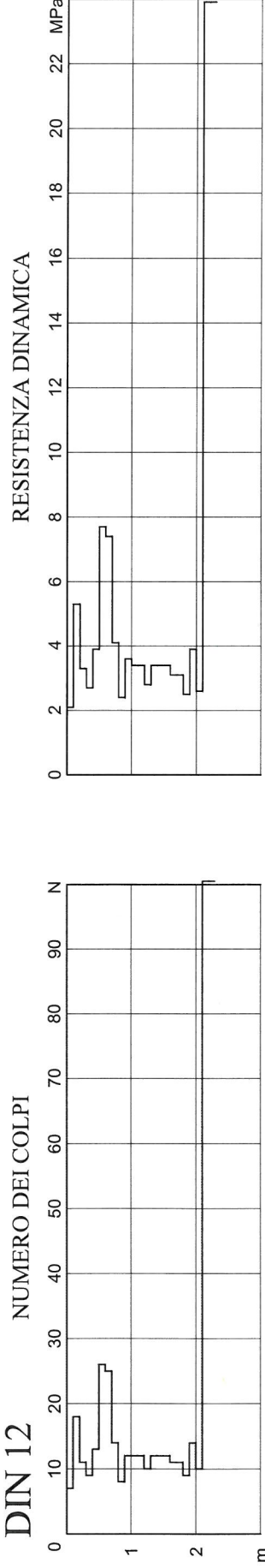
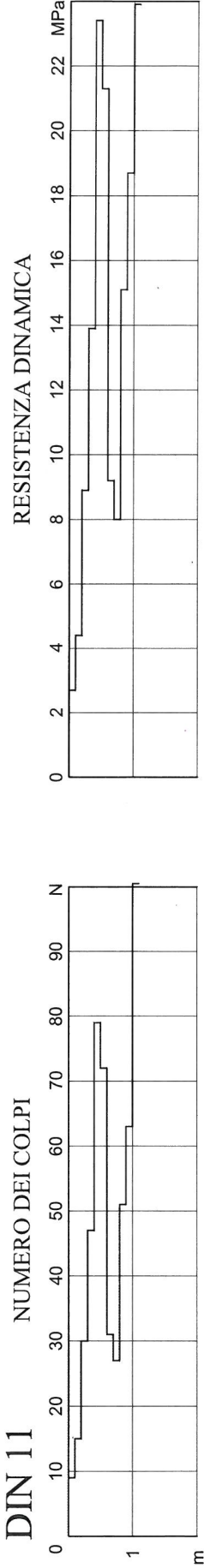


PROVE N. 11/12/13	ESECUTORE <i>GEOLOG S.C.</i>	DATA 03/08/10
COMMITTENTE <i>MOLINO DELLE PALETTE SRL</i>	LOCALITA' COMUNE DI PAVULLO	
CANTIERE <i>IMP.IDROEL.MOLINO PALETTE</i>	D.L. <i>DR.F.CAMPIOLI</i>	TAV. 10

NOTE: attriti parassiti sulle aste a partire da - 1.0 m
in DIN 12 (linee tratteggiate)

PESO DEL MAGLIO kg 30
VOLATA DEL MAGLIO cm 20
SEZIONE DELLA PUNTA cm² 10
PASSO DELLE MISURE cm 10
PESO DELL'INCUDINE kg 26
LUNGHEZZA DELL'ASTA cm 100
PESO DELL'ASTA kg 3.6

CARATTERISTICHE DELLO STRUMENTO



SONDAGGI PENETROMETRICI DINAMICI

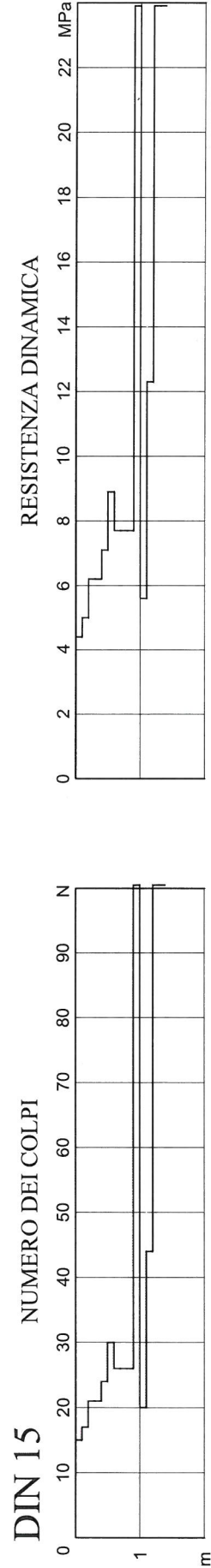
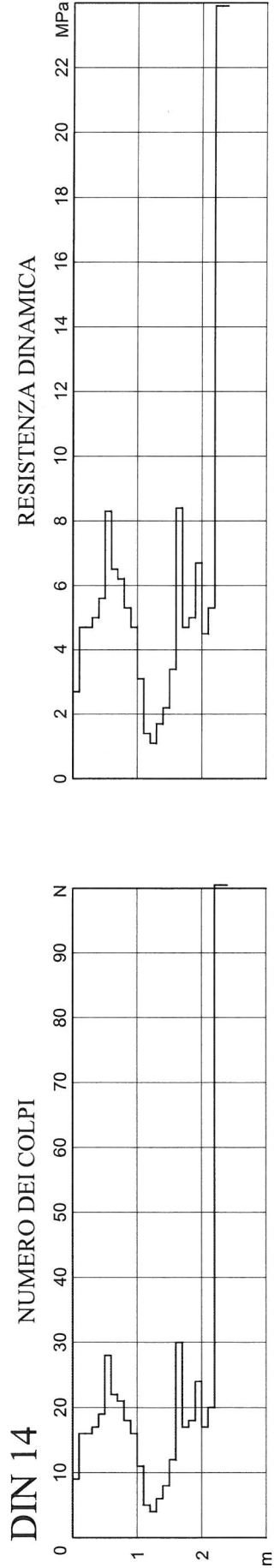


PROVE N. 14/15 ESECUTORE <i>GEOLOG S.C.</i>	DATA 03/08/10
COMMITTENTE <i>MOLINO DELLE PALETTE SRL</i>	LOCALITA' COMUNE DI PAVULLO
CANTIERE <i>IMP.IDROEL.MOLINO PALETTE</i>	D.L. <i>DR.F.CAMPIOLI</i> TAV. 11

NOTE: *attriti parassiti sulle aste a partire da - 1.0 m in DIN 15 (linee tratteggiate)*

PESO DEL MAGLIO kg 30
 VOLATA DEL MAGLIO cm 20
 SEZIONE DELLA PUNTA cm² 10
 PASSO DELLE MISURE cm 10
 PESO DELL'INCUDINE kg 26
 LUNGHEZZA DELL'ASTA cm 100
 PESO DELL'ASTA kg 3.6

CARATTERISTICHE DELLO STRUMENTO



SONDAGGI PENETROMETRICI DINAMICI

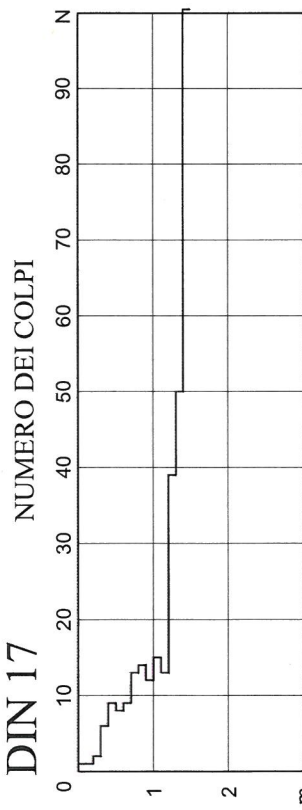
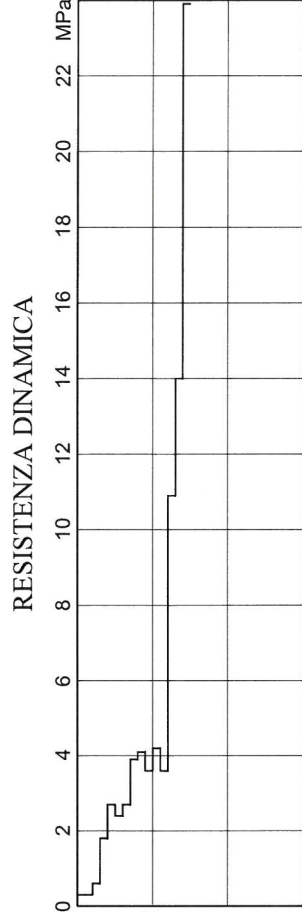
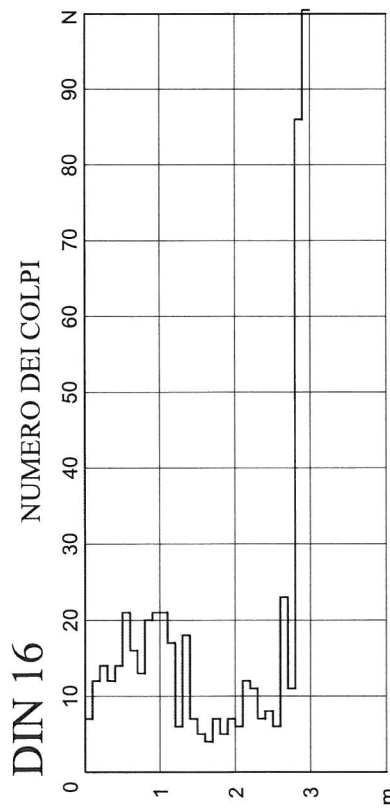
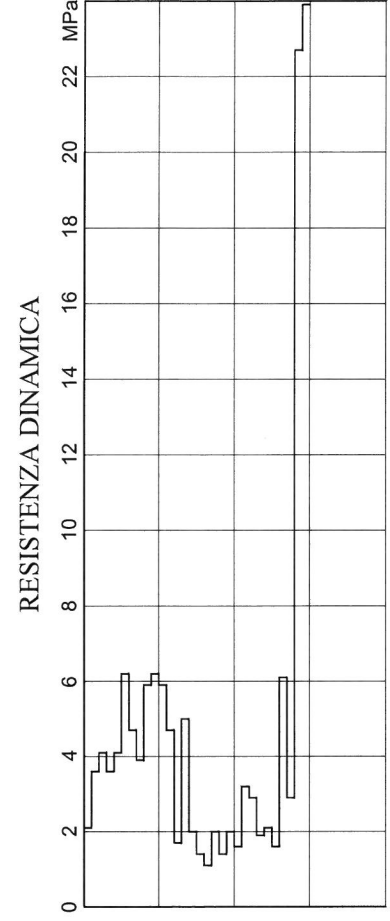


PROVE N. 16/17	ESECUTORE <i>GEOLOG S.C.</i>	DATA 03/08/10
COMMITTENTE <i>MOLINO DELLE PALETTE SRL</i>		LOCALITA' COMUNE DI PAVULLO
CANTIERE <i>IMP.IDROEL.MOLINO PALETTE</i>		D.L. <i>DR.F.CAMPIOLI</i> TAV. 12

NOTE: _____

PESO DEL MAGLIO kg **30**
 VOLATA DEL MAGLIO cm **20**
 SEZIONE DELLA PUNTA cm² **10**
 PASSO DELLE MISURE cm **10**
 PESO DELL'INCUDINE kg **26**
 LUNGHEZZA DELL'ASTA cm **100**
 PESO DELL'ASTA kg **3.6**

CARATTERISTICHE DELLO STRUMENTO



SONDAGGIO A ROTAZIONE N. 1

COMMITTENTE:
 MOLINO DELLE PALETTE s.r.l.
 via C.Battisti, 6 - 25079 Vobarno (BS)
LAVORO:
 Imp. idroelettrico Molino delle Palette
 F. Panaro - Comune di Pavullo n.f. (MO)

DATA INIZIO 23.09.10
 DATA FINE 24.09.10
 capo sonda
 Sig. Antonio Montanari
 DIREZIONE DI CANTIERE
 Dr. Fausto Campioli (OGER 617)

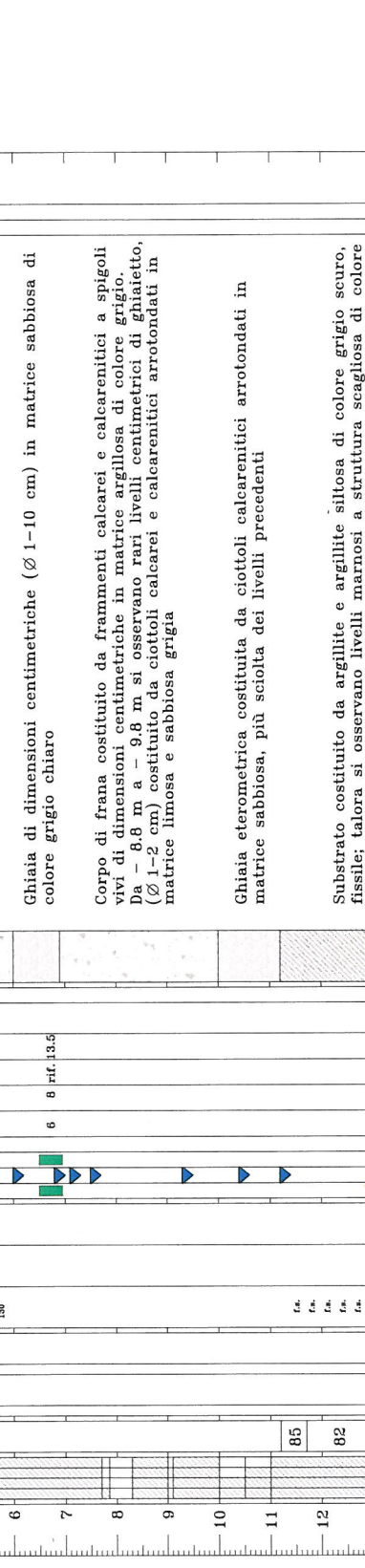
MODALITÀ ESECUTIVE: carotaggio continuo verticale
 Sonda: TS80
 CAROTIERE: semplice doppio Ø 101 mm
 CASING: Ø 113 mm

RIF. TAV. 1 QUOTA S.L.M. DEL PIANO CAMPAGNA: 216.4 FAV. 13

NOTE:
 Il carotaggio è stato condotto "a secco" utilizzando il carotiere semplice. Tra - 7.0 e - 9.0 m si sono registrate difficoltà di rivestimento e avanzamento causa "pistonaggio".
 Il primo livello di acqua ipogea è comparso nel corso del carotaggio a 6.0 m dal piano campagna.
 Il livello piezometrico di quella falda al termine del sondaggio si è attestato a - 3.8 m dalla superficie

GEOLOG Soc.Coop.
 BOLOGNA, via D'Azeglio 74 - tel. 051/331209
 REGGIO E., via Emilia All'Angelo 12 - tel. 0522/934730

LIVELLO PIEZOMETRICO
 PIEZOMETRO CASACANDE
 PIEZOMETRO A TUBO APERTO



STRATIGRAFIA
 Terreno vegetale
 Ghiaia di dimensioni centimetriche (Ø 1-5 cm) in matrice sabbiosa di colore grigio chiaro
 Corpo di frana costituito da frammenti marnosi e calcarei a spigoli vivi di dimensioni centimetriche in matrice argillosa di colore grigio scuro. Da - 3.5 m a - 5.5 m la matrice argillosa prevale sui clasti, che talora risultano alterati con patine nocciola e verde smeraldo. Dispersi nella matrice si osservano frammenti vegetali decomposti
 Ghiaia di dimensioni centimetriche (Ø 1-10 cm) in matrice sabbiosa di colore grigio chiaro
 Corpo di frana costituito da frammenti calcarei e calcarenitici a spigoli vivi di dimensioni centimetriche in matrice argillosa di colore grigio. Da - 6.8 m a - 9.8 m si osservano rari livelli centimetrici di ghiaietto, (Ø 1-2 cm) costituito da ciottoli calcarei e calcarenitici arrotondati in matrice limosa e sabbiosa grigia
 Ghiaia eterometrica costituita da ciottoli calcarenitici arrotondati in matrice sabbiosa, più sciolta dei livelli precedenti
 Substrato costituito da argillite e argillite siltosa di colore grigio scuro, fessile; talora si osservano livelli marnosi a struttura scagliosa di colore grigio più scuro
 L'ammasso si presenta asciutto e con fratture chiuse ed a superficie rugosa, prive d'alterazione; la spazatura è decimetrica

PROF. DAL PIANO CAMPAGNA
 PERCENTUALE DI CAROTAGGIO
 INDICE RQP
 q2-q3 SPEZZONI DI CAROTA
 q4-q5 SHELBY
 OSTBERG
 POCKET PENETROMETER
 VANE TEST (picco)
 VANE TEST (residuo)

RIF. TAV. 1 QUOTA S.L.M. DEL PIANO CAMPAGNA: 216.4 FAV. 13

Fine sondaggio

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO N. 1



FOTO 1

Da 0 a - 5 m



FOTO 2

Da - 5 a - 10 m



FOTO 3

Da - 10 a - 15 m



FOTO 4

panoramica cantiere

DITTA: GEOPROGETTI s.a.s.

MACCHINA: SONDA TS80

OPERATORE: SIG. ANTONIO MONTANARI

D.L.: DOTT. FAUSTO CAMPIOLI

DATA: 23-24.09.2010

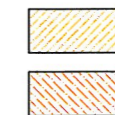
TAVOLA: 14



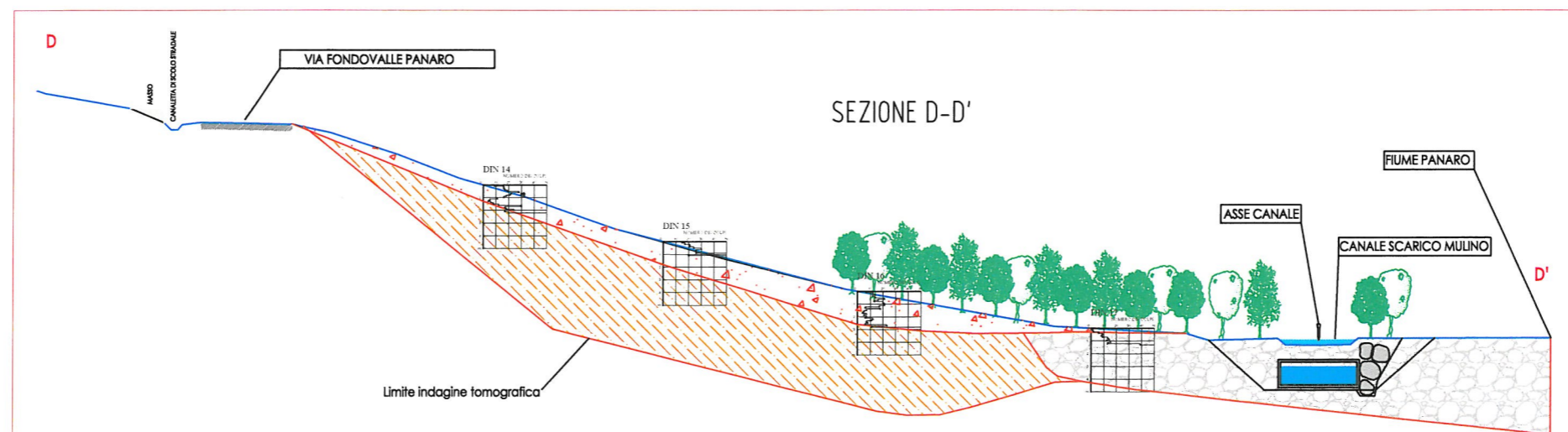
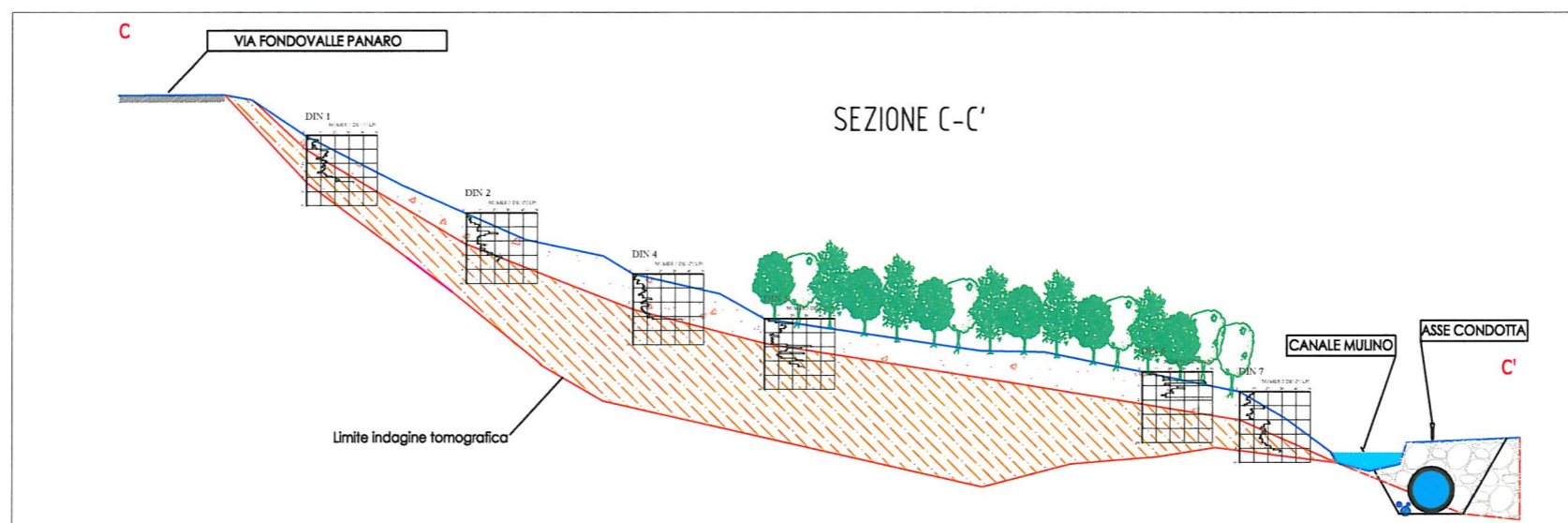
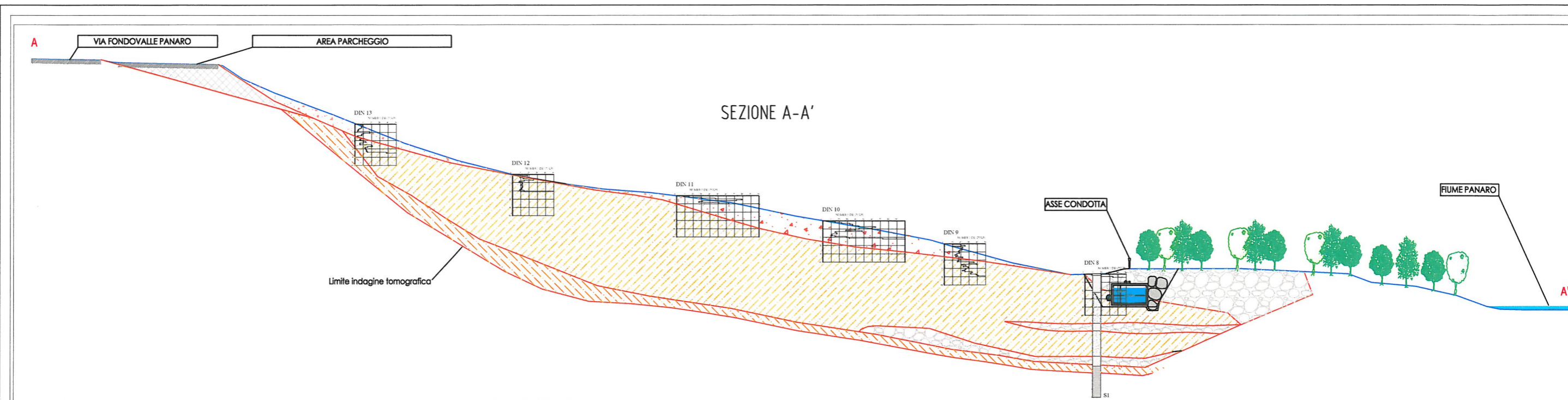
LEGGENDA



Terreno di riporto
Terreno di copertura in frana
Ghiaia



Paleofrana
Substrato (APA)



ALLEGATO 1

C.G.A.



Studio Tecnico Associato Consulenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa
Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28

Studio Tecnico Associato

Comune di Pavullo nel Frignano (MO)

Località: Nuovo Impianto Idroelettrico
Mulino delle Palette

Committente: GEOLOG Soc. Coop.

Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette nel
Comune di Pavullo nel Frignano (MO).

PROGETTO:	CODIFICA:	REVISIONE:	NOTE:
A 638	GF 175	0	

I GEOLOGI :

Dott. Geol. Filippo Barbieri



Dott. Geol. Maurizio Ropa



25 agosto 2010

C.G.A.



Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente
del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28
E-mail: gpa.studio@casstudio.eu
Web: www.consulenzegeologia.it

GEOLOG SOC. COOP.


Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo
Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette nel Comune di
Pavullo nel Frignano (MO).

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 638	GF 175	1	Pagina 1 di 22

M. Lavori in corso A 638 - GF 175 - Geolog Soc. Coop. - Dott. Campirol -
Impianto idroelettrico Mulino delle Palette WORLD Relazione geofisica.doc

SOMMARIO

SOMMARIO	1
INTRODUZIONE	3
CAMPAGNA GEOFISICA E METODOLOGIA D'INDAGINE.....	4
INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA.....	5
<i>Modalità esecutive</i>	5
Specifiche Strumentazione.....	6
<i>Elaborazione dati</i>	8
Pseudosezioni in resistività apparente.....	8
Sezioni tomografiche su base topografica in resistività reale.....	8
INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW	9
<i>Modalità esecutive</i>	9
<i>Elaborazione dati</i>	12
Analisi delle immagini di dispersione	12
Interpretazione.....	12
INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI	15
TOMOGRAFIA ELETTRICA	15
Sezione tomografica su base topografica in resistività reale T1	15
Sezione tomografica su base topografica in resistività reale T2	15
Sezione tomografica su base topografica in resistività reale T3	16
PROVA SISMICA MASW	17
Prova Sismica L1	17
<i>Determinazione delle categorie di snolo di fondazione L1</i>	18
Prova Sismica L2	19
<i>Determinazione delle categorie di snolo di fondazione L2</i>	20
Prova Sismica L3	21
<i>Determinazione delle categorie di snolo di fondazione L3</i>	22

 <p>Studio Tecnico Associato Consulenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa</p> <p>Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO) Codice Fiscale e P. IVA 04112290376 Tel. 051 - 687.1113 Fax 051 - 687.43.28 Web: http://www.sasstudio.eu E-mail: cgastudio@cgastudio.eu</p>	<p>GEOLOG SOC. COOP. Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette nel Comune di Pavullo del Frignano (MO).</p>		
	PROGETTO	CODIFICA	REV.
	A.638	GF 175	1
<p>M.:Lavori in corso A.638 - GF 175 - Geolog.Soc. Coop. - Dott. Campioli - Impianto idroelettrico Mulino delle Palette WORD Relazione geofisica.doc</p>			


INTRODUZIONE

Su incarico di Geolog Soc. Coop., è stata redatta la presente relazione geofisica per la realizzazione del nuovo Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette, nel comune di Pavullo del Frignano (MO).

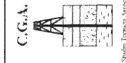
Lo studio si articola nelle seguenti fasi:

- Campagna di indagini geofisiche: finalizzata alla definizione delle principali proprietà geofisiche di terreni indagati;
- Interpretazione dei risultati: finalizzato all'interpretazione critica dei risultati acquisiti tramite le indagini geofisiche effettuate.

L'ubicazione su base fotoaerea delle prospezioni eseguite è allegata in appendice I.

 <p>Studio Tecnico Associato Consulenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa</p> <p>Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO) Codice Fiscale e P. IVA 04112290376 Tel. 051 - 687.1113 Fax 051 - 687.43.28 Web: http://www.sasstudio.eu E-mail: cgastudio@cgastudio.eu</p>	<p>GEOLOG SOC. COOP. Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette nel Comune di Pavullo del Frignano (MO).</p>		
	PROGETTO	CODIFICA	REV.
	A.638	GF 175	1
<p>M.:Lavori in corso A.638 - GF 175 - Geolog.Soc. Coop. - Dott. Campioli - Impianto idroelettrico Mulino delle Palette WORD Relazione geofisica.doc</p>			

- APPENDICE 1 – FIGURE ED ELABORATI GRAFICI**
- APPENDICE 2 – PSEUDOSEZIONI IN RESISTIVITÀ APPARENTE E SEZIONI TOMOGRAFICHE SU BASE TOPOGRAFICA IN RESISTIVITÀ REALE**
- APPENDICE 3 – IMMAGINI DI DISPERSIONE, SISMOGRAMMI E DIAGRAMMI INTERPRETATIVI DELLE PROVE MASW ESEGUITE**



**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**
del Dott. Geol. F. Bubbieri e del Dott. Geol. M. Ripa

Via E. Fermi, n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale 04029290401
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.41.28
Web: <http://www.sgstudio.eu> E-mail: epastudio@epastudio.eu

GEOLOG SOC. COOP.

Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo
Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette nel Comune di
Pavullo del Frignano (MO).

PROGETTO

A 638

CODIFICA

GF 175

REV.

1

PAGINA

Pagina 5 di 22

M: Lavori in corso A 638 - GF 175 - Geolog. Soc. Coop. - Dott. Campioli -
Impianto Idroelettrico, Mulino delle Palette WORD/Relazione geofisica.doc

CAMPAGNA GEOFISICA E METODOLOGIA D'INDAGINE

È stata realizzata la seguente campagna di indagine geofisica:

- esecuzione di n° 3 prospezioni tomografiche elettriche;
- esecuzione di n° 3 prospezione sismiche con metodo MASW.

L'ubicazione delle prove eseguite è riportata in forma grafica nelle figura n° 1, n° 2 e n° 3
(appendice 1).

INDAGINE TOMOGRAFICA ELETRICA

Il metodo tomografico elettrico ha come obiettivo quello di ricostruire il profilo
elettrostratigrafico di un sito, valutando la distribuzione della resistività misurata al di sotto dello
stendimento elettrodico.

La tecnica di prospezione multielettrodica consiste nel ricostruire la distribuzione della
resistività reale del sottosuolo mediante immissione di corrente elettrica e misura della differenza di
potenziale in una serie di elettrodi posizionati sulla sezione da indagare.

Il principio su cui si basa il metodo è quello di differenziare le litologie sulla base del
comportamento elettrico delle stesse in quanto le caratteristiche di resistività, conducibilità e
caricabilità elettrica sono direttamente correlate alle caratteristiche chimico-fisiche del mezzo
attraversato.

I dati in campagna vengono rilevati sulla base di una geometria di stendimento predefinita e
le caratteristiche geoelettiche misurate (resistività, conducibilità e/o caricabilità) vengono
collezionate così come sono misurate.

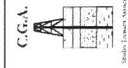
Modalità esecutive

La tecnica per la misura delle proprietà elettriche del terreno in superficie si avvale di
dispositivi elettrodici a "quadripolo"; per mezzo di due elettrodi (C1 e C2) di immissione di
corrente, e per mezzo di due altri elettrodi (P1 e P2) di misura.

Il metodo della tomografia elettrica combina insieme la tecnica dei profili e quella dei
sondaggi, consentendo in questo modo di investigare contemporaneamente sia variazioni laterali che
verticali della resistività elettrica. Questa tecnica utilizza, infatti, un gran numero degli elettrodi
allineati ed equidistanziati sulla superficie del terreno, che, tramite un cavo multi-polare, sono
collegati al sistema di acquisizione.

Grazie ad un'unità di controllo, che permette di selezionare in modo automatico quattro
elettrodi di misura alla volta, secondo una sequenza prestabilita, è possibile eseguire in modo veloce
una serie di misure delle proprietà elettriche apparenti.

Nel caso specifico è stato utilizzato il metodo "Wenner-Schlumberger", caratterizzato dalla
seguente configurazione di base:

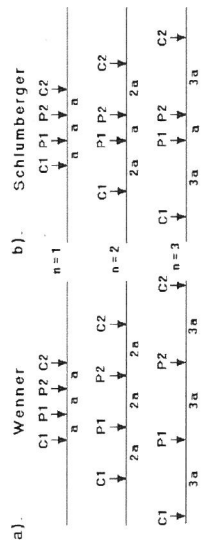


**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**
del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P.IVA 04112390376
Tel. +39 051 4051434 - Fax +39 051 4051438
Web: <http://www.egastudio.it>
E-mail: egastudio@egastudio.it

GEOLOG SOC. COOP.
Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo
Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette nel Comune di
Pavullo del Frignano (MO).

PROGETTO A 638
REV. 1
PAGINA 6 di 22



Configurazione elettrodi Wenner-Schlumberger

In questa geometria di stendimento gli elettrodi di immissione corrente, C2 e C1 sono inizialmente sistemati alla stessa distanza "a" degli elettrodi di misura di potenziale P1 e P2; e vengono successivamente allontanati di una distanza pari a "2a", "3a" "na". Ogni ciclo di acquisizione delle misure è ripetuto per distanze P1-P2 pari ad un multiplo intero di "a", con la modalità riportata al punto precedente.

Il posizionamento planaltimetrico di tutti gli elettrodi utilizzati in ogni sezione tomografica elettrica eseguita è stato effettuato con Stazione Totale PENTAX PTSII 10 e successivamente elaborato e restituito tramite il software TOPKO 11 prodotto dalla SierraSoft S.r.l..

Nel caso specifico del seguente lavoro sono stati utilizzati i seguenti array :

Sezione	n° elettrodi	Spacing (m)	Length array (m)	Length section (m)
T1	32	4,00	124,00	112,00
T2	24	3,00	69,00	60,00
T3	24	3,00	69,00	60,00

Tabella n° 1 - Array elettrodi utilizzati

Specifiche Strumentazione

Lo strumento utilizzato è un georesistivimetro MAE A3000E, apparecchiatura specifica per misure di prospezione geoelettrica multiclettrodo e misure di resistività nel terreno.

Lo strumento è costituito da un telaio interamente in alluminio inserito in una valigia in plastica rigida antisciacciamento per uso in campagna o in qualsiasi situazione estrema.

**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**
del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P.IVA 04112390376
Tel. +39 051 4051434 - Fax +39 051 4051438
Web: <http://www.egastudio.it>
E-mail: egastudio@egastudio.it

GEOLOG SOC. COOP.
Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo
Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette nel Comune di
Pavullo del Frignano (MO).

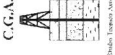
PROGETTO A 638
REV. 1
PAGINA 7 di 22

L'alimentazione è a batteria 12 V. La potenza di 60 Watt del generatore interno può essere incrementata fino a 600 Watt con l'utilizzo di un generatore esterno opzionale. La registrazione e il salvataggio dei dati avviene su memoria Compact Flash e/o in opzione su disk on key USB, per garantire la massima sicurezza anche in mancanza di alimentazione per lunghi periodi. L'unità è totalmente computerizzata e tutte le funzioni sono scelte da menù' attraverso il Touch screen integrato nel monitor. Il display LCD da 6,4" Tft a colori permette la rappresentazione sia numerica che grafica dei dati acquisiti.

Georesistivimetro MAE A3000E

CPU NS Geode GXLY 500MHZ
Hard Disk 2 Gb on Compact Flash Disk
Display LCD 6,4" Tft a colori, touch screen
Fast Ethernet 10/100 base-T
Valigia in copolimeri di polipropilene
Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C
Dimensioni e peso L280 X H220 X P170 mm, 3 kg
Uscite da 50 a 500 Volt in corrente continua
Potenza 60 Watt
Manetti M-N, A-B per stendimento classico
Stendimento multiclettrodo di 8 a 256 picchetti
Risoluzione nella misura 38 µV
Convertitore a 16 bit
Lo strumento è completato con:
Box in microprocessore per 8 picchetti con 14 m di cavo con bocchettone e presele per tratto successivo
Picchetti in acciaio inox D 14 mm L. 400mm
Faccioli con beccole e pinze per il collegamento box picchetti
Bobbine con 250 m di cavo per A, B, laccio 20 m per M - N
Predisposizione per generatore esterno gestito da unità centrale (Potenza fino a 600 Watt).

Tabella n° 2 - Caratteristiche del georesistivimetro utilizzato

 <p>Studio Tecnico Associato Consulenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Bubbieri e del Dott. Geol. M. Ropa</p>	GEOLOG SOC. COOP.		
	Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo Impianto Idroelettrico Malino delle Palette nel Comune di Pavullo del Frignano (MO).		
	PROGETTO	CODIFICA	REV.
A 638	GF 175	1	Pagina 9 di 22
Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO) Tel: 051 - 687.1113 Fax: 051 - 687.4328 Web: http://www.eganstudio.eu E-mail: eganstudio@eganstudio.eu M: Lavori in corso: A. 638 - GF 175 - Geolog.Soc. Coop. - Dott. Campali - Impianto Idroelettrico Malino delle Palette: WORD: Relazione geofisica.doc			

Elaborazione dati

Pseudosezioni in resistività apparente

La pseudosezione in resistività apparente rappresenta il primo passo nell'elaborazione dei dati di campagna, in questo tipo di elaborazione grafica, le isoresistive vengono tracciate dopo aver riportato in opportuna scala i relativi valori della resistività apparente per tutti gli step di misura verticale eseguiti.

Le pseudosezioni rappresentano la base di riferimento per l'inversione del dato topografico elettrico.

Sezioni tomografiche su base topografica in resistività reale

I dati di campagna vengono poi elaborati tramite il software, RES2DINV della Geotomo Software, il tipo di elaborazione utilizzata si basa sul metodo smoothness-constrained least-squares, attualmente considerato standard per l'elaborazione tomografica.

L'inversione matematica tiene conto della effettiva ubicazione topografica degli elettrodi modificando e adattando al profilo topografico l'area di influenza dei dati rilevati.

Di tutte le sezioni di inversione vengono considerate attendibile solo quelle che presentano lo scostamento minimo dal dato di campagna (pseudosezione in resistività apparente).

In appendice 2 sono riportate le sezioni tomografiche su base topografica in resistività reale e per confronto le relative pseudosezioni in resistività apparente.

INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

Il metodo MASW (*Multichannel Acquisition Surf Wave*) ha come obiettivo quello di ricostruire il profilo sismostratigrafico di un sito, valutando in particolare la distribuzione della velocità delle onde "S" sia per la ricostruzione tomografica del profilo del sottosuolo che per la definizione *in situ* della V_{s30} .

Al fine di migliorare il rapporto segnale disturbo per ogni punto di offset vengo eseguiti, in modalità iterativa, tre shots.

Il metodo MASW prevede, per ogni verticale di indagine, la costruzione di una curva di dispersione per le onde di superficie, attraverso l'elaborazione di un'immagine di dispersione derivata dall'analisi della propagazione delle onde di Rayleigh.

La tecnica di prospezione MASW utilizza quindi un'immagine rappresentativa delle frequenze delle onde superficiali, espressa in funzione della velocità di fase delle stesse. Nell'immagine di dispersione (*Over Tone Image*) viene inoltre enfatizzata cromaticamente l'ampiezza delle vibrazioni evidenziando così le aree corrispondenti al miglior rapporto segnale/disturbo.

Una volta individuata la sequenza di frequenze e velocità di fase corrispondenti alla più probabile distribuzione della dispersione nel sottosuolo esaminato (analisi della curva di dispersione) si procede alla ricostruzione delle stratigrafia rappresentativa della distribuzione delle velocità delle onde S tramite l'utilizzo di un algoritmo di inversione.

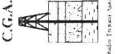
La tecnica di prospezione MASW può essere così schematizzata:

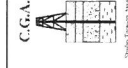
1. acquisizione delle onde superficiali;
2. costruzione delle curve di dispersione (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
3. inversione delle curve di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Modalità esecutive

Le indagini MASW vengono eseguite disponendo sul terreno almeno 24 sensori (geofoni), posti ad intervallo costante, collegati ad un sismografo mediante un cavo multipolare.

Dopo l'allestimento del dispositivo di ricezione si provvede a generare artificialmente vibrazioni impulsive ad alta frequenza in corrispondenza di un punto prestabilito lungo il profilo

 <p>Studio Tecnico Associato Consulenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Bubbieri e del Dott. Geol. M. Ropa</p>	GEOLOG SOC. COOP.		
	Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo Impianto Idroelettrico Malino delle Palette nel Comune di Pavullo del Frignano (MO).		
	PROGETTO	CODIFICA	REV.
A 638	GF 175	1	Pagina 9 di 22
Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO) Tel: 051 - 687.1113 Fax: 051 - 687.4328 Web: http://www.eganstudio.eu E-mail: eganstudio@eganstudio.eu M: Lavori in corso: A. 638 - GF 175 - Geolog.Soc. Coop. - Dott. Campali - Impianto Idroelettrico Malino delle Palette: WORD: Relazione geofisica.doc			



C.G.A.
Studio Tecnico Associato

Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente
del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Rogni

GEOLOG SOC. COOP.

Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo
Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette nel Comune di
Pavullo del Frignano (MO).

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28 E-mail: gcastudio@gastudio.eu
Web: http://www.gcastudio.eu

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A. 638	GF 175	1	Pagina 10 di 22

(*punto di scoppio*): nello stesso istante di partenza della vibrazione viene trasmesso al sismografo il comando di avvio della registrazione (*trigger*). Da questo istante inizia l'acquisizione digitale, con frequenza di campionamento pari a campioni 7,50 per millisecondo e intervallo di campionamento pari ad almeno 1 secondo.

Ogni scoppio e ogni registrazione per ogni distanza di offset vengono ripetuti almeno tre volte. Lo strumento utilizzato è il sismografo digitale A6000-S di produzione M.A.E. srl caratterizzato da 24 canali di acquisizione digitale con dinamica a 24 bit.

Gli impulsi sismici sono stati generati con l'utilizzo di una massa battente da 6 Kg.
Nel caso specifico la geometria dell'array di indagine è riassunta nella seguente tabella:

Prova	n° geofoni	Spacing (m)	Offset (m)	Avanzamento (m)	n° Shots	lunghezza array (m)
L1	24	1,00	7,00	0,00	1	30,00
L2	24	1,00	7,00	0,00	1	30,00
L3	24	1,00	7,00	0,00	1	30,00

Tabella n° 3 - Array degli stendimenti MASIV.

Le caratteristiche dei geofoni e dello strumento utilizzati sono di seguito sinteticamente riassunte:

SISMOGRAFO M.A.E. - A6000S

CPU NS Geode GXLV 233MHz
Memoria RAM 128 Mb PCI100 Mhz
Hard Disk 512 Mb on Compact Flash Disk Ultra/33
Batteria di riserva al Litio
Monitoraggio Hardware Winbond W8378 ID
Display LCD 10,5" TR Transflective a colori, touch screen
Controller Fast Ethernet Intel 82559ER 10/100 Base-T
Alimentazione con alimentatore Switching 12 Volt 2Ah
Valigia in copolimeri di polipropilene antisciacchiamento
Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C
Dimensioni e peso L280 X H220 X P170 mm, 3 Kg

GEOFONI GEONPACE GS-11D

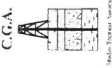
Natural Frequency	4,5 ± 0,75 Hz
Coil Resistance @ 25°C ± 5%	380 Ohms
Intrinsic Voltage Sensitivity with 380 Ohm Coil ± 10%	0,32 V/cm/s
Normalized Transduction Constant (V in sec)	0,42 (sq.root of Rc)
Open Circuit Damping	0,34 ± 20%
Damping Constant with 380 Ohm Coil	7/62
Optional Coil Resistances ± 5%	56,16 Ohms
Moving Mass ± 5%	23,6 g
Typical Case to Coil Motion P-P	0,18 cm
Harmonic Distortion with Driving Velocity of 0,7 in/sec (1,8 cm/sec) P-P	N S

Dimensioni

Height (less terminals*)	3,35 cm
Diameter	3,18 cm
Weight	111 g

* terminal height is 0,3429 cm

Tabella n° 4 - Caratteristiche del sismografo e dei geofoni utilizzati.

 <p>Studio Tecnico Associato Consulenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa</p>	GEOLOG SOC. COOP. Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo Impianto Idroelettrico Molino delle Palette nel Comune di Pavullo del Frignano (MO).			
	Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO) Codice Fiscale e P. IVA 04112290376 Tel. +39 051 4874138 E-mail: egastudio@egastudio.eu Web: http://www.egastudio.eu	PROGETTO A. 638	CODIFICA GF 175	REV. 1

Elaborazione dati

Analisi delle immagini di dispersione

Le immagini di dispersione rappresentano, in forma grafica, lo spettro di dispersione delle onde di Rayleigh che si propagano nel sottosuolo dell'area indagata.

Le immagini illustrano la dispersione vera e propria intesa come variazione della velocità di fase in funzione delle frequenze dello spettro. Evidenziano inoltre l'ampiezza delle vibrazioni (energia associata) utilizzando variazioni di toni di colori.

L'obiettivo dell'analisi dell'immagine di dispersione è l'individuazione del "tono fondamentale" della vibrazione (fundamental mode), distinguendolo da tutti gli ipertoni associati (higher tone) e dai rumori di fondo (noise).

L'individuazione del "tono fondamentale" permette di giungere alla principale chiave di lettura della proiezione cioè all'individuazione della "curva di dispersione" e quindi, tramite inversione, alla ricostruzione della sequenza sismostratigrafica del sito indagato.

Interpretazione

Il profilo delle V_s è determinato sulla base di un algoritmo iterativo di inversione che utilizza i dati ottenuti dallo studio della curva di dispersione.

L'algoritmo si basa sulle seguenti considerazioni:

- 1) la frequenza è direttamente legata alla profondità di indagine (basse frequenze alte profondità);
- 2) la velocità di fase dipende essenzialmente dalle proprietà elastiche dei materiali interessati dal propagarsi della perturbazione.

L'algoritmo di inversione tiene inoltre conto della necessità di soddisfare la seguente relazione:

$$z_f = a \lambda_f$$

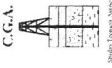
dove:

z_f = profondità di propagazione della frequenza f ;

a = coefficiente adimensionale;

λ_f = lunghezza d'onda corrispondente alla frequenza f .

Le iterazioni necessarie per l'elaborazione in precedenza descritta avvengono tramite l'utilizzo di un programma di calcolo specifico (*Surfseis 2.0 del Kansas Geological Survey*).

 <p>Studio Tecnico Associato Consulenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa</p>	GEOLOG SOC. COOP. Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo Impianto Idroelettrico Molino delle Palette nel Comune di Pavullo del Frignano (MO).			
	Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO) Codice Fiscale e P. IVA 04112290376 Tel. +39 051 4874138 E-mail: egastudio@egastudio.eu Web: http://www.egastudio.eu	PROGETTO A. 638	CODIFICA GF 175	REV. 1

In Appendice 3 sono riportate sia le immagini di dispersione (*Over Tone Image*) relative alla somma di ogni shot effettuato con relative curve di dispersione, che la sezione stratigrafica per velocità di propagazione delle onde S ottenuta tramite inversione.

Per quanto concerne il calcolo dei parametri elastici sono state utilizzate le seguenti formule:

Densità Dinamica:

$$\gamma = 0.51V_p^{0.19}$$

Dove:

γ = densità del mezzo attraversato;

V_p = velocità onde di compressione;

Modulo di taglio:

$$G = \gamma V_s^2$$

Dove:

γ = densità del mezzo attraversato;

V_s = velocità onde di taglio;

Modulo di Young:


$$E = 2\gamma V_s^2 (1 + \nu)$$

Dove:

ν = Coefficiente di Poisson

Coefficiente di Poisson:

Il coefficiente di Poisson è un valore di input per il calcolo dei parametri elastici, in assenza di prove Down Hole o Cross Hole di taratura esso viene definito utilizzando la seguente tabella:

C.G.A.

Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente
 del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
 Codice Fiscale e P. IVA 04112200376
 Tel. 051/871115 - FAX 051 - 68474338
 Web: <http://www.sgstudio.it>
 E-mail: sgstudio@sgstudio.eu

GEOLOG SOC. COOP.
 Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo
 Impianto Idroelettrico Molino delle Palette nel Comune di
 Pavullo del Frignano (MO).

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 638	GF 175	1	Pagina 14 di 22

M: Lavori in corso A 638 - GF 175 - Geolog Soc. Coop. - Dott. Campioli -
 Impianto idroelettrico Molino delle Palette WORD: Relazione geofisica.doc

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

TOMOGRAFIA ELETTRICA

Sezione tomografica su base topografica in resistività reale T1

La tomografia elettrica T1 è caratterizzata da:

- valori di resistività mediamente bassi;
- presenza in superficie e nella parte centrale di materiali caratterizzati da resistività maggiore di 10 Ωm riferibili a una parte corticale mobilizzata;
- alti valori di resistività alle quote più basse riferibili a ghiaie e sabbie di terrazzo alluvionale.


La linea blu individua il confine tra parte mobilizzata e formazione non alterata.

Sezione tomografica su base topografica in resistività reale T2

La tomografia elettrica T2 è caratterizzata da:

- valori di resistività mediamente bassi;
- presenza in superficie e nella parte centrale di materiali caratterizzati da resistività maggiore di 10 Ωm riferibili a una parte corticale mobilizzata;

La linea blu individua il confine tra parte mobilizzata e formazione non alterata.

C.G.A.

Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente
 del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
 Codice Fiscale e P. IVA 04112200376
 Tel. 051/871115 - FAX 051 - 68474338
 Web: <http://www.sgstudio.it>
 E-mail: sgstudio@sgstudio.eu

GEOLOG SOC. COOP.
 Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo
 Impianto Idroelettrico Molino delle Palette nel Comune di
 Pavullo del Frignano (MO).

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 638	GF 175	1	Pagina 14 di 22

M: Lavori in corso A 638 - GF 175 - Geolog Soc. Coop. - Dott. Campioli -
 Impianto idroelettrico Molino delle Palette WORD: Relazione geofisica.doc

Litologia	Vs	Poisson
Limi	80/100	0.50
Limi argillosi	100/150	0.45
Limi sabbiosi	80/150	0.50
Argilla	200/500	0.45
Sabbia	100/200	0.40
Ghiaia	250/500	0.35
Roccia fratturata	300/800	0.30
Roccia compatta	500/1500	0.20

Tabella n° 5 - Valori caratteristici del Coefficiente di Poisson

Sezione tomografica su base topografica in resistività reale T1

La tomografia elettrica T1 è caratterizzata da:

- valori di resistività mediamente bassi;
- presenza in superficie e nella parte centrale di materiali caratterizzati da resistività maggiore di 10 Ωm riferibili a una parte corticale mobilizzata;
- alti valori di resistività alle quote più basse riferibili a ghiaie e sabbie di terrazzo alluvionale.

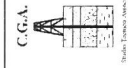
La linea blu individua il confine tra parte mobilizzata e formazione non alterata.

Sezione tomografica su base topografica in resistività reale T2

La tomografia elettrica T2 è caratterizzata da:

- valori di resistività mediamente bassi;
- presenza in superficie e nella parte centrale di materiali caratterizzati da resistività maggiore di 10 Ωm riferibili a una parte corticale mobilizzata;

La linea blu individua il confine tra parte mobilizzata e formazione non alterata.



**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**
del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa
Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 0412290376
Tel. 051 - 687.1113 Fax 051 - 687.743.28
Web: <http://www.sgsstudio.eu>
E-mail: egastudio@egastudio.eu

GEOLOG SOC. COOP.
Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo
Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette nel Comune di
Pavullo del Frignano (MO).

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 638	GF 175	I	Pagina 17 di 22

M: Lavori in corso A 638 - GF 175 - Geolog. Soc. Coop. - Dott. Campioli -
Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette WORD/Relazione geofisica.doc

Sezione tomografica in resistività reale T3

La tomografia elettrica T3 è caratterizzata da:

- valori di resistività mediamente bassi;
- presenza in superficie e nella parte centrale di materiali caratterizzati da resistività maggiore di 10 Ωm riferibili a una parte corticale mobilizzata;
- alti valori di resistività alle quote più basse riferibili a ghiaie e sabbie di terrazzo alluvionale.

La linea blu individua il confine tra parte mobilizzata e formazione non alterata.

PROVA SISMICA MASW

Utilizzando le metodologie e le formule di cui al paragrafo relativo alla metodologia MASW, è possibile individuare la seguente sezione sismica di sintesi:

Prova Sismica L1

Strato	Spessore medio (m)	Vs (m/s)
1	1.02	191.71
2	1.28	207.39
3	1.60	454.49
4	2.00	410.27
5	2.50	328.69
6	3.12	509.46
7	3.90	624.05
8	4.88	686.85
9	6.10	691.50
10	6.60	644.90

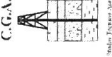
Tabella n° 6 - Stratigrafia da prova sismica e velocità di propagazione dell'onda sismica geofono 1012

I certificati dell'indagine sismica MASW e le relative elaborazioni sono riportate in appendice

6. Seguendo le prescrizioni dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14.01.2008 la determinazione della V_{s30} è stata ottenuta utilizzando la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{\Delta h_i} V_{s,i}}$$

dove:
 h_i = spessore dello strato iesimo

 <p>Studio Tecnico Associato Consulenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa</p>	<p>GEOLOG SOC. COOP. Prospettive tomografica elettrica e sismica per il nuovo Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette nel Comune di Pavullo del Frignano (MO).</p>		
	PROGETTO	CODIFICA	REV.
<p>Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO) Codice Fiscale e P. IVA 04112290376 Tel. 051 781118 Fax 051 - 687.44.38 Web: http://www.egastudio.it E-mail: egastudio@egastudio.it</p>	A 638	GF 175	1
<p>M: Lavori in corso A 638 - GF 175 - Geolog. Soc. Coop. - Dott. Campioli - Impianto idroelettrico Mulino delle Palette WORD/Relazione geofisica.doc</p>			

V_{s10} = Velocità orizzontale dello strato iesimo

Sulla base di quanto esposto è pertanto possibile affermare quanto segue:

V_{s30} 488.74

Tabella n° 7 - Valori calcolati di V_{s30}

Determinazione delle categorie di suolo di fondazione L1

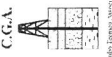
Utilizzando le tabelle di seguito riportate, si è proceduto alla determinazione della Categoria di appartenenza dei terreni

Categorie di suolo di fondazione:

A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.
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 un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 300 m/s e 600 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 300 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s.
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C e D e con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$, che includono uno strato spesso almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza o pure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
S2	Depositi di terreno suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella n° 8 - Definizioni dei profili stratigrafici

I terreni del sito appartengono alla Categoria B.

 <p>Studio Tecnico Associato Consulenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa</p>	<p>GEOLOG SOC. COOP. Prospettive tomografica elettrica e sismica per il nuovo Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette nel Comune di Pavullo del Frignano (MO).</p>		
	PROGETTO	CODIFICA	REV.
<p>Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO) Codice Fiscale e P. IVA 04112290376 Tel. 051 781118 Fax 051 - 687.44.38 Web: http://www.egastudio.it E-mail: egastudio@egastudio.it</p>	A 638	GF 175	1
<p>M: Lavori in corso A 638 - GF 175 - Geolog. Soc. Coop. - Dott. Campioli - Impianto idroelettrico Mulino delle Palette WORD/Relazione geofisica.doc</p>			

Prova Sismica L2

Strato	Spessore medio (m)	V_s (m/s)
1	0,94	275,28
2	1,17	233,26
3	1,46	281,44
4	1,83	314,35
5	2,28	377,95
6	2,86	566,34
7	3,57	652,05
8	4,46	581,89
9	5,58	516,17
10	6,04	830,59

Tabella n° 9 - Stratigrafia da prova sismica e velocità di propagazione dell'onda sismica geofono 1012

I certificati dell'indagine sismica MASW e le relative elaborazioni sono riportate in appendice

6. Seguendo le prescrizioni dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14.01.2008 la determinazione della V_{s30} è stata ottenuta utilizzando la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n V_i} \sum_{i=1}^n h_i$$

dove:

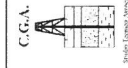
h_i = spessore dello strato iesimo

V_{s10} = Velocità orizzontale dello strato iesimo

Sulla base di quanto esposto è pertanto possibile affermare quanto segue:

V_{s30} 487.76

Tabella n° 10 - Valori calcolati di V_{s30}



**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**
del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa
E-mail: egastudio@egastudio.eu
E-mail: 68743_28

GEOLOG SOC. COOP.
Prospezione tomografica elettrica e sismica per il nuovo
Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette nel Comune di
Pavullo del Frignano (MO).

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 638	GF 175	1	Pagina 20 di 22
M: Lavori in corso A.638 - GF 175 - Geolog. Soc. Coop. - Dott. Campioli - Impianto idroelettrico Mulino delle Palette WORD Relazione geofisica.doc			

Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale e P. IVA 04112290376
Tel. 051 - 687.11.13 Fax. 051 - 687.43.28
Web: <http://www.egastudio.eu>

Determinazione delle categorie di suolo di fondazione L2

Utilizzando le tabelle di seguito riportate, si è proceduto alla determinazione della Categoria di appartenenza dei terreni

Categorie di suolo di fondazione:

A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 160 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 160 m/s.
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C e D e con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$, che includono uno strato spesso almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza di bassa consistenza o che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreno suscettibili di liquefazione, di argille sensibili, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella n° 11 - Definizione dei profili stratigrafici

I terreni del sito appartengono alla Categoria B.

Prova Sismica L3

Strato	Spessore medio (m)	V_s (m/s)
1	1.22	383.10
2	1.52	373.56
3	1.90	366.48
4	2.38	409.57
5	2.97	445.99
6	3.72	467.64
7	4.65	475.59
8	5.81	459.37
9	7.26	420.22
10	7.86	517.13

Tabella n° 12 - Stratigrafia da prova sismica e velocità di propagazione dell'onda sismica geofono 10/2

I certificati dell'indagine sismica MASW e le relative elaborazioni sono riportate in appendice
6. Seguendo le prescrizioni dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14.01.2008 la determinazione della V_{s30} è stata ottenuta utilizzando la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{N_b} V_{s_i} h_{s_i}}$$

dove:
 h_s = spessore dello strato iesimo
 V_{s30} = Velocità orizzontale dello strato iesimo
Sulla base di quanto esposto è pertanto possibile affermare quanto segue:

Vs30 **433.74**

Tabella n° 13 - Valori calcolati di V_{s30}



PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A.638	GF.175	1	Pagina 22 di 22

M.: Lavori in corso; A.638 - GF.175 - Geolog. Soc. Coop. - Dott. Campioli -
 Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette; WORD; Relazione geologica.doc

Determinazione delle categorie di suolo di fondazione L3

Utilizzando le tabelle di seguito riportate, si è proceduto alla determinazione della Categoria di appartenenza dei terreni

Categorie di suolo di fondazione:

A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.
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 un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s.
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C e D e con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$, che includono uno strato spesso almeno 8 m di torba o di argilla altamente organica e di bassa consistenza oppure che includono almeno 3 m di torba o di argilla altamente organica.
S2	Depositi di terreno suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella n° 14 - Definizione dei profili stratigrafici

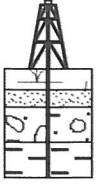
I terreni del sito appartengono alla Categoria B.

San Giovanni in Persiceto, 25.08.2010

I Geologi :



C.G.A.



Studio Tecnico Associato

APPENDICE 1

- Figure ed elaborati grafici



FIGURA n° 1
Ubicazione MASW L1 e TOMOGRAFIA ELETTRICA T1
Base fotoaerea

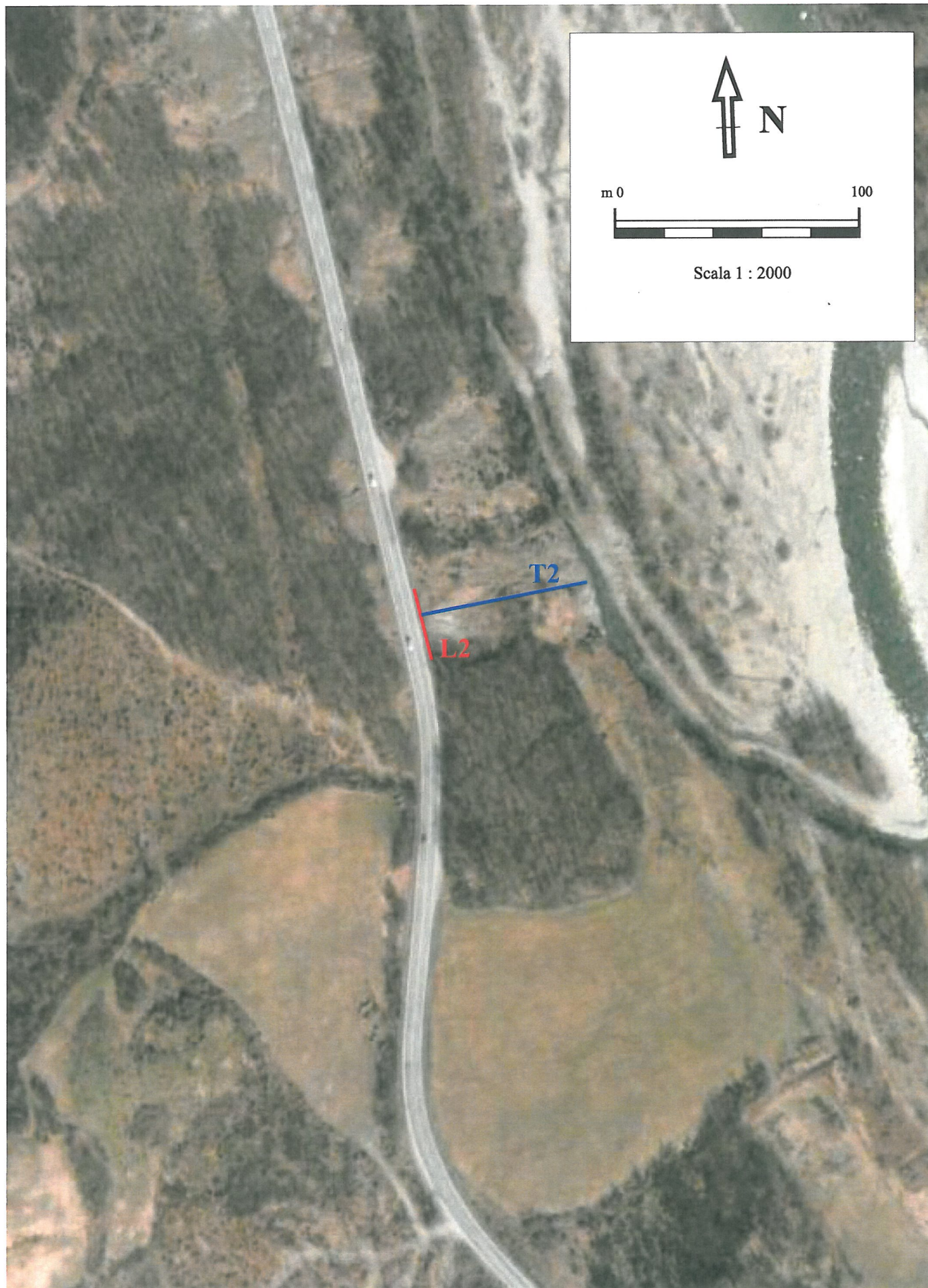
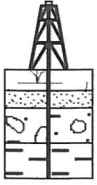


FIGURA n° 2
Ubicazione MASW L2 e TOMOGRAFIA ELETTRICA T2
Base fotoaerea



FIGURA n° 3
Ubicazione MASW L3 e TOMOGRAFIA ELETTRICA T3
Base fotoaerea

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

APPENDICE 2

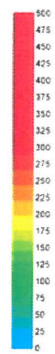
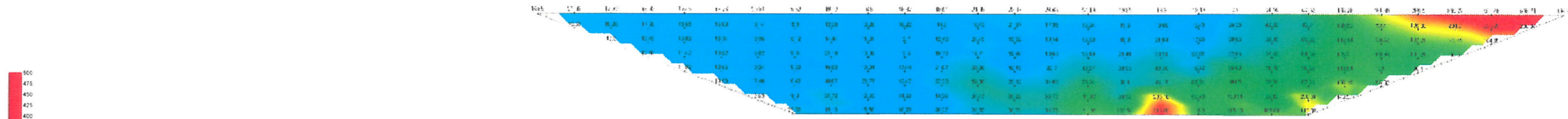
- Pseudosezioni in resistività apparente e sezioni tomografiche su base topografica in resistività reale

COMMITTENTE: Geolog Soc. Coop.

CANTIERE: Linea Tomografica 1 - Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette -Pavullo nel Frignano MO)

DATA ESECUZIONE: 28.7.2010

Scala 1:500

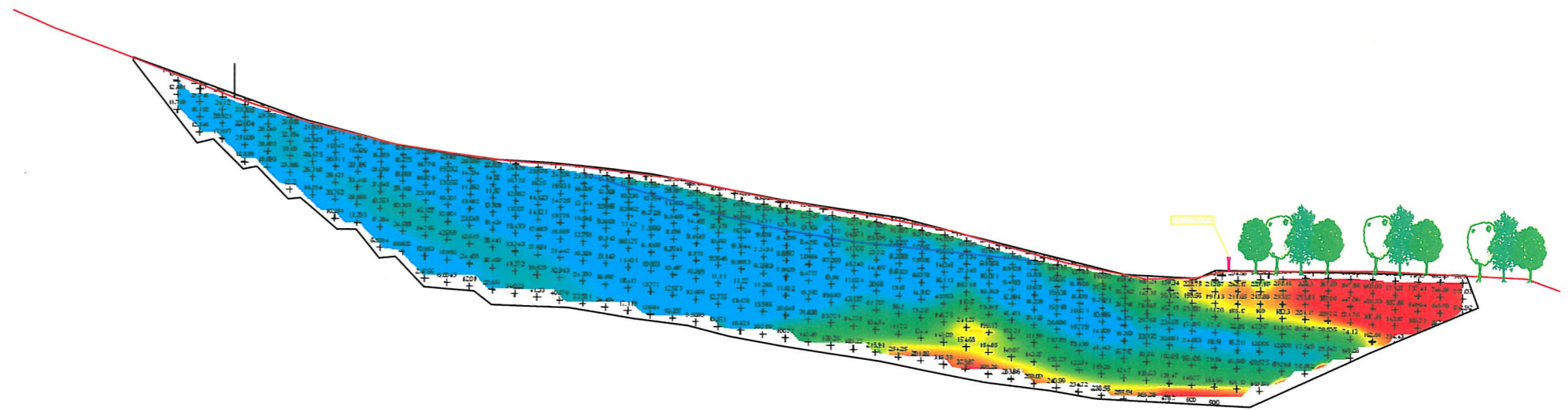


Scala della resistività in Ωm

Sezione tomografica in resistività apparente (dato come rilevato)



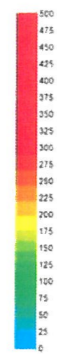
Superficie ipotetica di scivolamento



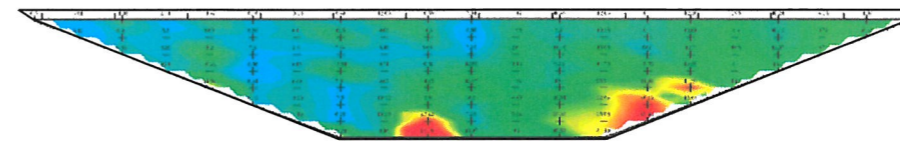
Sezione tomografica su base topografica in resistività reale (dato elaborato)

COMMITTENTE: Geolog Soc. Coop. CANTIERE: Linea Tomografica 2 - Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette -Pavullo nel Frignano MO)
DATA ESECUZIONE: 27.7.2010

Scala 1:500



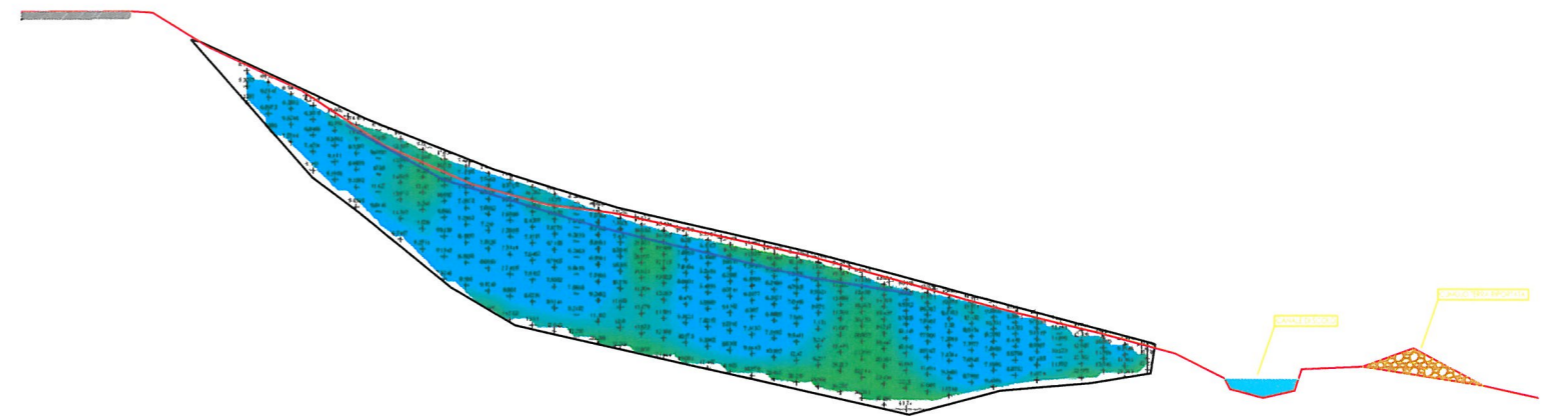
Scala della resistività in Ωm



Sezione tomografica in resistività apparente (dato come rilevato)



Superficie ipotetica di scivolamento



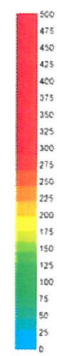
Sezione tomografica su base topografica in resistività reale (dato elaborato)

COMMITTENTE: Geolog Soc. Coop.

CANTIERE: Linea Tomografica 3- Impianto Idroelettrico Mulino delle Palette -Pavullo nel Frignano MO)

DATA ESECUZIONE: 27.7.2010

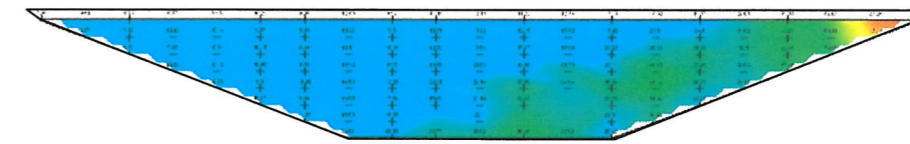
Scala 1:500



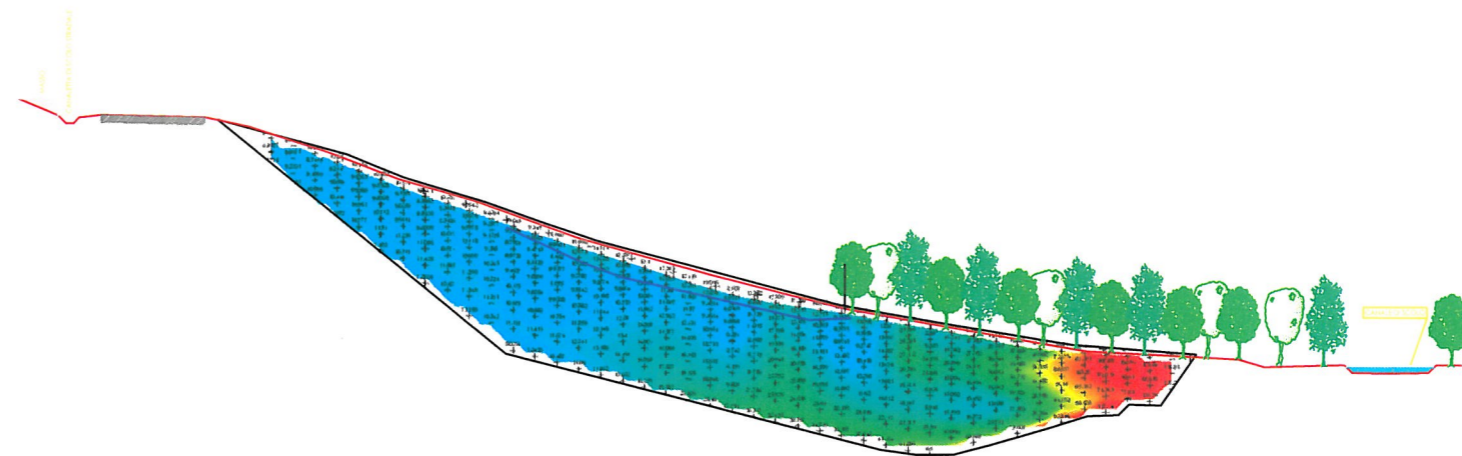
Scala della resistività in Ωm



Superficie ipotetica di scivolamento

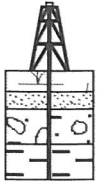


Sezione tomografica in resistività apparente (dato come rilevato)



Sezione tomografica su base topografica in resistività reale (dato elaborato)

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

APPENDICE 3

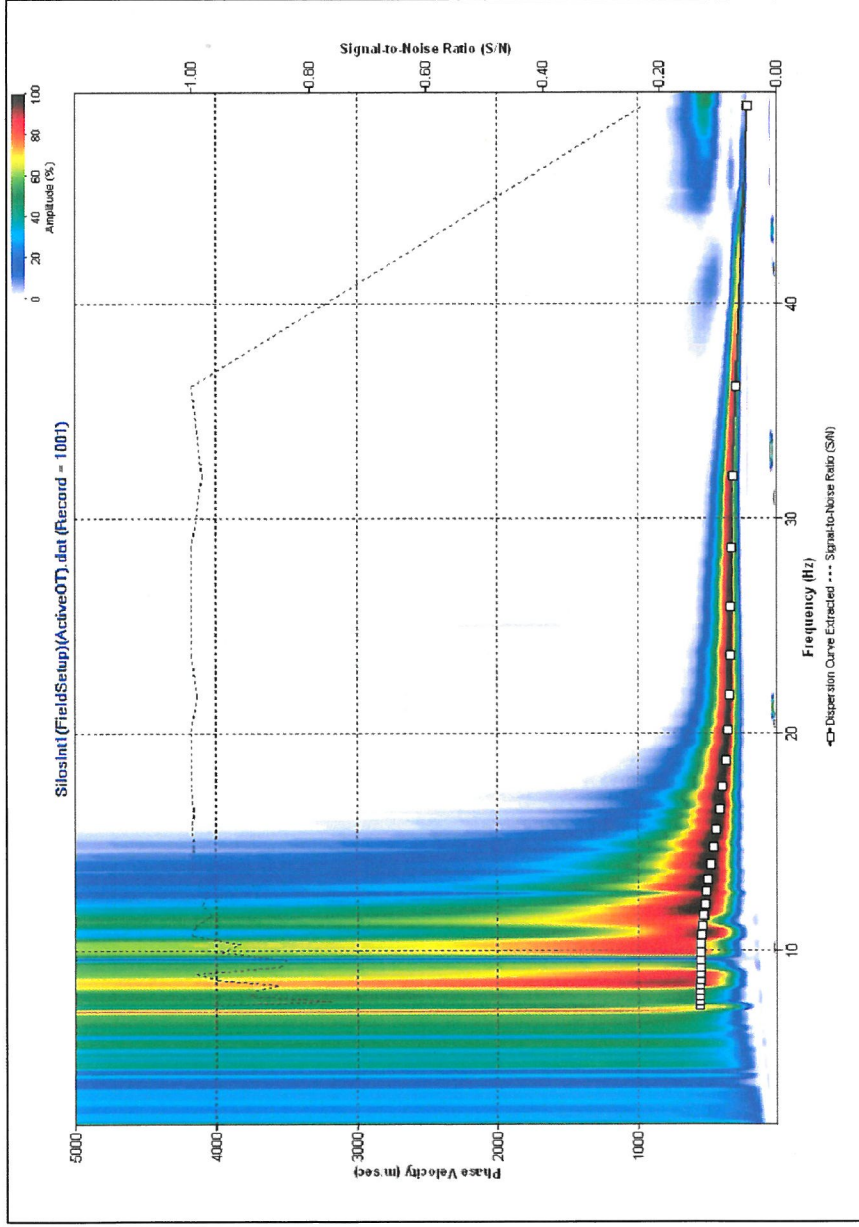
- Immagini di dispersione, sismogrammi e diagrammi interpretativi delle prove MASW eseguite

COMMITTENTE: GEOLOG Soc. Coop.

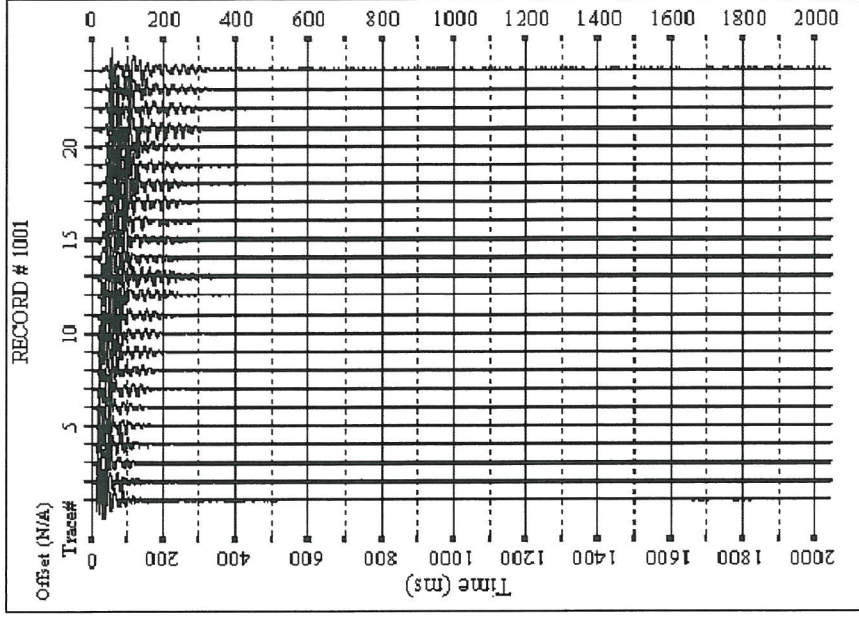
CANTIERE: Mulino delle Palette - L1

DATA ESECUZIONE: 28 luglio 2010

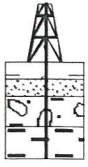
Immagine di dispersione



Sismogramma



C.G.A.



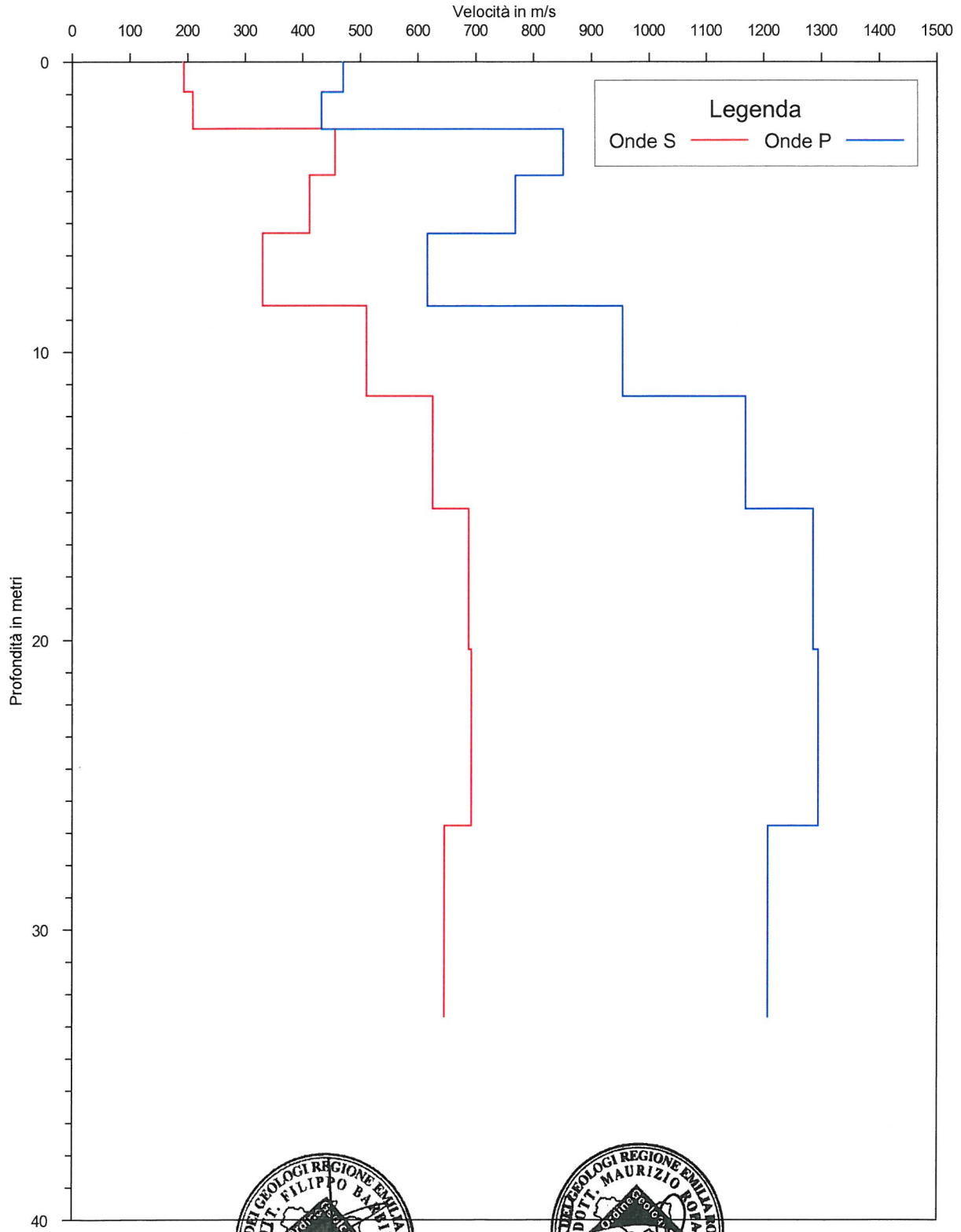
Laboratorio di geofisica

COMMITTENTE: GEOLOG Soc. Coop.

CANTIERE: Mulino delle Palette - L1

DATA ESECUZIONE: 28 luglio 2010

Certificato: A63GF175L1V

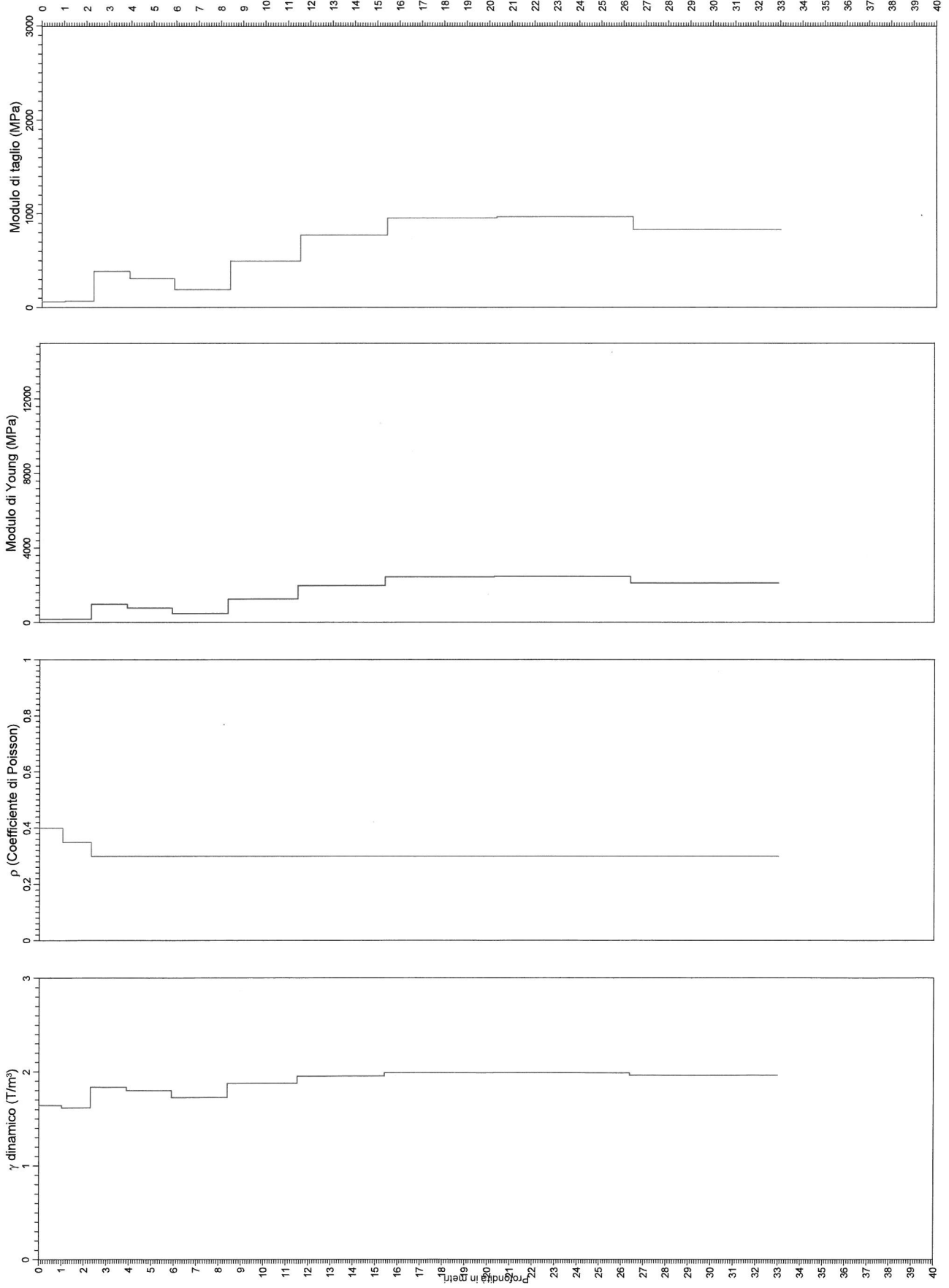


MASW Shot 1

Multichannel Surf Waves Acquisitic

Certificato n° A63GF175L1MS1PE

Note:

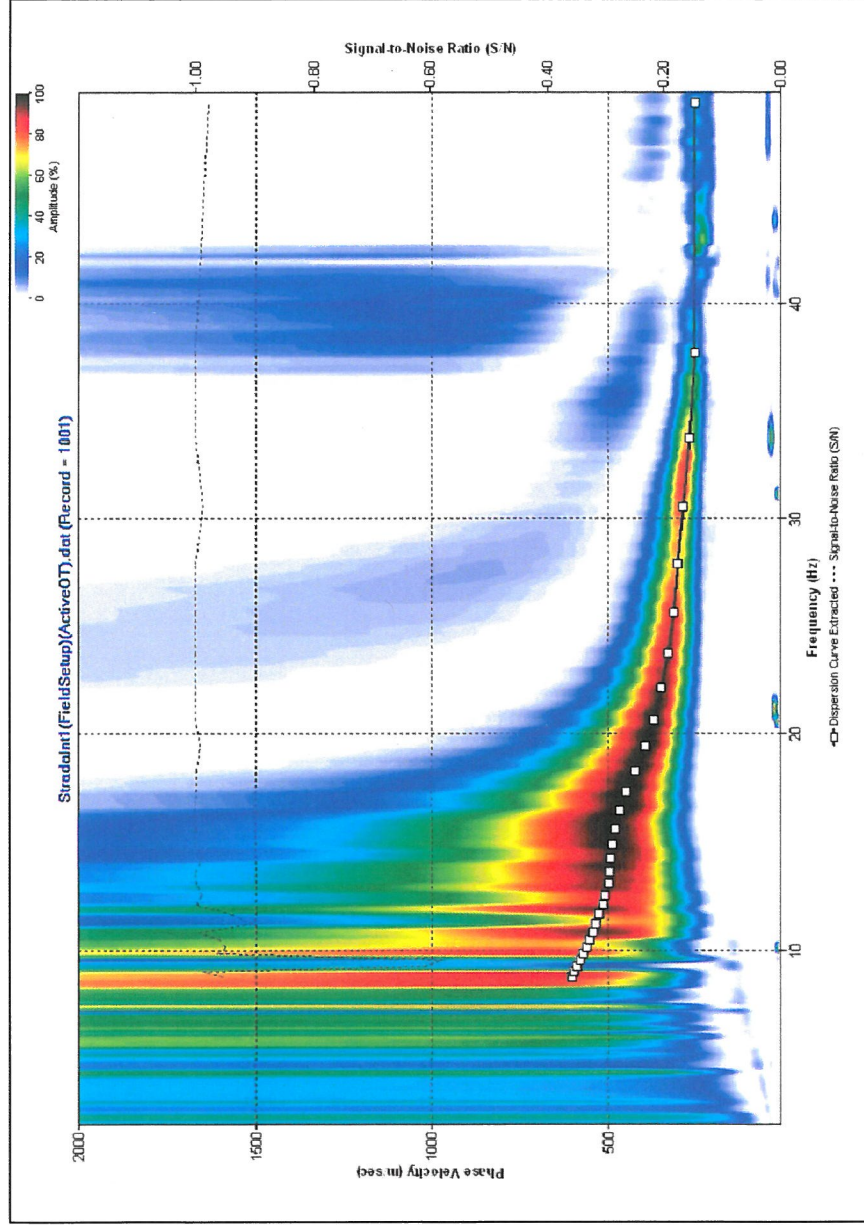


COMMITTENTE: GEOLOG Soc. Coop.

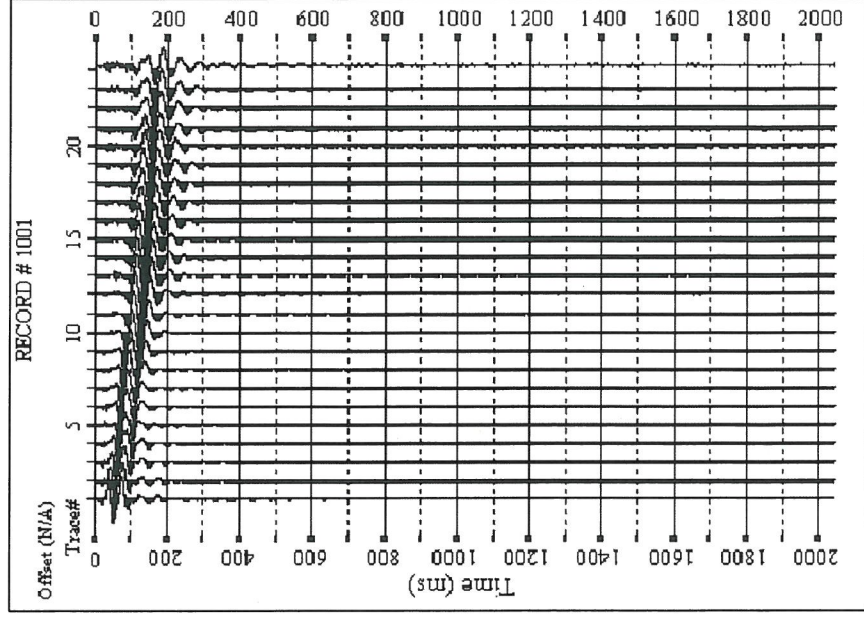
CANTIERE: Mulino delle Palette - L2

DATA ESECUZIONE: 28 luglio 2010

Immagine di dispersione



Sismogramma



COMMITTENTE: GEOLOG Soc. Coop.

CANTIERE: Mulino delle Palette - L2

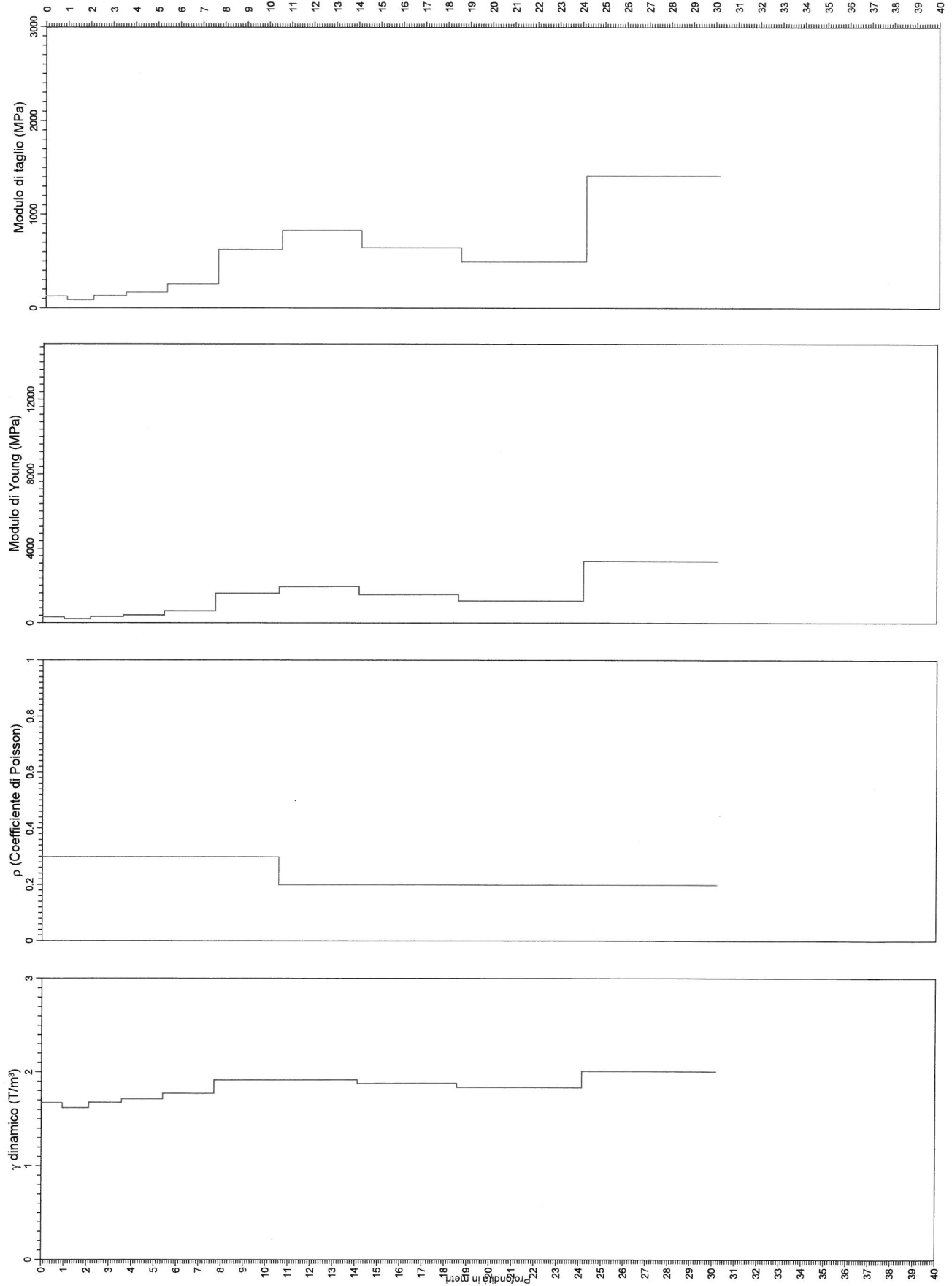
DATA ESECUZIONE: 28 luglio 2010

MASW Shot 1

Multichannel Surf Waves Acquisitive

Certificato n° A63GF175L2MSPE

Note:

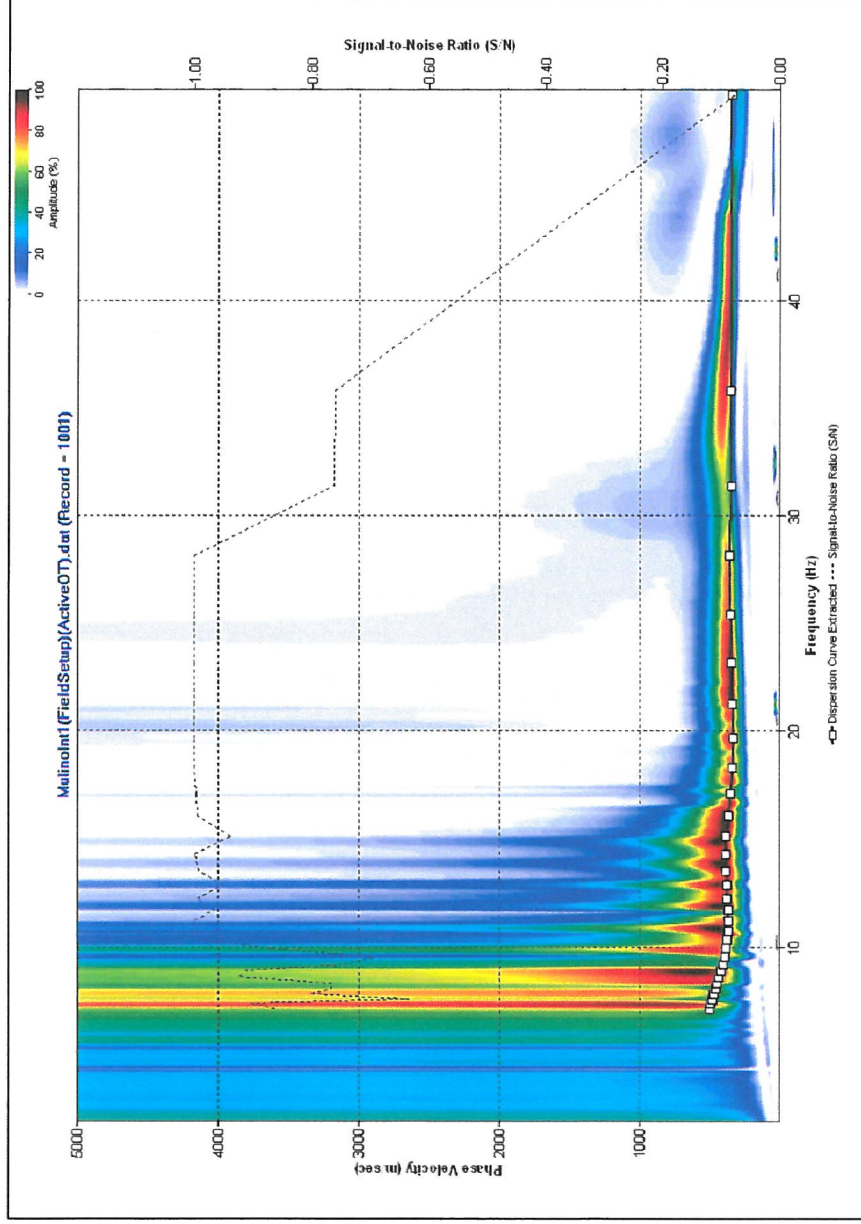


COMMITTENTE: GEOLOG Soc. Coop.

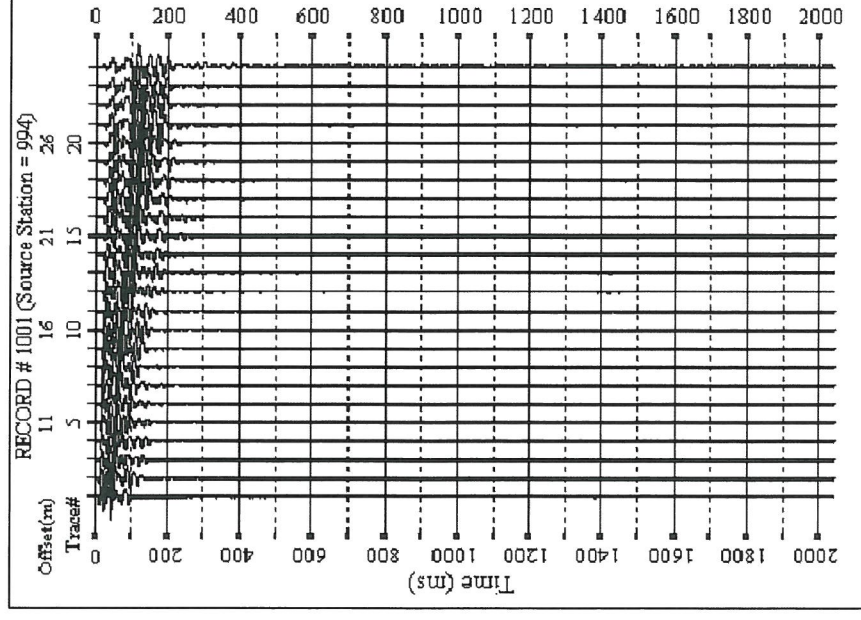
CANTIERE: Mulino delle Palette - L3

DATA ESECUZIONE: 28 luglio 2010

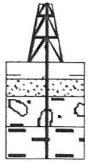
Immagine di dispersione



Sismogramma



C.G.A.



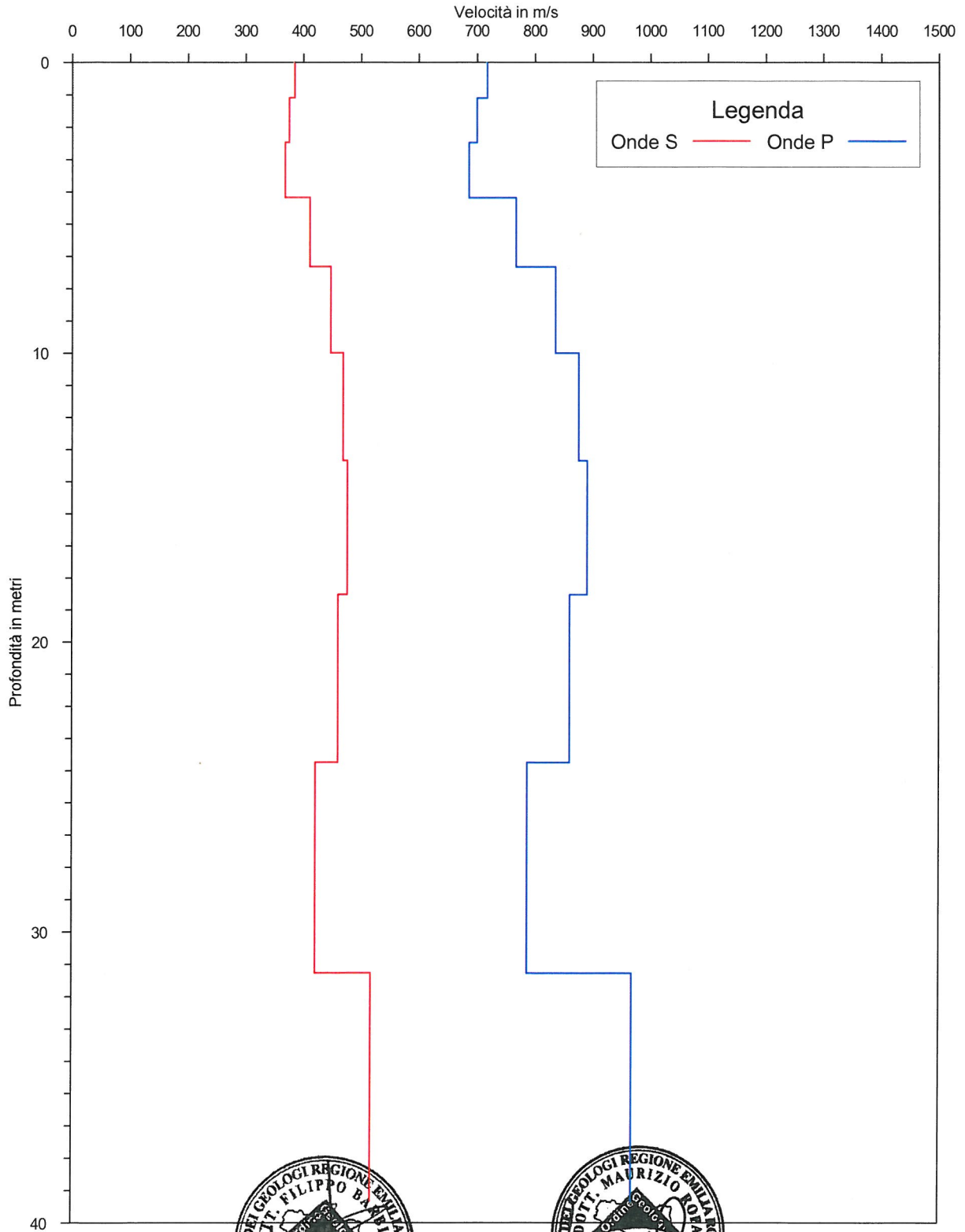
Laboratorio di geofisica

COMMITTENTE: GEOLOG Soc. Coop.

CANTIERE: Mulino delle Palette - L2

DATA ESECUZIONE: 28 luglio 2010

Certificato: A63GF175L3V



ALLEGATO 2

--SLOPE STABILITY ANALYSIS--
 MODIFIED BISHOP METHOD OF SLICES
 IRREGULAR FAILURE SURFACES

PROBLEM DESCRIPTION MOLINO DELLE PALETTE - FRANA QUIESCENTE C/O PONTE SAMONE

Input file : palet2

BOUNDARY COORDINATES

16 TOP BOUNDARIES
 16 TOTAL BOUNDARIES

BOUNDARY NO.	X-LEFT (MT)	Y-LEFT (MT)	X-RIGHT (MT)	Y-RIGHT (MT)	SOIL TYPE BELOW BND
1	20.77	10.76	27.78	12.16	1
2	27.78	12.16	34.66	14.08	1
3	34.66	14.08	37.78	14.95	1
4	37.78	14.95	44.18	16.07	1
5	44.18	16.07	54.13	17.82	1
6	54.13	17.82	62.08	19.47	1
7	62.08	19.47	71.86	20.69	1
8	71.86	20.69	77.51	21.11	1
9	77.51	21.11	82.01	21.77	1
10	82.01	21.77	87.32	22.56	1
11	87.32	22.56	95.28	24.57	1
12	95.28	24.57	101.68	26.65	1
13	101.68	26.65	110.35	29.98	1
14	110.35	29.98	117.49	32.72	1
15	117.49	32.72	121.27	34.38	1
16	121.27	34.38	123.70	36.12	1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

1 TYPE(S) OF SOIL

SOIL TYPE NO.	TOTAL UNIT WT. (T/MC)	SATURATED UNIT WT. (T/MC)	COHESION INTERCEPT (T/MQ)	FRICTION ANGLE (DEG)	PORE PRESSURE PARAMETER	PRESSURE CONSTANT (T/MQ)	PIEZOMETRIC SURFACE NO.
1	2.0	2.0	.1	20.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

UNITWEIGHT OF WATER = 1.00

PIEZOMETRIC SURFACE NO. 1 SPECIFIED BY 13 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-WATER (MT)	Y-WATER (MT)
1	20.77	10.66
2	27.78	12.06
3	37.78	14.85
4	44.18	15.97
5	54.13	17.72
6	71.86	20.59
7	77.51	21.11
8	87.32	22.44
9	95.28	24.47
10	101.68	26.65
11	117.49	32.62
12	121.27	34.28
13	123.70	36.12

TRIAL FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 14 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	20.77	10.76
2	27.78	11.50
3	34.66	12.50
4	44.18	13.50
5	54.13	15.30
6	62.08	17.30
7	71.86	20.00
8	77.51	20.80
9	87.32	22.29
10	88.52	22.45
11	95.28	24.06
12	107.65	27.45
13	117.49	31.52
14	123.70	36.12

FACTOR OF SAFETY FOR THE PRECEDING SPECIFIED SURFACE = 1.031

ALLEGATO 3

--SLOPE STABILITY ANALYSIS--
 MODIFIED BISHOP METHOD OF SLICES
 IRREGULAR FAILURE SURFACES

PROBLEM DESCRIPTION MOLINO DELLE PALETTE - FRANA QUIESCENTE C/O
 PONTE SAMONE - FASE DI SCAVO

Input : palet75

BOUNDARY COORDINATES
 24 TOP BOUNDARIES
 39 TOTAL BOUNDARIES

BOUNDARY NO.	X-LEFT (MT)	Y-LEFT (MT)	X-RIGHT (MT)	Y-RIGHT (MT)	SOIL TYPE BELOW BND
1	.00	11.48	5.56	11.48	1
2	5.56	11.48	10.28	6.83	1
3	10.28	6.83	16.79	6.83	2
4	16.79	6.83	20.77	10.76	2
5	20.77	10.76	27.78	12.16	2
6	27.78	12.16	34.66	14.08	2
7	34.66	14.08	37.78	14.95	2
8	37.78	14.95	44.18	16.07	2
9	44.18	16.07	54.13	17.82	2
10	54.13	17.82	62.08	19.47	2
11	62.08	19.47	71.86	20.69	2
12	71.86	20.69	77.51	21.11	2
13	77.51	21.11	82.01	21.77	2
14	82.01	21.77	87.32	22.56	2
15	87.32	22.56	95.28	24.57	2
16	95.28	24.57	101.68	26.65	2
17	101.68	26.65	110.35	29.98	2
18	110.35	29.98	117.49	32.72	2
19	117.49	32.72	121.27	34.38	2
20	121.27	34.38	123.70	36.12	2
21	123.70	36.12	135.78	36.36	2
22	135.78	36.36	137.05	36.48	2
23	137.05	36.48	137.92	36.67	2
24	137.92	36.67	146.39	36.81	2
25	.00	4.67	1.64	6.10	2
26	1.64	6.10	10.28	6.83	2
27	10.28	6.83	16.79	6.83	2
28	16.79	6.83	20.77	10.76	2
29	20.77	10.76	27.78	12.16	2
30	27.78	12.16	34.66	14.08	2
31	34.66	14.08	37.78	14.95	2
32	37.78	14.95	44.18	16.07	2
33	44.18	16.07	54.13	17.82	2
34	54.13	17.82	62.08	19.47	2
35	62.08	19.47	71.86	20.69	2
36	71.86	20.69	77.51	21.11	2
37	77.51	21.11	82.01	21.77	2
38	82.01	21.77	87.32	22.56	2
39	87.32	22.56	95.28	24.57	2

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 TYPE(S) OF SOIL

SOIL TYPE NO.	TOTAL UNIT WT. (T/MC)	SATURATED UNIT WT. (T/MC)	COHESION INTERCEPT (T/MQ)	FRICTION ANGLE (DEG)	PORE PRESSURE PARAMETER	PRESSURE CONSTANT (T/MQ)	PIEZOMETRIC SURFACE NO.
1	1.8	1.8	.0	34.0	.00	.0	1
2	2.0	2.0	.08	16.0	.00	.0	1

A CRITICAL FAILURE SURFACE SEARCHING METHOD, USING A RANDOM TECHNIQUE FOR GENERATING CIRCULAR SURFACES, HAS BEEN SPECIFIED.

1000 TRIAL SURFACES HAVE BEEN GENERATED.

100 SURFACES INITIATE FROM EACH OF 10 POINTS EQUALLY SPACED
 ALONG THE GROUND SURFACE BETWEEN X = 16.79 MT.
 AND X = 20.77 MT.
 EACH SURFACE TERMINATES BETWEEN X = 27.78 MT.
 AND X = 123.70 MT.

UNLESS FURTHER LIMITATIONS WERE IMPOSED, THE MINIMUM ELEVATION AT WHICH A SURFACE EXTENDS IS Y = .00 MT.

2.00 MT. LINE SEGMENTS DEFINE EACH TRIAL FAILURE SURFACE.

RESTRICTIONS HAVE BEEN IMPOSED UPON THE ANGLE OF INITIATION.
 THE ANGLE HAS BEEN RESTRICTED BETWEEN THE ANGLES OF -5.0 AND .0 DEG.

FOLLOWING ARE DISPLAYED THE TEN MOST CRITICAL OF THE TRIAL FAILURE SURFACES EXAMINED. THEY ARE ORDERED - MOST CRITICAL FIRST.

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 8 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	16.79	6.83
2	18.79	6.82
3	20.76	7.14
4	22.66	7.78
5	24.43	8.72
6	26.02	9.93
7	27.39	11.38
8	27.94	12.20

*** .760 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 8 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	16.79	6.83
2	18.78	6.67
3	20.77	6.89
4	22.69	7.47
5	24.46	8.40
6	26.02	9.65
7	27.32	11.17
8	27.92	12.20

*** .784 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 8 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	16.79	6.83
2	18.78	6.66
3	20.77	6.85
4	22.70	7.40
5	24.49	8.28
6	26.09	9.48
7	27.45	10.95
8	28.31	12.31

*** .799 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 9 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	16.79	6.83
2	18.79	6.78
3	20.77	7.03
4	22.70	7.57
5	24.52	8.40
6	26.19	9.49
7	27.69	10.83
8	28.96	12.37
9	29.05	12.51

*** .800 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 8 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	16.79	6.83
2	18.78	6.67
3	20.77	6.87
4	22.70	7.41
5	24.50	8.28
6	26.12	9.46
7	27.51	10.90
8	28.48	12.36

*** .801 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 9 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	16.79	6.83
2	18.79	6.80
3	20.77	7.06
4	22.70	7.60
5	24.53	8.41
6	26.22	9.47

7	27.75	10.76
8	29.08	12.26
9	29.29	12.58

*** .803 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 9 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	16.79	6.83
2	18.79	6.77
3	20.78	7.00
4	22.71	7.51
5	24.55	8.30
6	26.26	9.34
7	27.80	10.61
8	29.14	12.10
9	29.50	12.64

*** .814 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 8 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	17.23	7.27
2	19.23	7.24
3	21.21	7.54
4	23.11	8.17
5	24.88	9.09
6	26.48	10.29
7	27.86	11.74
8	28.24	12.29

*** .815 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 9 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	16.79	6.83
2	18.78	6.67
3	20.78	6.85
4	22.71	7.35
5	24.54	8.17
6	26.20	9.28
7	27.66	10.66
8	28.86	12.25
9	28.99	12.50

*** .816 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 9 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	16.79	6.83
2	18.79	6.80
3	20.78	7.04
4	22.71	7.54
5	24.56	8.31
6	26.28	9.32
7	27.86	10.56
8	29.25	11.99
9	29.78	12.72

*** .817 ***

ALLEGATO 4

--SLOPE STABILITY ANALYSIS--
 MODIFIED BISHOP METHOD OF SLICES
 IRREGULAR FAILURE SURFACES

PROBLEM DESCRIPTION MOLINO DELLE PALETTE - FRANA QUIESCENTE C/O
 PONTE SAMONE - FINE LAVORI

Input file : palet64

BOUNDARY COORDINATES
 22 TOP BOUNDARIES
 45 TOTAL BOUNDARIES

BOUNDARY NO.	X-LEFT (MT)	Y-LEFT (MT)	X-RIGHT (MT)	Y-RIGHT (MT)	SOIL TYPE BELOW BND
1	.00	11.48	13.53	11.48	1
2	13.53	11.48	24.39	11.49	1
3	24.39	11.49	27.78	12.16	2
4	27.78	12.16	34.66	14.08	2
5	34.66	14.08	37.78	14.95	2
6	37.78	14.95	44.18	16.07	2
7	44.18	16.07	54.13	17.82	2
8	54.13	17.82	62.08	19.47	2
9	62.08	19.47	71.86	20.69	2
10	71.86	20.69	77.51	21.11	2
11	77.51	21.11	82.01	21.77	2
12	82.01	21.77	87.32	22.56	2
13	87.32	22.56	95.28	24.57	2
14	95.28	24.57	101.68	26.65	2
15	101.68	26.65	110.35	29.98	2
16	110.35	29.98	117.49	32.72	2
17	117.49	32.72	121.27	34.38	2
18	121.27	34.38	123.70	36.12	2
19	123.70	36.12	135.78	36.36	2
20	135.78	36.36	137.05	36.48	2
21	137.05	36.48	137.92	36.67	2
22	137.92	36.67	146.39	36.81	2
23	.00	4.67	1.64	6.10	2
24	1.64	6.10	10.28	6.83	2
25	10.28	6.83	13.40	6.83	2
26	13.40	6.83	13.41	9.63	3
27	13.41	9.63	13.61	9.63	3
28	13.61	9.63	13.62	6.83	3
29	13.62	6.83	16.79	6.83	2
30	16.79	6.83	20.77	10.76	2
31	20.77	10.76	24.39	11.49	2
32	24.39	6.83	13.62	6.83	2
33	20.77	10.76	27.78	11.50	2
34	27.78	11.50	34.66	12.50	2
35	34.66	12.50	44.18	13.50	2
36	44.18	13.50	54.13	15.30	2
37	54.13	15.30	62.08	17.30	2
38	62.08	17.30	71.86	20.00	2
39	71.86	20.00	77.51	20.80	2
40	77.51	20.80	87.32	22.29	2
41	87.32	22.29	88.52	22.45	2
42	88.52	22.45	95.28	24.06	2
43	95.28	24.06	107.65	27.45	2
44	107.65	27.45	117.49	31.52	2
45	117.49	31.52	123.70	36.12	2

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

3 TYPE(S) OF SOIL

SOIL TYPE NO.	TOTAL UNIT WT. (T/MC)	SATURATED UNIT WT. (T/MC)	COHESION INTERCEPT (T/MQ)	FRICTION ANGLE (DEG)	PORE PRESSURE PARAMETER	PRESSURE CONSTANT (T/MQ)	PIEZOMETRIC SURFACE NO.
1	1.8	1.8	.0	40.0	.00	.0	1
2	2.0	2.0	.1	20.0	.00	.0	1
3	2.5	2.5	200.0	.0	.00	.0	1

A HORIZONTAL EARTHQUAKE LOADING COEFFICIENT OF .076 HAS BEEN ASSIGNED

A VERTICAL EARTHQUAKE LOADING COEFFICIENT OF .038 HAS BEEN ASSIGNED

CAVITATION PRESSURE = .0 T/MQ

A CRITICAL FAILURE SURFACE SEARCHING METHOD, USING A RANDOM TECHNIQUE FOR GENERATING CIRCULAR SURFACES, HAS BEEN SPECIFIED.

1000 TRIAL SURFACES HAVE BEEN GENERATED.

100 SURFACES INITIATE FROM EACH OF 10 POINTS EQUALLY SPACED
ALONG THE GROUND SURFACE BETWEEN X = .00 MT.
AND X = 24.39 MT.

EACH SURFACE TERMINATES BETWEEN X = 34.66 MT.
AND X = 54.13 MT.

UNLESS FURTHER LIMITATIONS WERE IMPOSED, THE MINIMUM ELEVATION
AT WHICH A SURFACE EXTENDS IS Y = .00 MT.

2.00 MT. LINE SEGMENTS DEFINE EACH TRIAL FAILURE SURFACE.

RESTRICTIONS HAVE BEEN IMPOSED UPON THE ANGLE OF INITIATION.
THE ANGLE HAS BEEN RESTRICTED BETWEEN THE ANGLES OF -45.0 AND .0 DEG.

FOLLOWING ARE DISPLAYED THE TEN MOST CRITICAL OF THE TRIAL
FAILURE SURFACES EXAMINED. THEY ARE ORDERED - MOST CRITICAL FIRST.

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 9 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	24.39	11.49
2	26.35	11.07
3	28.34	10.92
4	30.34	11.03
5	32.30	11.40
6	34.20	12.03
7	36.00	12.91
8	37.66	14.02
9	38.96	15.16

*** 1.227 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 10 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	24.39	11.49
2	26.38	11.26
3	28.38	11.23
4	30.37	11.39
5	32.34	11.75
6	34.26	12.29
7	36.13	13.02
8	37.91	13.93
9	39.60	15.00
10	40.04	15.34

*** 1.231 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 9 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	24.39	11.49
2	26.31	10.93
3	28.29	10.68
4	30.29	10.74
5	32.26	11.11
6	34.14	11.79
7	35.89	12.76
8	37.47	13.98
9	38.49	15.07

*** 1.238 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 11 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	24.39	11.49
2	26.37	11.23
3	28.37	11.15
4	30.37	11.25
5	32.35	11.52
6	34.30	11.96
7	36.21	12.57
8	38.05	13.35
9	39.82	14.29
10	41.49	15.38
11	41.86	15.66

*** 1.238 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 10 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	24.39	11.49
2	26.38	11.33
3	28.38	11.34
4	30.38	11.53
5	32.34	11.88
6	34.28	12.40
7	36.15	13.09
8	37.97	13.93
9	39.70	14.92
10	40.41	15.41

*** 1.239 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 10 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	24.39	11.49
2	26.39	11.35
3	28.39	11.37
4	30.38	11.56
5	32.35	11.90
6	34.28	12.41
7	36.17	13.07
8	38.00	13.88
9	39.76	14.83
10	40.73	15.47

*** 1.243 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 10 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	24.39	11.49
2	26.29	10.86
3	28.26	10.50
4	30.25	10.42
5	32.24	10.62
6	34.19	11.09
7	36.04	11.83
8	37.78	12.83
9	39.36	14.05
10	40.73	15.47

*** 1.247 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 9 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	24.39	11.49
2	26.36	11.14
3	28.36	11.08
4	30.35	11.29
5	32.29	11.78
6	34.14	12.53
7	35.87	13.54
8	37.44	14.78
9	37.54	14.88

*** 1.249 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 9 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	24.39	11.49
2	26.37	11.24
3	28.37	11.23
4	30.36	11.48
5	32.30	11.96
6	34.16	12.69
7	35.92	13.64
8	37.55	14.81
9	37.67	14.92

*** 1.253 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 9 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	24.39	11.49
2	26.39	11.39
3	28.39	11.48
4	30.37	11.75
5	32.32	12.19
6	34.22	12.82
7	36.05	13.61
8	37.81	14.57
9	38.58	15.09

*** 1.261 ***

ALLEGATO 5

--SLOPE STABILITY ANALYSIS--
 MODIFIED BISHOP METHOD OF SLICES
 IRREGULAR FAILURE SURFACES

PROBLEM DESCRIPTION MOLINO DELLE PALETTE - FRANA ATTIVA C/O CASTIGLIONE
 FASE DI SCAVO

Input file : palet13c

BOUNDARY COORDINATES
 20 TOP BOUNDARIES
 26 TOTAL BOUNDARIES

BOUNDARY NO.	X-LEFT (MT)	Y-LEFT (MT)	X-RIGHT (MT)	Y-RIGHT (MT)	SOIL TYPE BELOW BND
1	.00	9.67	.90	9.63	2
2	.90	9.63	1.50	8.58	2
3	1.50	8.58	3.98	4.30	2
4	3.98	4.30	8.47	4.30	3
5	8.47	4.30	10.62	7.32	3
6	10.62	7.32	12.93	7.92	3
7	12.93	7.92	13.33	8.67	3
8	13.33	8.67	21.73	13.30	1
9	21.73	13.30	33.66	15.69	1
10	33.66	15.69	38.12	15.77	1
11	38.12	15.77	53.46	18.06	1
12	53.46	18.06	56.62	19.80	1
13	56.62	19.80	62.80	21.20	1
14	62.80	21.20	64.86	22.46	1
15	64.86	22.46	70.36	23.64	1
16	70.36	23.64	78.95	27.42	1
17	78.95	27.42	85.98	31.03	1
18	85.98	31.03	89.73	33.54	1
19	89.73	33.54	91.79	33.90	3
20	91.79	33.90	99.18	33.87	3
21	.00	3.87	3.98	4.30	3
22	13.33	8.67	19.79	10.91	3
23	19.79	10.91	53.46	16.28	3
24	53.46	16.28	62.79	18.70	3
25	62.79	18.70	74.66	23.36	3
26	74.66	23.36	89.73	33.54	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

3 TYPE(S) OF SOIL

SOIL TYPE NO.	TOTAL UNIT WT. (T/MC)	SATURATED UNIT WT. (T/MC)	COHESION INTERCEPT (T/MQ)	FRICTION ANGLE (DEG)	PORE PRESSURE PARAMETER	PRESSURE CONSTANT (T/MQ)	PIEZOMETRIC SURFACE NO.
1	2.0	2.0	.08	16.0	.00	.0	1
2	1.8	1.8	.0	34.0	.00	.0	1
3	2.1	2.1	1.6	16.0	.00	.0	1

A CRITICAL FAILURE SURFACE SEARCHING METHOD, USING A RANDOM TECHNIQUE FOR GENERATING CIRCULAR SURFACES, HAS BEEN SPECIFIED.

1000 TRIAL SURFACES HAVE BEEN GENERATED.

100 SURFACES INITIATE FROM EACH OF 10 POINTS EQUALLY SPACED

ALONG THE GROUND SURFACE BETWEEN X = 8.47 MT.

AND X = 13.33 MT.

EACH SURFACE TERMINATES BETWEEN X = 19.79 MT.

AND X = 89.73 MT.

UNLESS FURTHER LIMITATIONS WERE IMPOSED, THE MINIMUM ELEVATION AT WHICH A SURFACE EXTENDS IS Y = .00 MT.

2.00 MT. LINE SEGMENTS DEFINE EACH TRIAL FAILURE SURFACE.

RESTRICTIONS HAVE BEEN IMPOSED UPON THE ANGLE OF INITIATION. THE ANGLE HAS BEEN RESTRICTED BETWEEN THE ANGLES OF -5.0 AND .0 DEG.

FOLLOWING ARE DISPLAYED THE TEN MOST CRITICAL OF THE TRIAL FAILURE SURFACES EXAMINED. THEY ARE ORDERED - MOST CRITICAL FIRST.

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 11 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.47	4.23
3	12.46	4.41
4	14.41	4.85
5	16.29	5.54
6	18.07	6.46
7	19.71	7.60
8	21.19	8.94

9	22.49	10.46
10	23.59	12.13
11	24.41	13.84

*** 1.104 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 12 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.47	4.20
3	12.46	4.36
4	14.42	4.77
5	16.31	5.42
6	18.10	6.32
7	19.76	7.43
8	21.26	8.75
9	22.58	10.26
10	23.70	11.91
11	24.60	13.70
12	24.66	13.89

*** 1.104 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 11 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.47	4.21
3	12.46	4.39
4	14.41	4.83
5	16.29	5.53
6	18.05	6.47
7	19.68	7.63
8	21.13	9.00
9	22.40	10.55
10	23.44	12.26
11	24.11	13.78

*** 1.104 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 11 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.47	4.28
3	12.46	4.51
4	14.40	4.98
5	16.27	5.69
6	18.04	6.62
7	19.68	7.77
8	21.16	9.11
9	22.47	10.62
10	23.58	12.28
11	24.35	13.83

*** 1.105 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 11 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.47	4.20
3	12.46	4.37
4	14.41	4.82
5	16.28	5.52
6	18.04	6.48
7	19.65	7.66
8	21.09	9.05
9	22.32	10.63
10	23.33	12.36
11	23.89	13.73

*** 1.105 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 12 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.46	4.13
3	12.46	4.23

4	14.43	4.60
5	16.32	5.23
6	18.12	6.12
7	19.77	7.24
8	21.26	8.58
9	22.55	10.10
10	23.63	11.79
11	24.46	13.61
12	24.54	13.86

*** 1.105 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 11 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.47	4.24
3	12.46	4.45
4	14.40	4.92
5	16.27	5.65
6	18.02	6.61
7	19.63	7.80
8	21.06	9.19
9	22.31	10.76
10	23.33	12.48
11	23.86	13.73

*** 1.106 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 12 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.46	4.15
3	12.46	4.26
4	14.43	4.62
5	16.33	5.24
6	18.13	6.11
7	19.81	7.19
8	21.34	8.49
9	22.68	9.97
10	23.81	11.62
11	24.73	13.40
12	24.92	13.94

*** 1.106 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 12 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.47	4.23
3	12.46	4.40
4	14.42	4.81
5	16.32	5.45
6	18.12	6.31
7	19.81	7.37
8	21.37	8.64
9	22.76	10.07
10	23.97	11.67
11	24.98	13.39
12	25.24	14.00

*** 1.106 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 12 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.47	4.16
3	12.46	4.26
4	14.43	4.63
5	16.33	5.24
6	18.15	6.08
7	19.84	7.15
8	21.38	8.42
9	22.75	9.88
10	23.92	11.50
11	24.87	13.26
12	25.16	13.99

*** 1.107 ***

ALLEGATO 6

--SLOPE STABILITY ANALYSIS--
 MODIFIED BISHOP METHOD OF SLICES
 IRREGULAR FAILURE SURFACES

PROBLEM DESCRIPTION MOLINO DELLE PALETTE - FRANA ATTIVA C/O CASTIGLIONE
 FASE DI SCAVO

Input file : palet11

BOUNDARY COORDINATES
 20 TOP BOUNDARIES
 26 TOTAL BOUNDARIES

BOUNDARY NO.	X-LEFT (MT)	Y-LEFT (MT)	X-RIGHT (MT)	Y-RIGHT (MT)	SOIL TYPE BELOW BND
1	.00	9.67	.90	9.63	2
2	.90	9.63	1.50	8.58	2
3	1.50	8.58	3.98	4.30	2
4	3.98	4.30	8.47	4.30	3
5	8.47	4.30	10.62	7.32	3
6	10.62	7.32	12.93	7.92	3
7	12.93	7.92	13.33	8.67	3
8	13.33	8.67	21.73	13.30	1
9	21.73	13.30	33.66	15.69	1
10	33.66	15.69	38.12	15.77	1
11	38.12	15.77	53.46	18.06	1
12	53.46	18.06	56.62	19.80	1
13	56.62	19.80	62.80	21.20	1
14	62.80	21.20	64.86	22.46	1
15	64.86	22.46	70.36	23.64	1
16	70.36	23.64	78.95	27.42	1
17	78.95	27.42	85.98	31.03	1
18	85.98	31.03	89.73	33.54	1
19	89.73	33.54	91.79	33.90	3
20	91.79	33.90	99.18	33.87	3
21	.00	3.87	3.98	4.30	3
22	13.33	8.67	19.79	10.91	3
23	19.79	10.91	53.46	16.28	3
24	53.46	16.28	62.79	18.70	3
25	62.79	18.70	74.66	23.36	3
26	74.66	23.36	89.73	33.54	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

3 TYPE(S) OF SOIL

SOIL TYPE NO.	TOTAL UNIT WT. (T/MC)	SATURATED UNIT WT. (T/MC)	COHESION INTERCEPT (T/MQ)	FRICTION ANGLE (DEG)	PORE PRESSURE PARAMETER	PRESSURE CONSTANT (T/MQ)	PIEZOMETRIC SURFACE NO.
1	2.0	2.0	.08	16.0	.00	.0	1
2	1.8	1.8	.0	34.0	.00	.0	1
3	2.1	2.1	1.6	16.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED
 UNITWEIGHT OF WATER = 1.00

PIEZOMETRIC SURFACE NO. 1 SPECIFIED BY 20 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-WATER (MT)	Y-WATER (MT)
1	.00	8.58
2	1.50	8.58
3	3.98	4.30
4	8.47	4.30
5	10.62	7.32
6	12.93	7.92
7	13.33	8.67
8	21.73	13.30
9	33.66	15.69
10	38.12	15.77
11	53.46	18.06
12	56.62	19.80
13	62.80	21.20
14	64.86	22.46
15	70.36	23.64
16	78.95	27.42
17	85.98	31.03
18	89.73	33.54
19	91.79	33.90
20	99.18	33.87

A CRITICAL FAILURE SURFACE SEARCHING METHOD, USING A RANDOM TECHNIQUE FOR GENERATING CIRCULAR SURFACES, HAS BEEN SPECIFIED.

1000 TRIAL SURFACES HAVE BEEN GENERATED.

100 SURFACES INITIATE FROM EACH OF 10 POINTS EQUALLY SPACED

ALONG THE GROUND SURFACE BETWEEN X = 8.47 MT.
 AND X = 13.33 MT.
 EACH SURFACE TERMINATES BETWEEN X = 19.79 MT.
 AND X = 89.73 MT.

UNLESS FURTHER LIMITATIONS WERE IMPOSED, THE MINIMUM ELEVATION
 AT WHICH A SURFACE EXTENDS IS Y = .00 MT.

2.00 MT. LINE SEGMENTS DEFINE EACH TRIAL FAILURE SURFACE.

RESTRICTIONS HAVE BEEN IMPOSED UPON THE ANGLE OF INITIATION.
 THE ANGLE HAS BEEN RESTRICTED BETWEEN THE ANGLES OF -5.0 AND .0 DEG.

FOLLOWING ARE DISPLAYED THE TEN MOST CRITICAL OF THE TRIAL
 FAILURE SURFACES EXAMINED. THEY ARE ORDERED - MOST CRITICAL FIRST.

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 12 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.46	4.13
3	12.46	4.21
4	14.43	4.56
5	16.34	5.15
6	18.16	5.99
7	19.85	7.05
8	21.39	8.33
9	22.75	9.79
10	23.92	11.42
11	24.86	13.18
12	25.16	13.99

*** .729 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 12 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.46	4.13
3	12.46	4.23
4	14.43	4.60
5	16.32	5.23
6	18.12	6.12
7	19.77	7.24
8	21.26	8.58
9	22.55	10.10
10	23.63	11.79
11	24.46	13.61
12	24.54	13.86

*** .729 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 12 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.46	4.15
3	12.46	4.26
4	14.43	4.62
5	16.33	5.24
6	18.13	6.11
7	19.81	7.19
8	21.34	8.49
9	22.68	9.97
10	23.81	11.62
11	24.73	13.40
12	24.92	13.94

*** .730 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 12 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.47	4.16
3	12.46	4.26
4	14.43	4.63
5	16.33	5.24
6	18.15	6.08
7	19.84	7.15
8	21.38	8.42
9	22.75	9.88
10	23.92	11.50

11	24.87	13.26
12	25.16	13.99

*** .731 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 12 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.47	4.17
3	12.46	4.28
4	14.43	4.64
5	16.34	5.23
6	18.17	6.05
7	19.88	7.08
8	21.45	8.32
9	22.86	9.74
10	24.08	11.32
11	25.11	13.04
12	25.56	14.07

*** .732 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 12 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.47	4.20
3	12.46	4.36
4	14.42	4.77
5	16.31	5.42
6	18.10	6.32
7	19.76	7.43
8	21.26	8.75
9	22.58	10.26
10	23.70	11.91
11	24.60	13.70
12	24.66	13.89

*** .734 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 11 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.46	4.13
3	12.46	4.25
4	14.42	4.66
5	16.29	5.35
6	18.05	6.31
7	19.64	7.52
8	21.04	8.94
9	22.22	10.56
10	23.15	12.33
11	23.62	13.68

*** .734 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 12 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.47	4.21
3	12.46	4.35
4	14.43	4.73
5	16.33	5.33
6	18.15	6.16
7	19.86	7.20
8	21.44	8.43
9	22.86	9.84
10	24.10	11.40
11	25.15	13.11
12	25.60	14.08

*** .734 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 12 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.47	4.23

3	12.46	4.40
4	14.42	4.81
5	16.32	5.45
6	18.12	6.31
7	19.81	7.37
8	21.37	8.64
9	22.76	10.07
10	23.97	11.67
11	24.98	13.39
12	25.24	14.00

*** .736 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 11 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	8.47	4.30
2	10.47	4.21
3	12.46	4.39
4	14.41	4.83
5	16.29	5.53
6	18.05	6.47
7	19.68	7.63
8	21.13	9.00
9	22.40	10.55
10	23.44	12.26
11	24.11	13.78

*** .737 ***

ALLEGATO 7

--SLOPE STABILITY ANALYSIS--
 MODIFIED BISHOP METHOD OF SLICES
 IRREGULAR FAILURE SURFACES

PROBLEM DESCRIPTION MOLINO DELLE PALETTE - FRANA ATTIVA C/O CASTIGLIONE
 FINE LAVORI

Input file : PALET54

BOUNDARY COORDINATES
 16 TOP BOUNDARIES
 33 TOTAL BOUNDARIES

BOUNDARY NO.	X-LEFT (MT)	Y-LEFT (MT)	X-RIGHT (MT)	Y-RIGHT (MT)	SOIL TYPE BELOW BND
1	.00	10.33	10.60	10.33	1
2	10.60	10.33	13.54	12.83	1
3	13.54	12.83	20.89	12.83	1
4	20.89	12.83	21.73	13.30	2
5	21.73	13.30	33.66	15.69	2
6	33.66	15.69	38.12	15.77	2
7	38.12	15.77	53.46	18.06	2
8	53.46	18.06	56.62	19.80	2
9	56.62	19.80	62.80	21.20	2
10	62.80	21.20	64.86	22.46	2
11	64.86	22.46	70.36	23.64	2
12	70.36	23.64	78.95	27.42	2
13	78.95	27.42	85.98	31.03	2
14	85.98	31.03	89.73	33.54	2
15	89.73	33.54	91.79	33.90	3
16	91.79	33.90	99.18	33.87	3
17	.00	3.87	3.98	4.30	3
18	3.98	4.30	6.21	4.30	3
19	6.21	4.30	6.21	7.50	4
20	6.21	7.50	6.24	7.50	4
21	6.24	7.50	6.24	4.30	4
22	6.24	4.30	8.47	4.30	3
23	8.47	4.30	10.62	7.32	3
24	10.62	7.32	12.93	7.92	3
25	12.93	7.92	13.33	8.67	3
26	13.33	8.67	20.89	12.83	2
27	6.21	4.30	6.24	4.30	3
28	13.33	8.67	19.79	10.91	3
29	19.79	10.91	53.46	16.28	3
30	53.46	16.28	62.79	18.70	3
31	62.79	18.70	74.66	23.36	3
32	74.66	23.36	85.98	30.03	3
33	85.98	30.03	89.73	33.54	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

4 TYPE(S) OF SOIL

SOIL TYPE NO.	TOTAL UNIT WT. (T/MC)	SATURATED UNIT WT. (T/MC)	COHESION INTERCEPT (T/MQ)	FRICTION ANGLE (DEG)	PORE PRESSURE PARAMETER	PRESSURE CONSTANT (T/MQ)	PIEZOMETRIC SURFACE NO.
1	1.8	1.8	.0	34.0	.00	.0	1
2	2.0	2.0	.1	16.0	.00	.0	1
3	2.1	2.1	1.6	16.0	.00	.0	1
4	7.9	7.9	20000.0	.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

UNITWEIGHT OF WATER = 1.00

PIEZOMETRIC SURFACE NO. 1 SPECIFIED BY 13 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-WATER (MT)	Y-WATER (MT)
1	.00	10.33
2	10.60	10.33
3	16.35	10.33
4	33.66	15.69
5	38.12	15.77
6	53.46	18.06
7	62.80	21.20
8	70.36	23.64
9	78.95	27.42
10	85.98	31.03
11	89.73	33.54
12	91.79	33.90
13	99.18	33.87

A HORIZONTAL EARTHQUAKE LOADING COEFFICIENT OF .076 HAS BEEN ASSIGNED

A VERTICAL EARTHQUAKE LOADING COEFFICIENT
OF .038 HAS BEEN ASSIGNED

CAVITATION PRESSURE = .0 T/MQ

A CRITICAL FAILURE SURFACE SEARCHING METHOD, USING A RANDOM
TECHNIQUE FOR GENERATING CIRCULAR SURFACES, HAS BEEN SPECIFIED.

1000 TRIAL SURFACES HAVE BEEN GENERATED.

100 SURFACES INITIATE FROM EACH OF 10 POINTS EQUALLY SPACED
ALONG THE GROUND SURFACE BETWEEN X = .00 MT.
AND X = 10.60 MT.
EACH SURFACE TERMINATES BETWEEN X = 21.73 MT.
AND X = 70.36 MT.

UNLESS FURTHER LIMITATIONS WERE IMPOSED, THE MINIMUM ELEVATION
AT WHICH A SURFACE EXTENDS IS Y = .00 MT.

2.00 MT. LINE SEGMENTS DEFINE EACH TRIAL FAILURE SURFACE.

RESTRICTIONS HAVE BEEN IMPOSED UPON THE ANGLE OF INITIATION.
THE ANGLE HAS BEEN RESTRICTED BETWEEN THE ANGLES OF -55.0 AND .0 DEG.

FOLLOWING ARE DISPLAYED THE TEN MOST CRITICAL OF THE TRIAL
FAILURE SURFACES EXAMINED. THEY ARE ORDERED - MOST CRITICAL FIRST.

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 41 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	2.36	10.33
2	3.94	9.11
3	5.58	7.96
4	7.27	6.89
5	9.00	5.89
6	10.78	4.97
7	12.59	4.13
8	14.44	3.38
9	16.33	2.70
10	18.24	2.11
11	20.17	1.61
12	22.13	1.19
13	24.10	.86
14	26.09	.62
15	28.08	.47
16	30.08	.40
17	32.08	.43
18	34.08	.54
19	36.07	.75
20	38.05	1.04
21	40.01	1.42
22	41.95	1.89
23	43.88	2.44
24	45.77	3.08
25	47.64	3.80
26	49.47	4.60
27	51.26	5.49
28	53.01	6.45
29	54.72	7.49
30	56.38	8.61
31	57.99	9.79
32	59.54	11.05
33	61.04	12.38
34	62.48	13.77
35	63.85	15.23
36	65.16	16.74
37	66.39	18.31
38	67.56	19.94
39	68.65	21.61
40	69.67	23.34
41	69.76	23.51

*** 1.010 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 40 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	2.36	10.33
2	4.04	9.25
3	5.76	8.24
4	7.53	7.29
5	9.33	6.43
6	11.16	5.63
7	13.03	4.91
8	14.93	4.27

9	16.85	3.71
10	18.79	3.23
11	20.74	2.82
12	22.72	2.50
13	24.70	2.26
14	26.70	2.09
15	28.70	2.01
16	30.70	2.02
17	32.69	2.10
18	34.69	2.27
19	36.67	2.51
20	38.64	2.84
21	40.60	3.25
22	42.54	3.74
23	44.46	4.31
24	46.35	4.95
25	48.22	5.67
26	50.05	6.47
27	51.85	7.34
28	53.61	8.29
29	55.34	9.31
30	57.02	10.39
31	58.65	11.55
32	60.23	12.77
33	61.77	14.05
34	63.25	15.40
35	64.67	16.80
36	66.04	18.26
37	67.34	19.78
38	68.58	21.35
39	69.76	22.97
40	70.18	23.60

*** 1.015 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 39 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	7.07	10.33
2	8.58	9.03
3	10.17	7.80
4	11.81	6.66
5	13.50	5.60
6	15.25	4.63
7	17.04	3.74
8	18.88	2.95
9	20.75	2.25
10	22.66	1.64
11	24.59	1.14
12	26.55	.73
13	28.53	.41
14	30.52	.20
15	32.51	.09
16	34.51	.08
17	36.51	.17
18	38.50	.36
19	40.48	.65
20	42.44	1.04
21	44.38	1.52
22	46.30	2.11
23	48.18	2.79
24	50.02	3.56
25	51.82	4.42
26	53.58	5.38
27	55.29	6.42
28	56.94	7.54
29	58.54	8.75
30	60.07	10.04
31	61.54	11.40
32	62.93	12.83
33	64.25	14.33
34	65.50	15.90
35	66.66	17.53
36	67.74	19.21
37	68.74	20.94
38	69.64	22.73
39	70.02	23.57

*** 1.017 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 39 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	4.71	10.33

2	6.29	9.10
3	7.92	7.95
4	9.61	6.87
5	11.35	5.88
6	13.13	4.97
7	14.95	4.14
8	16.80	3.40
9	18.69	2.74
10	20.61	2.18
11	22.56	1.71
12	24.52	1.33
13	26.50	1.04
14	28.49	.84
15	30.49	.74
16	32.49	.73
17	34.48	.82
18	36.48	1.00
19	38.46	1.27
20	40.42	1.64
21	42.37	2.10
22	44.29	2.65
23	46.19	3.28
24	48.05	4.01
25	49.88	4.82
26	51.67	5.72
27	53.41	6.70
28	55.10	7.77
29	56.75	8.91
30	58.33	10.12
31	59.86	11.41
32	61.33	12.77
33	62.73	14.20
34	64.06	15.69
35	65.32	17.25
36	66.51	18.86
37	67.62	20.52
38	68.65	22.23
39	69.28	23.41

*** 1.018 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 39 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	5.89	10.33
2	7.42	9.05
3	9.02	7.84
4	10.67	6.71
5	12.37	5.67
6	14.13	4.71
7	15.93	3.84
8	17.77	3.06
9	19.65	2.37
10	21.56	1.78
11	23.50	1.28
12	25.46	.88
13	27.44	.58
14	29.42	.37
15	31.42	.27
16	33.42	.26
17	35.42	.35
18	37.41	.54
19	39.39	.83
20	41.35	1.22
21	43.29	1.70
22	45.21	2.28
23	47.09	2.95
24	48.94	3.72
25	50.74	4.58
26	52.51	5.52
27	54.22	6.55
28	55.88	7.67
29	57.48	8.86
30	59.03	10.14
31	60.50	11.48
32	61.91	12.90
33	63.25	14.39
34	64.51	15.95
35	65.69	17.56
36	66.79	19.23
37	67.81	20.95
38	68.74	22.72
39	69.03	23.36

*** 1.023 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 40 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	2.36	10.33
2	3.98	9.16
3	5.66	8.07
4	7.38	7.05
5	9.14	6.11
6	10.94	5.25
7	12.78	4.46
8	14.66	3.76
9	16.56	3.14
10	18.49	2.60
11	20.43	2.15
12	22.40	1.79
13	24.38	1.51
14	26.37	1.32
15	28.37	1.22
16	30.37	1.20
17	32.37	1.28
18	34.36	1.44
19	36.35	1.69
20	38.32	2.02
21	40.27	2.44
22	42.21	2.95
23	44.12	3.54
24	46.00	4.21
25	47.85	4.97
26	49.67	5.81
27	51.45	6.72
28	53.18	7.72
29	54.87	8.79
30	56.52	9.93
31	58.11	11.14
32	59.64	12.42
33	61.12	13.77
34	62.54	15.18
35	63.89	16.65
36	65.18	18.18
37	66.40	19.77
38	67.55	21.40
39	68.62	23.09
40	68.74	23.29

*** 1.024 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 38 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	5.89	10.33
2	7.48	9.12
3	9.12	7.98
4	10.82	6.92
5	12.57	5.95
6	14.36	5.06
7	16.19	4.26
8	18.06	3.54
9	19.96	2.92
10	21.89	2.39
11	23.84	1.95
12	25.81	1.61
13	27.80	1.36
14	29.79	1.20
15	31.79	1.15
16	33.79	1.19
17	35.78	1.32
18	37.77	1.55
19	39.74	1.88
20	41.70	2.29
21	43.63	2.81
22	45.54	3.41
23	47.41	4.11
24	49.25	4.89
25	51.05	5.76
26	52.81	6.72
27	54.52	7.76
28	56.17	8.88
29	57.77	10.08
30	59.31	11.36
31	60.79	12.71
32	62.20	14.12
33	63.55	15.61
34	64.82	17.15

35	66.01	18.76
36	67.12	20.42
37	68.16	22.13
38	68.79	23.30

*** 1.027 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 39 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	4.71	10.33
2	6.27	9.08
3	7.89	7.91
4	9.57	6.81
5	11.29	5.80
6	13.06	4.87
7	14.88	4.03
8	16.73	3.28
9	18.62	2.62
10	20.54	2.05
11	22.48	1.57
12	24.44	1.19
13	26.42	.90
14	28.41	.71
15	30.41	.62
16	32.41	.62
17	34.41	.72
18	36.40	.91
19	38.38	1.20
20	40.34	1.59
21	42.28	2.07
22	44.20	2.65
23	46.08	3.31
24	47.93	4.07
25	49.75	4.91
26	51.52	5.84
27	53.24	6.86
28	54.91	7.96
29	56.53	9.13
30	58.09	10.39
31	59.58	11.72
32	61.01	13.11
33	62.37	14.58
34	63.66	16.11
35	64.87	17.70
36	66.01	19.35
37	67.06	21.05
38	68.03	22.80
39	68.22	23.18

*** 1.030 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 39 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	2.36	10.33
2	4.02	9.21
3	5.72	8.17
4	7.47	7.20
5	9.26	6.31
6	11.09	5.49
7	12.95	4.76
8	14.84	4.10
9	16.75	3.53
10	18.69	3.04
11	20.65	2.63
12	22.62	2.30
13	24.61	2.06
14	26.60	1.91
15	28.60	1.84
16	30.60	1.86
17	32.60	1.96
18	34.59	2.15
19	36.57	2.43
20	38.54	2.78
21	40.49	3.23
22	42.42	3.75
23	44.32	4.36
24	46.20	5.05
25	48.05	5.82
26	49.86	6.67
27	51.63	7.59
28	53.37	8.59
29	55.05	9.66

30	56.69	10.81
31	58.28	12.02
32	59.82	13.30
33	61.30	14.64
34	62.72	16.05
35	64.08	17.52
36	65.38	19.04
37	66.60	20.62
38	67.76	22.25
39	68.39	23.22

*** 1.032 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 37 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	5.89	10.33
2	7.54	9.19
3	9.23	8.13
4	10.98	7.16
5	12.76	6.26
6	14.59	5.44
7	16.45	4.71
8	18.35	4.07
9	20.27	3.52
10	22.21	3.05
11	24.18	2.68
12	26.16	2.39
13	28.15	2.20
14	30.14	2.10
15	32.14	2.09
16	34.14	2.18
17	36.14	2.35
18	38.12	2.62
19	40.08	2.98
20	42.03	3.43
21	43.96	3.97
22	45.86	4.60
23	47.73	5.31
24	49.56	6.11
25	51.35	6.99
26	53.10	7.96
27	54.81	9.00
28	56.47	10.13
29	58.07	11.33
30	59.61	12.60
31	61.10	13.94
32	62.52	15.34
33	63.87	16.82
34	65.15	18.35
35	66.37	19.94
36	67.51	21.58
37	68.55	23.25

*** 1.036 ***

ALLEGATO 8

--SLOPE STABILITY ANALYSIS--
 MODIFIED BISHOP METHOD OF SLICES
 IRREGULAR FAILURE SURFACES

PROBLEM DESCRIPTION MOLINO DELLE PALETTE - FRANA QUIESCENTE C/O CA' DEL BARBE

Input file : palet15

BOUNDARY COORDINATES
 13 TOP BOUNDARIES
 21 TOTAL BOUNDARIES

BOUNDARY NO.	X-LEFT (MT)	Y-LEFT (MT)	X-RIGHT (MT)	Y-RIGHT (MT)	SOIL TYPE BELOW BND
1	.00	7.06	3.77	2.96	2
2	3.77	2.96	12.55	2.96	2
3	12.55	2.96	16.97	6.87	2
4	16.97	6.87	18.77	7.41	2
5	18.77	7.41	29.13	7.96	1
6	29.13	7.96	45.66	10.87	1
7	45.66	10.87	63.87	15.59	1
8	63.87	15.59	71.06	18.16	1
9	71.06	18.16	76.20	19.61	1
10	76.20	19.61	81.03	21.47	1
11	81.03	21.47	86.37	23.19	1
12	86.37	23.19	89.42	23.84	1
13	89.42	23.84	96.54	24.00	1
14	.00	.48	28.88	4.02	3
15	28.88	4.02	29.77	4.69	3
16	29.77	4.69	31.87	7.80	3
17	31.87	7.80	35.54	7.99	3
18	35.54	7.99	38.80	8.25	3
19	38.80	8.25	44.71	9.00	3
20	44.71	9.00	60.10	12.80	3
21	60.10	12.80	74.29	17.67	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

3 TYPE(S) OF SOIL

SOIL TYPE NO.	TOTAL UNIT WT. (T/MC)	SATURATED UNIT WT. (T/MC)	COHESION INTERCEPT (T/MQ)	FRICTION ANGLE (DEG)	PORE PRESSURE PARAMETER	PRESSURE CONSTANT (T/MQ)	PIEZOMETRIC SURFACE NO.
1	2.0	2.0	.08	16.0	.00	.0	1
2	1.8	1.8	.0	34.0	.00	.0	1
3	2.1	2.1	1.6	16.0	.00	.0	1

A CRITICAL FAILURE SURFACE SEARCHING METHOD, USING A RANDOM TECHNIQUE FOR GENERATING CIRCULAR SURFACES, HAS BEEN SPECIFIED.

1000 TRIAL SURFACES HAVE BEEN GENERATED.

100 SURFACES INITIATE FROM EACH OF 10 POINTS EQUALLY SPACED

ALONG THE GROUND SURFACE BETWEEN X = 12.55 MT.

AND X = 26.39 MT.

EACH SURFACE TERMINATES BETWEEN X = 29.13 MT.

AND X = 90.44 MT.

UNLESS FURTHER LIMITATIONS WERE IMPOSED, THE MINIMUM ELEVATION AT WHICH A SURFACE EXTENDS IS Y = .00 MT.

2.00 MT. LINE SEGMENTS DEFINE EACH TRIAL FAILURE SURFACE.

RESTRICTIONS HAVE BEEN IMPOSED UPON THE ANGLE OF INITIATION.

THE ANGLE HAS BEEN RESTRICTED BETWEEN THE ANGLES OF -5.0 AND .0 DEG.

FOLLOWING ARE DISPLAYED THE TEN MOST CRITICAL OF THE TRIAL FAILURE SURFACES EXAMINED. THEY ARE ORDERED - MOST CRITICAL FIRST.

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 29 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	23.31	7.65
2	25.31	7.64
3	27.31	7.66
4	29.31	7.72
5	31.31	7.81
6	33.31	7.93
7	35.30	8.09
8	37.29	8.29
9	39.28	8.52
10	41.26	8.78
11	43.24	9.08
12	45.21	9.42
13	47.18	9.79

14	49.13	10.19
15	51.09	10.63
16	53.03	11.10
17	54.97	11.60
18	56.89	12.14
19	58.81	12.72
20	60.71	13.32
21	62.61	13.96
22	64.49	14.63
23	66.36	15.34
24	68.22	16.07
25	70.07	16.84
26	71.90	17.65
27	73.72	18.48
28	75.52	19.35
29	75.86	19.51

*** 1.346 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 30 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	21.78	7.57
2	23.78	7.56
3	25.78	7.58
4	27.78	7.64
5	29.77	7.73
6	31.77	7.85
7	33.76	8.00
8	35.76	8.19
9	37.74	8.41
10	39.73	8.66
11	41.71	8.94
12	43.68	9.25
13	45.65	9.60
14	47.62	9.98
15	49.57	10.39
16	51.52	10.83
17	53.47	11.31
18	55.40	11.81
19	57.33	12.35
20	59.25	12.92
21	61.16	13.52
22	63.05	14.15
23	64.94	14.81
24	66.82	15.50
25	68.68	16.22
26	70.54	16.97
27	72.38	17.76
28	74.20	18.57
29	76.02	19.41
30	77.34	20.05

*** 1.355 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 25 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	26.39	7.81
2	28.39	7.80
3	30.39	7.83
4	32.39	7.90
5	34.39	8.02
6	36.38	8.17
7	38.37	8.37
8	40.36	8.61
9	42.34	8.89
10	44.31	9.21
11	46.28	9.57
12	48.23	9.98
13	50.18	10.43
14	52.12	10.91
15	54.05	11.44
16	55.97	12.01
17	57.88	12.62
18	59.77	13.27
19	61.65	13.95
20	63.51	14.68
21	65.36	15.45
22	67.19	16.25
23	69.00	17.10
24	70.80	17.98
25	71.26	18.22

*** 1.413 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 27 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	23.31	7.65
2	25.31	7.63
3	27.31	7.65
4	29.31	7.71
5	31.31	7.80
6	33.31	7.93
7	35.30	8.10
8	37.29	8.31
9	39.28	8.55
10	41.26	8.83
11	43.23	9.14
12	45.20	9.49
13	47.16	9.88
14	49.12	10.31
15	51.06	10.77
16	53.00	11.27
17	54.93	11.80
18	56.84	12.37
19	58.75	12.97
20	60.64	13.61
21	62.53	14.29
22	64.40	15.00
23	66.25	15.74
24	68.10	16.52
25	69.92	17.34
26	71.73	18.18
27	72.54	18.58

*** 1.430 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 25 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	24.85	7.73
2	26.85	7.72
3	28.85	7.75
4	30.85	7.82
5	32.85	7.93
6	34.84	8.07
7	36.83	8.26
8	38.82	8.49
9	40.80	8.75
10	42.78	9.06
11	44.75	9.40
12	46.71	9.78
13	48.67	10.21
14	50.61	10.67
15	52.55	11.17
16	54.48	11.70
17	56.39	12.28
18	58.30	12.89
19	60.19	13.54
20	62.07	14.23
21	63.93	14.96
22	65.78	15.72
23	67.61	16.52
24	69.43	17.36
25	71.14	18.18

*** 1.450 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 29 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	20.24	7.49
2	22.24	7.47
3	24.24	7.48
4	26.24	7.53
5	28.24	7.61
6	30.23	7.72
7	32.23	7.87
8	34.22	8.05
9	36.21	8.26
10	38.19	8.51
11	40.17	8.79
12	42.15	9.10
13	44.12	9.45
14	46.08	9.83

15	48.04	10.24
16	49.99	10.69
17	51.93	11.16
18	53.87	11.67
19	55.79	12.22
20	57.71	12.79
21	59.61	13.40
22	61.51	14.03
23	63.39	14.70
24	65.27	15.40
25	67.13	16.14
26	68.98	16.90
27	70.81	17.69
28	72.63	18.52
29	73.07	18.73

*** 1.483 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 26 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	23.31	7.65
2	25.31	7.64
3	27.31	7.67
4	29.31	7.73
5	31.31	7.83
6	33.31	7.97
7	35.30	8.15
8	37.29	8.36
9	39.27	8.62
10	41.25	8.90
11	43.22	9.23
12	45.19	9.60
13	47.15	10.00
14	49.10	10.43
15	51.04	10.91
16	52.98	11.42
17	54.90	11.97
18	56.81	12.55
19	58.72	13.17
20	60.60	13.83
21	62.48	14.52
22	64.34	15.24
23	66.19	16.00
24	68.03	16.80
25	69.85	17.63
26	70.63	18.01

*** 1.498 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 10 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	12.55	2.96
2	14.55	2.95
3	16.55	3.09
4	18.52	3.38
5	20.48	3.82
6	22.39	4.39
7	24.26	5.11
8	26.07	5.96
9	27.81	6.94
10	29.40	8.01

*** 1.625 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 33 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	18.70	7.39
2	20.70	7.35
3	22.70	7.33
4	24.70	7.35
5	26.70	7.40
6	28.70	7.48
7	30.70	7.60
8	32.69	7.74
9	34.68	7.92
10	36.67	8.12
11	38.66	8.36
12	40.64	8.63
13	42.62	8.93
14	44.59	9.26

15	46.56	9.62
16	48.52	10.02
17	50.47	10.44
18	52.42	10.90
19	54.36	11.38
20	56.29	11.90
21	58.22	12.44
22	60.13	13.02
23	62.04	13.63
24	63.93	14.26
25	65.82	14.93
26	67.69	15.63
27	69.56	16.35
28	71.41	17.11
29	73.25	17.89
30	75.08	18.70
31	76.89	19.54
32	78.69	20.41
33	80.06	21.10

*** 1.650 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 11 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (MT)	Y-SURF (MT)
1	12.55	2.96
2	14.54	2.80
3	16.54	2.83
4	18.53	3.04
5	20.49	3.43
6	22.41	4.00
7	24.27	4.74
8	26.05	5.65
9	27.74	6.73
10	29.32	7.95
11	29.38	8.00

*** 1.657 ***