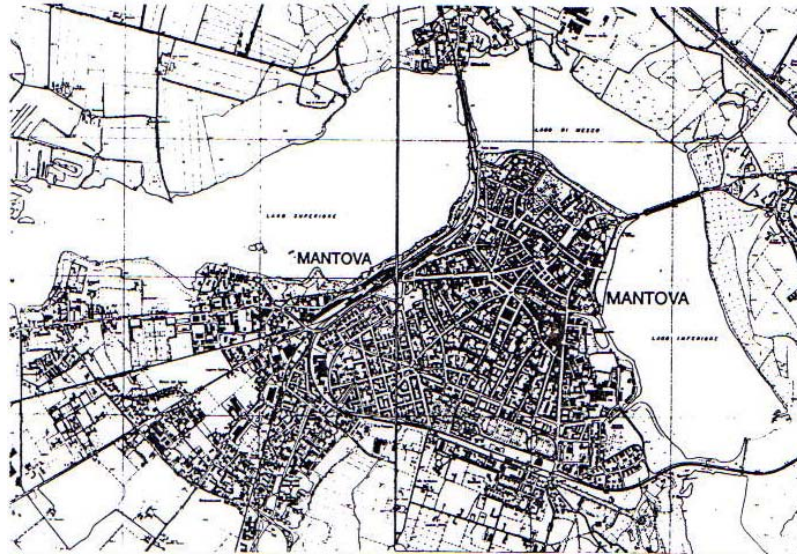




ATLANTIDE STUDIO **DI DOTT. GIORGIO LA MARCA**

CONSULENZE GEOLOGICHE E AMBIENTALI

Via Circonvallazione, 15 - 46040 Gazoldo degli Ippoliti (MN)
tel./fax: 0376 657806



STUDIO GEOLOGICO-TECNICO

(ai sensi della L.R. n. 12 dell'11 marzo 2005 e della D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008)

PARTE QUARTA - RELAZIONE SPECIALISTICA DI ANALISI SISMICA

Il Committente:



COMUNE DI MANTOVA
DIREZIONE SVILUPPO DEL TERRITORIO E TUTELA DELL'AMBIENTE
Via Roma, 39
46100 Mantova

Il Tecnico:

Elaborato approvato con D.C.C. n° 60 del 21/11/2012

Novembre 2012

Atlantide Studio di Dott. Giorgio La Marca

Comune di Mantova

**INDAGINE GEOFISICA FINALIZZATA AGLI
STUDI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA
PER LA RISPOSTA LOCALE**



Febbraio 2007

CIS GEOFISICA s.r.l.

Sede legale: Via Gorizia, 25/a – 21016 Luino (Va)
Tel +39 033- 530343 - Cell. +39 348-2531683 - Fax 02-700520970

Sede operativa di Piacenza Via Borghetto 80 29100
Tel +39 0523-385447 - Cell. +39 348-8949828 - Fax 02-700516377

email: info@cis-geofisica.it

www.cis-geofisica.it

INDICE

1 – PREMESSA	2
2 – INDAGINI EFFETTUATE.....	2
3 – INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE SISMICA - (basate sulla propagazione di onde rifratte SH)	3
3.1 – ELABORAZIONE TOMOGRAFICA DEI DATI	5
4 – RISULTATI	7

ALLEGATI

1/a e 1/b	Ubicazione delle indagini
2/a – b – c – d	Sezioni sismiche interpretate

1 – PREMESSA

I giorni 26 gennaio e 2 febbraio 2007, sono state eseguite delle indagini geofisiche a Mantova, per conto e su incarico di Atlantide Studio del Dott. Giorgio La Marca

Lo scopo di queste indagini era valutare la risposta sismica del suolo oggetto di studio, ai fini di una corretta microzonazione sismica locale. Le indagini geofisiche realizzate si sono avvalse di prove di caratterizzazione basate sulla propagazione di onde sismiche rifratte P ed SH.

Gli andamenti rilevati sono visibili sugli elaborati grafici allegati.

Nella presente relazione vengono riportati i risultati ottenuti dalle indagini eseguite.

2 – INDAGINI EFFETTUATE

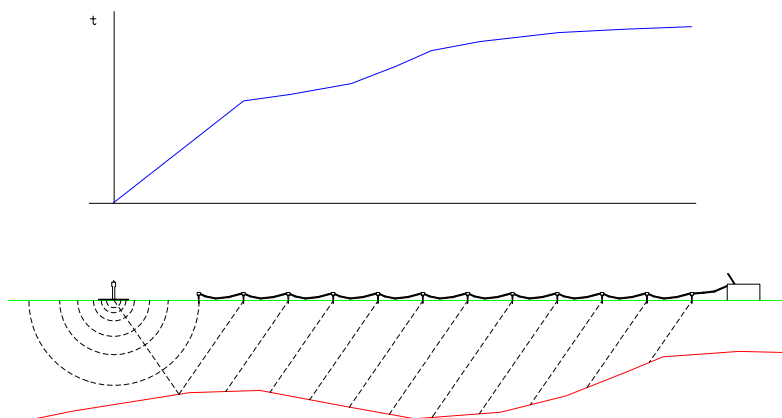
L'ubicazione delle indagini eseguite è legata alle caratteristiche dell'intervento in progetto ed è riportata in scala 1 : 50.000 nell'allegato 1/a di inquadramento e in scala 1 : 10.000 nell'allegato 1/b.

Di seguito il dettaglio delle prove:

Nome sezione	lunghezza (m)	passo geofonico	nr. Geofoni
Base 1 – Porto di Valdaro	110	10	12V + 12H
Base 2 – Quartiere Te Brunetti	110	10	12V + 12H
Base 3 – Castello di San Giorgio	110	10	12V + 12H
Base 4 – Zona Industriale	110	10	12V + 12H

3 – INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE SISMICA - (basate sulla propagazione di onde rifratte P e SH)

Queste indagini geosismiche hanno lo scopo di caratterizzare in modo dinamico, tramite la misura delle velocità di propagazione delle onde di taglio (V_{sh}), i litotipi presenti nell'area d'interesse e definirne la geometria di sviluppo nel sottosuolo.



Tale metodologia trova il miglior campo di applicazione per profondità di studio inferiori ai 30-40 metri da p.c. E' necessario che il volume di terreno sia caratterizzato da valori di velocità di V_p e V_s progressivamente crescenti con la profondità, infatti, come è noto, il principale limite di tale metodologia è rappresentato dal non poter distinguere ed individuare strati con velocità, delle onde P e SH, minori, sottostanti a strati con velocità più elevate.

L'indagine consiste nel creare delle onde sismiche artificiali sulla superficie del terreno da investigare e registrare le vibrazioni prodotte a distanze note e prestabilite mediante geofoni a prevalente componente verticale ed orizzontale.

E' importante precisare che le onde SH dirette e rifratte costituiscono sempre il primo arrivo rispetto alle onde superficiali (onde di Love) e che per brevi stendimenti risultano sufficientemente forti da poter essere registrate. Inoltre con questo tipo di metodologia di studio non esistono le limitazioni connesse con l'orizzontalità degli strati proprie delle tecniche utilizzando le onde superficiali.

Il sistema sorgente utilizzato è in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali sia di tipo V_p che V_{sh} .

Per la ricezione dei segnali sono stati utilizzati: per le onde P dei geofoni verticali a frequenza propria di 10 Hz e per le onde Sh geofoni orizzontali a frequenza propria di 4,5 Hz.

La strumentazione geosismica utilizzata comprende:

- Sismografo Bison 9024 (DIFP) che consente la rappresentazione degli impulsi sismici mediante stampa su carta termica e visualizzazione su PC tramite un apposito programma; le prime onde rifratte vengono registrate simultaneamente su 12 o 24 geofoni e risulta possibile sommare fra loro successivi impulsi sismici migliorando il rapporto fra segnale e rumore;



Sismografo Bison 9024 DIFP

- geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno, e relativo cavo di collegamento a 24 fili;



Geofono elettromagnetico

- Minibang, mazza come sorgente di energia

3.1 – ELABORAZIONE TOMOGRAFICA DEI DATI

La procedura di elaborazione è sinteticamente descrivibile nei passi seguenti.

- Trasferimento dei sismogrammi al programma di prelevamento dei tempi di primo arrivo.
- Emissione delle dromocrone misurate sia in forma grafica che in forma leggibile dal programma di elaborazione tradizionale, basato su l'algoritmo GRM (Generalized Reciprocal Method).
- Immissione dei valori delle quote dei geofoni e degli spari nel programma di interpretazione GRM e lettura delle dromocrone misurate.
- Elaborazione dei dati e interpretazione tradizionale.
- Emissione delle sezioni interpretate, riportanti le interfacce fra strati di diversa velocità sismica e i valori stessi di velocità. Si noti che le velocità sismiche attribuite a ciascuno strato, sono caratterizzate da un gradiente nullo in direzione verticale (sono costanti in verticale per ciascuno strato) . Vi è una utile possibilità di modellizzare, con la procedura GRM, delle variazioni orizzontali di velocità che comunque risultano discrete e non continue.
- Emissione di un file riportante l'ubicazione e la quota di ciascun punto di sparo e di ciascun geofono, leggibile dal programma di iterazione tomografica e di ray-tracing (tracciamento dei percorsi dei raggi sismici).
- Emissione del modello bidimensionale del terreno ricavato dalla procedura GRM sotto forma di una matrice a celle di dimensione definibile (inferiori al metro), adatta ad essere letta dal programma di ray-tracing e di elaborazione tomografica. L'interpretazione GRM viene quindi a fornire il modello iniziale delle velocità del terreno, necessario ad attivare le iterazioni del completo modello matematico bidimensionale (modellizzazione tomografica) che verrà applicato nelle successive fasi di interpretazione. Il terreno viene quindi suddiviso in celle di dimensione minima, ciascuna dotata di una diversa velocità sismica e ciascuna pronta a venir modificata dalla procedura di iterazione tomografica allo scopo di ridurre al minimo l'errore fra le dromocrone calcolate in base al modello teorico del terreno e quelle effettivamente misurate durante la prospezione.
- Il file contenente le ubicazioni e le quote dei punti di energizzazione e di ognuno dei sensori viene letto dal programma tomografico assieme al file contenente la matrice di velocità e la procedura di ray-tracing e di controllo viene attivata.
- Per prima cosa viene controllata la correttezza delle ubicazioni dei sensori e degli spari, quindi vengono visionati i percorsi dei raggi sismici e valutato il primo "fitting" con i dati misurati, questo allo scopo di iniziare la procedura tomografica senza la presenza di errori sistematici previamente correggibili.
- Lo scopo della procedura iterativa tomografica è quello di ridurre l'errore fra i tempi delle dromocrone calcolate in base al modello rispetto a quelle effettivamente misurate. Questo avviene per approssimazioni successive (iterazioni) controllate dall'operatore, al quale è possibile intervenire nella scelta di molti coefficienti che influenzano il calcolo, come anche nella scelta della procedura stessa che viene utilizzata per realizzare la minimizzazione

- degli errori.
- Il risultato finale sarà una matrice rappresentativa del terreno indagato costituita da celle ciascuna caratterizzata da una velocità sismica e tale complessivamente da presentare un errore minimo se utilizzata nella procedura di tracciamento dei raggi sismici.
 - Questa matrice viene visualizzata tramite un opportuno programma di contouring utilizzando, se ritenuto necessario, diversi colori per diverse velocità.

4 – RISULTATI

I risultati ottenuti sono dettagliatamente illustrati negli allegati grafici da 2/a a 2/d.

Dall'analisi delle sezioni tomografiche elaborate in onde S sono stati ricavati gli andamenti principali delle unità geosismiche che caratterizzano il sottosuolo indagato.

Tali unità presentano valori di velocità prevalentemente comprese tra 100 e 1000 m/s.

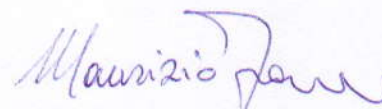
In ognuna delle 4 sezioni vengono distinte tre unità geosismiche differenti che costituiscono il modello geofisico proposto. Partendo dal piano campagna e scendendo fino alla massima profondità stimata può essere così descritto:

- **prima unità geosismica superficiale:** si trova al di sopra di una linea tratteggiata di colore rosso. Tale unità è attribuibile alla possibile presenza di materiali coesivi poco consolidati caratterizzati da basse velocità sismiche in onde S (inferiori ai 300 m/s).
- **seconda unità geosismica:** è compresa tra la linea rossa e quella blu, è caratterizzata da velocità sismiche che dai 300 m/s raggiungono gli 800 m/s. Questa unità è attribuibile a possibili depositi sciolti o coesivi consolidati.
- **terza unità geosismica:** sotto la linea tratteggiata blu, è caratterizzata da velocità sismiche superiori agli 800 m/s con ulteriori incrementi all'aumentare della profondità dovuti ad un generale aumento del carico litostatico. Questa unità è attribuibile al possibile bed rock sismico che, presumibilmente, dovrebbe essere costituito da materiali sciolti o coesivi molto consolidati che possono venire associati al deposito sismico rigido di base .

Gli allegati grafici evidenziano che il bed rock sismico (velocità delle onde sismiche S >800 m/s), nei siti d'indagine delle stese uno e tre, risulta molto profondo, oltre la profondità di normale investigazione. La visualizzazione grafica delle velocità, insieme all'incremento delle tonalità dei retini, permette di adempiere alle valutazioni richieste dalla normativa vigente.

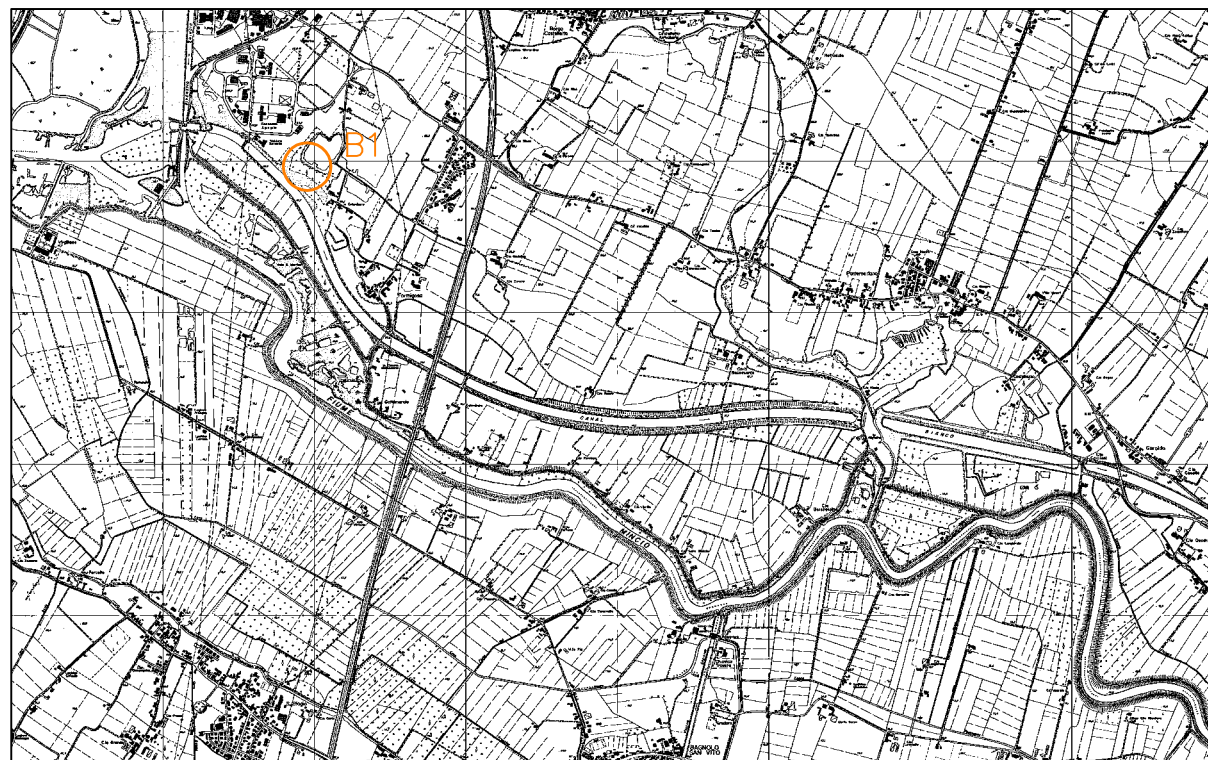
Merita essere ricordato che i parametri ricavati per via dinamica hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche in laboratorio proprio per il diverso campo di sollecitazione applicata e la diversa deformazione raggiunta.

Per CIS Geofisica s.r.l.
Dott Maurizio Zanini


CIS Geofisica s.r.l.



sezione E7C4 "Mantova"



sezione E7D5 "Bagnolo S.Vito Nord"

○ ubicazione delle aree di indagine

Scala 1 : 50.000

INDAGINE GEOFISICA

Comune di Mantova

Microzonazione sismica

UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Atlantide Studio di Dott. Giorgio la Marca

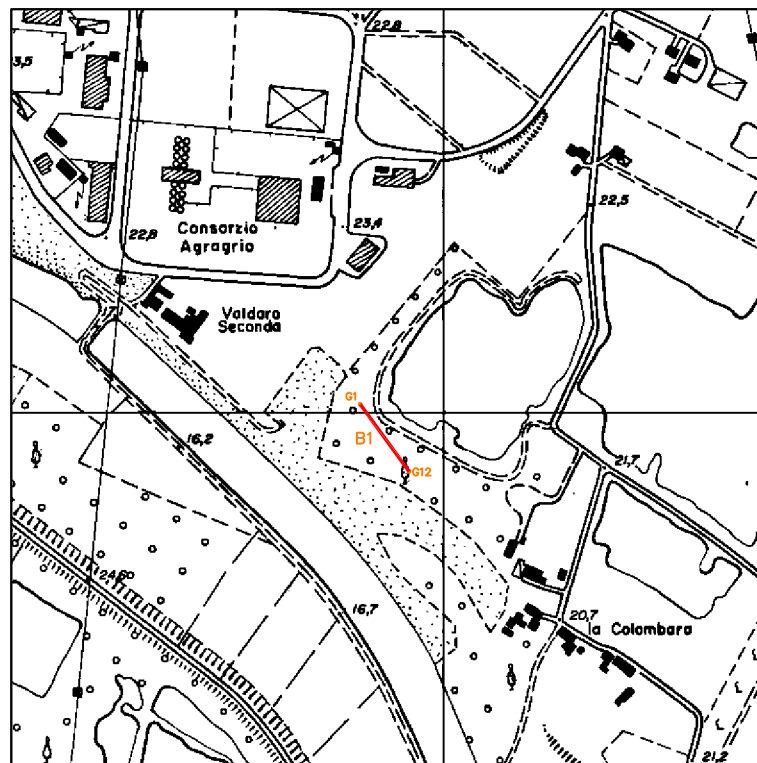
Allegato 1/a

Febbraio 2007



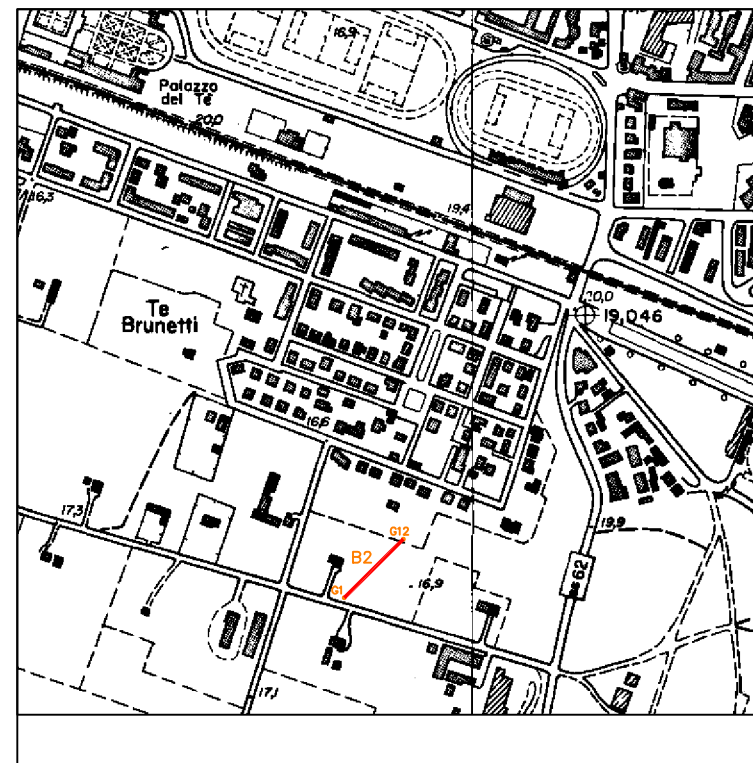
CIS GEOFISICA SERVIZI DI GEOFISICA APPLICATA

B1 Porto di Valdaro



estratto sezione E7D5 "Bagnolo S.Vito Nord"

B2 Quartiere Te Brunetti



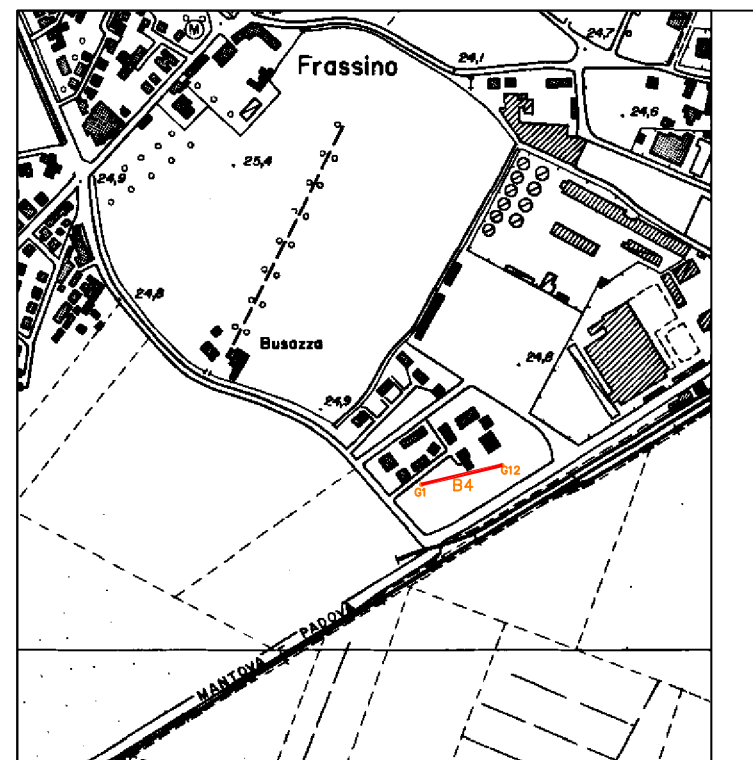
estratto sezione E7C4 "Mantova"

B3 Castello di San Giorgio



estratto sezione E7C4 "Mantova"

B4 Zona industriale



estratto sezione E7C4 "Mantova"

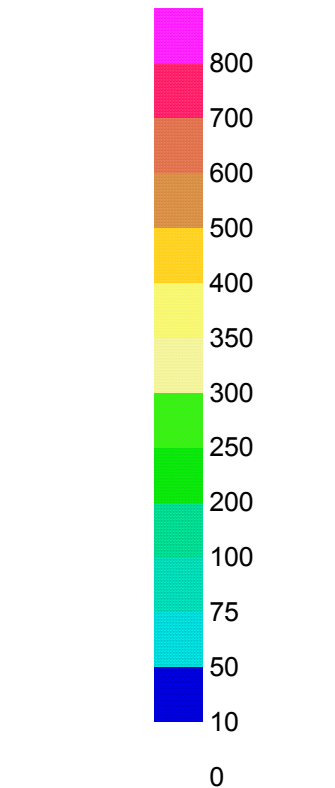
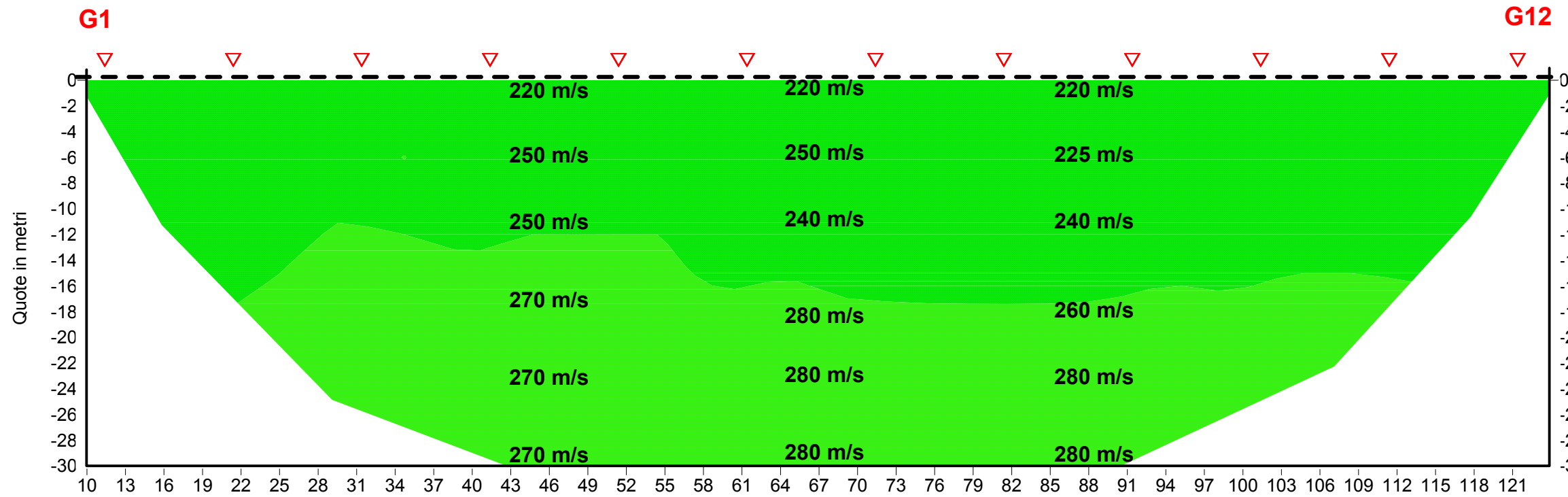
- G1 Orientamento dei geofoni
- Traccia della sezione sismica

Scala 1 : 10.000

INDAGINE GEOFISICA		
Comune di Mantova		
Microzonazione sismica		
UBICAZIONE DELLE INDAGINI		
Atlantide Studio di Dott. Giorgio la Marca		
	Allegato 1/b	Febbraio 2007
CIS GEOFISICA SERVIZI DI GEOFISICA APPLICATA		

Elaborazione tomografica in onde S

Velocità sismiche misurate



LEGENDA

- Superficie topografica
- Prima unità geosismica: deposito non consolidato
- Seconda unità geosismica: deposito più consolidato
- Terza unità geosismica: bedrock sismico calcolato
- Posizione geofoni (G1, G12)

INDAGINE GEOFISICA

Comune di Mantova

Microzonazione sismica

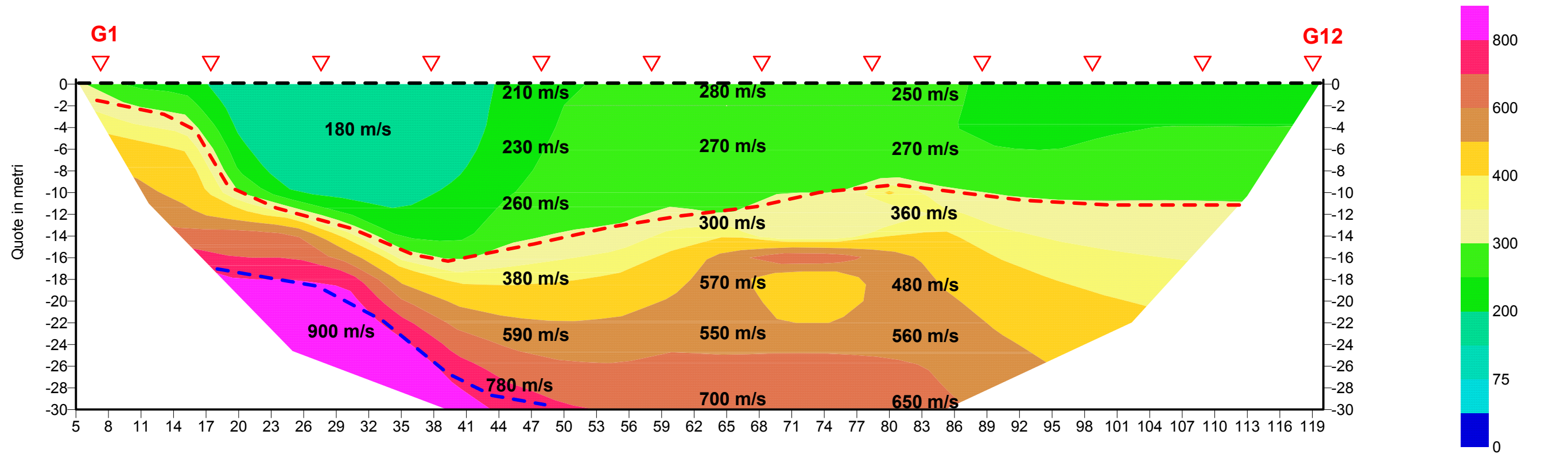
Atlantide Studio di Dott. Giorgio La Marca

Interpretazione sismica base 1
Porto di Valdaro

All.2/a Febbraio 2007 CIS Geofisica s.r.l.

Elaborazione tomografica in onde S

Velocità sismiche misurate



Scala delle velocità sismiche ONDE S in m/s

LEGENDA

G1 G12
Posizione geofoni

Superficie topografica

Prima unità geosismica: deposito non consolidato

Seconda unità geosismica: deposito più consolidato

Terza unità geosismica bedrock sismico calcolato

INDAGINE GEOFISICA

Comune di Mantova

Microzonazione sismica

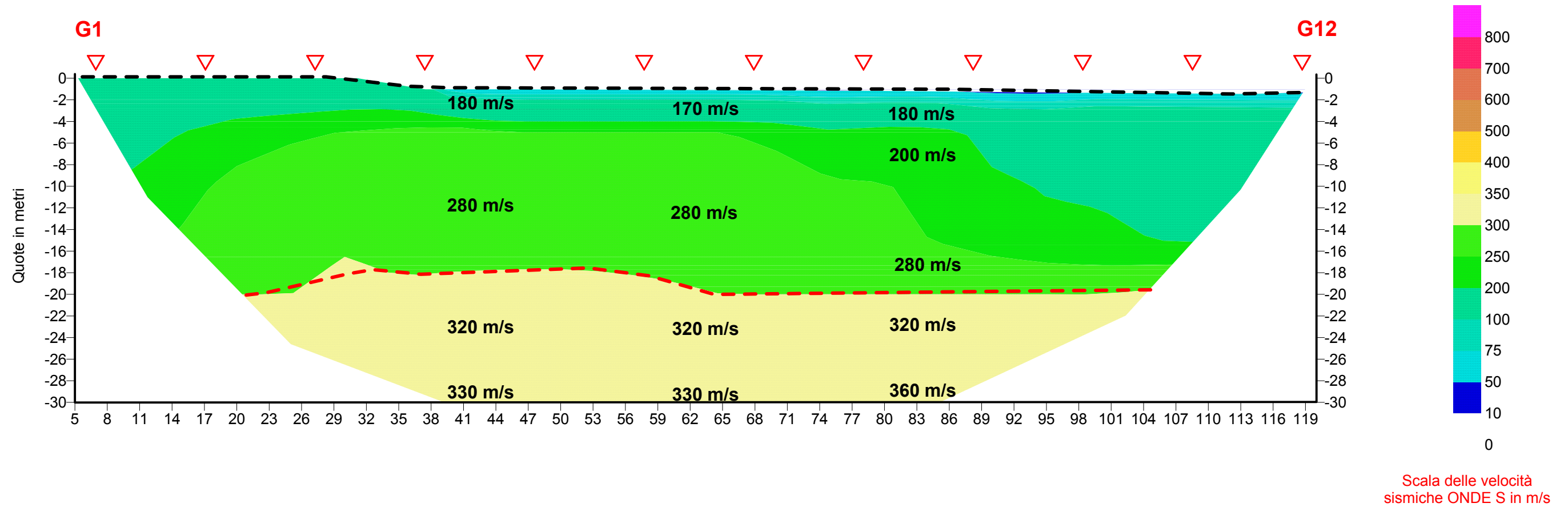
Atlantide Studio di Dott. Giorgio La Marca

Interpretazione sismica base 2
Quartiere Te Brunetti

All.2/b Febbraio 2007  CIS Geofisica s.r.l.

Elaborazione tomografica in onde S

Velocità sismiche misurate



LEGENDA

G1 G12
Posizione geofoni

Superficie topografica

Prima unità geosismica: deposito non consolidato

Seconda unità geosismica: deposito più consolidato

Terza unità geosismica bedrock sismico calcolato

INDAGINE GEOFISICA

Comune di Mantova

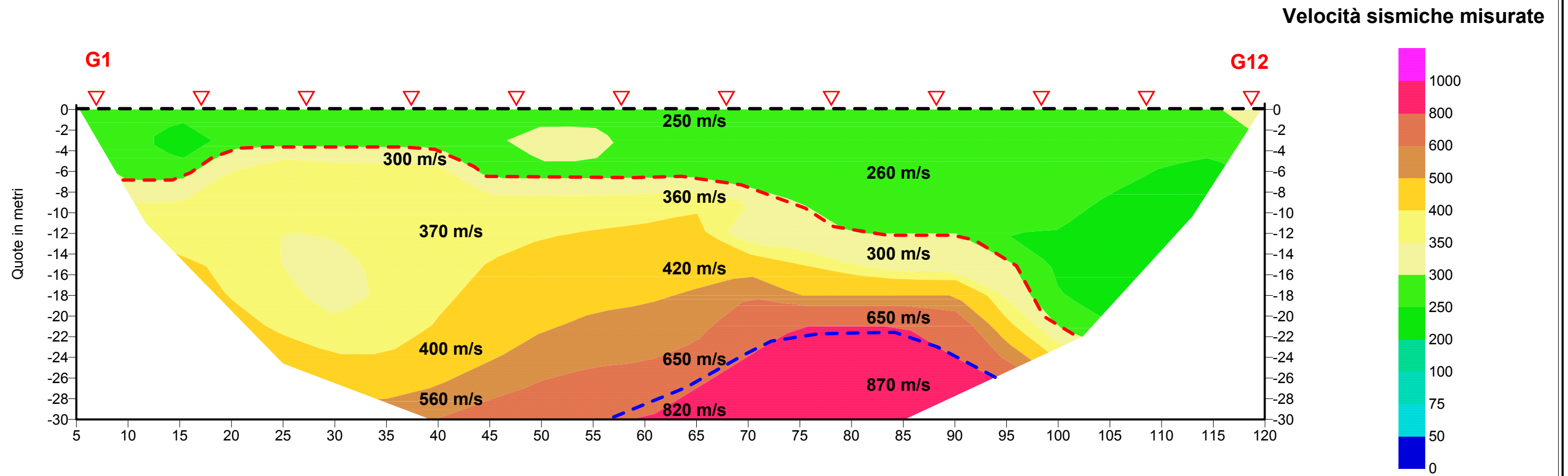
Microzonazione sismica

Atlantide Studio di Dott. Giorgio La Marca

**Interpretazione sismica base 3
Castello di San Giorgio**

All.2/c Febbraio 2007  CIS Geofisica s.r.l.

Elaborazione tomografica in onde S



LEGENDA

G1 G12
Posizione geofoni

Superficie topografica

Prima unità geosismica: deposito non consolidato

Seconda unità geosismica: deposito più consolidato

Terza unità geosismica bedrock sismico calcolato

INDAGINE GEOFISICA

Comune di Mantova

Microzonazione sismica

Atlantide Studio di Dott. Giorgio La Marca

**Interpretazione sismica base 4
Zona Industriale**

All.2/d Febbraio 2007  CIS Geofisica s.r.l.