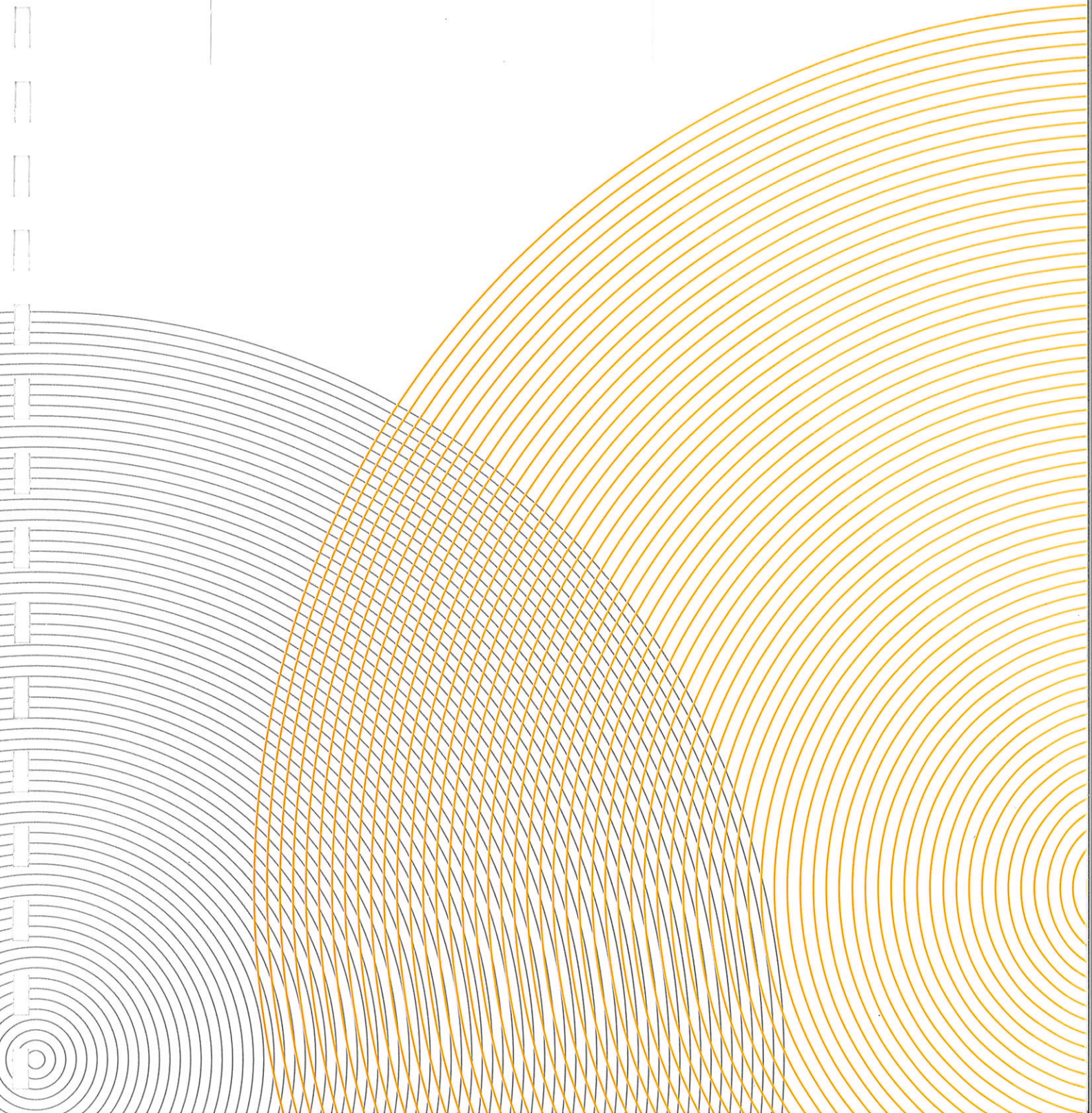




CTG
Italcementi Group

Impianto idroelettrico di Cimò di Breno
DIGA DI CASSIGLIO
ALLEGATO 7
Indagini geofisiche con metodi sonici



Impianto idroelettrico di Olmo al Brembo
DIGA DI CASSIGLIO
ALLEGATO 7
Indagini geofisiche con metodi sonici

Marco Pegoraro



A circular blue ink seal of the Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bergamo. The seal contains the text: "ORDINE DEGLI INGEGNERI", "DOTTORE INGEGNERE MARCO PEGORARO", and "ALBO N° 1782".



ISMES spa
viale G. Cesare 29 - 24100 Bergamo
tel. 035/358111 - tlx 301249 ISMES I - fax 035/211191

DIGA DI CASSIGLIO

INDAGINI GEOFISICHE CON
METODI SONICI

Prog. ASP 4019; Doc. RAT-DGF-018

Copia n. 3

documento di 15 pagine

		<i>Bettolo</i>	<i>Brandolini</i>	<i>Carabelli</i>		<i>Bavestrello</i>	<i>Riccioni</i>
CO.	14/06/88	BETTOLO	BRANDOLINI	CARABELLI		BAVESTRELLO	RICCIONI
rev.	data	redatto	verificato	approvato		resp.	dir.
Unita' emittente					Autorizzazioni		



INDICE

1. PREMESSA	3
2. TECNICHE DI MISURA	4
2.1 Misure di carotaggio sonico in perforazioni	4
2.2 Misure di tomografia sonica	7
3. RISULTATI DELLE MISURE	10
3.1 Misure di carotaggio sonico	10
3.2 Misure di tomografia sonica	11
3.3 Misure clinometriche	12
4. CONCLUSIONI	13



DIGA DI CASSIGLIO
INDAGINI GEOFISICHE CON
METODI SONICI

Prog
Doc

ASP 4019
RAT-DGF-018
Rev 00

pag. 3

1. PREMESSA

Per incarico dell'Italcementi di Bergamo la Divisione Geofisica dell'ISMES ha eseguito una serie di indagini con l'impiego di metodi sonici sulla diga di Cassiglio (BG).

Le indagini sono state effettuate a piu' riprese nel periodo compreso tra il 19/11 ed il 14/12/1987. Scopo delle misure e' stato quello di valutare le caratteristiche elastiche e lo stato del calcestruzzo e della roccia di fondazione.

Sono state indagate con misure di carotaggio sonico due perforazioni, una verticale e l'altra inclinata verso valle situate in una sezione mediana della diga. Sono state inoltre eseguite misure di tomografia sonica tra foro inclinato e foro verticale e tra questi ed il paramento di valle.

2. TECNICHE DI MISURA

I metodi sonici vengono impiegati nel campo dell'ingegneria civile per controlli non distruttivi in indagini su strutture. Le caratteristiche di propagazione delle onde soniche sono infatti funzione sia delle proprietà elastiche che dello stato di integrità del mezzo attraversato.

Nel caso in esame le indagini soniche sono state eseguite utilizzando la tecnica del carotaggio sonico e quella della tomografia sonica.

Le differenze fra le 2 tecniche riguardano le modalità esecutive, la lunghezza dei percorsi di misura ed il loro potere di risoluzione.

Le misure di carotaggio sonico danno informazioni di dettaglio sulle caratteristiche del materiale nell'intorno di una perforazione, mentre il metodo della tomografia sonica fornisce informazioni sulle caratteristiche soniche del materiale su tutta la sezione indagata.

Il grado di risoluzione delle misure di tomografia dipende ovviamente dalle distanze fra i trasmettitori e i ricevitori e dal passo di misura fra i punti di trasmissione e quelli di ricezione dei segnali.

2.1 Misure di carotaggio sonico in perforazioni

Il carotaggio sonico consiste nel rilievo delle modalità di propagazione delle onde elastiche nel materiale circostante una perforazione ed è caratterizzato da un raggio di indagine di alcune decine di centimetri.

Per tali misure viene utilizzata una sonda, di progetto e costruzione ISMES, che ha un diametro di 45 mm, ed è essenzialmente costituita da un trasmettitore ed un ricevitore di impulsi sonici di tipo piezoelettrico distanziati di circa 1 m.

Il trasmettitore e il ricevitore sono isolati acusticamente tra di loro tramite l'interposizione di un materiale ad alto assorbimento delle onde acustiche. L'accoppiamento dei trasduttori con il materiale da investigare è ottenuto per mezzo dell'acqua con cui è riempito il foro di misura.



L'impulso generato dal trasmettitore, e rilevato poi dal ricevitore, si propaga nel materiale circostante il foro sotto forma di onde elastiche di diverso tipo e con diverse proprietà:

- onde longitudinali o di compressione (P)
- onde trasversali o di taglio (S)
- onde superficiali (pseudo Rayleigh, Stoneley)

Le onde P sono le più veloci e raggiungono per prime il ricevitore; conseguentemente la misura del loro tempo di percorso fra trasmettitore e ricevitore è ottenuta con buona precisione.

Le onde S raggiungono il ricevitore quando non è ancora esaurito il treno delle onde longitudinali e perciò risulta spesso difficile determinarne con precisione il tempo di percorso.

Le onde superficiali di pseudo-Rayleigh sono fasi del segnale a frequenze generalmente alte con velocità inferiore a quella delle onde trasversali; non vengono da noi prese in considerazione poiché forniscono poche informazioni sulle caratteristiche del materiale investigato.

Le onde di Stoneley (St) hanno frequenze relativamente basse, grandi ampiezze e velocità di propagazione di poco inferiore a quella delle onde dirette di pressione in acqua. Le caratteristiche di ampiezza e frequenza di queste onde sono influenzate dallo stato di fessurazione del materiale investigato e sono facilmente riflesse dalle discontinuità presenti lungo il foro. Tali onde costituiscono quindi una componente dei segnali utile ai fini dei controlli sonici.

Le misure di carotaggio sonico permettono la determinazione, a diverse profondità, del tempo di percorso delle onde P tra trasmettitore e ricevitore. La misura viene effettuata con un "interval timer" di precisione, adottando se necessario una tecnica di "averaging" del segnale rilevato per aumentare il rapporto segnale/rumore. La sonda viene spostata fra una misura e l'altra di una quantità costante (0.5 m nel nostro caso); essendo nota la distanza fra il

trasmettitore e il ricevitore si calcola quindi la velocita' delle onde P (V_p) per le diverse profondita' di misura. I risultati sono rappresentati sotto forma di diagrammi di velocita' delle onde P in funzione della profondita'. Si dispone cosi' dell'andamento di una grandezza che e' in relazione con le caratteristiche elastiche del materiale investigato.

Le caratteristiche elastiche del materiale ed il suo stato di integrita' influenzano oltre che la velocita' V_p anche l'ampiezza, la frequenza e la forma dei segnali sonici ricevuti. Per questo i segnali sono registrati analogicamente su nastro magnetico e successivamente riprodotti sotto forma di diagrafie soniche, che rappresentano la sequenza dei segnali registrati in funzione del tempo sull'asse orizzontale e della profondita' sull'asse verticale.

I segnali rappresentati nelle diagrafie soniche sono ottenuti con il metodo del "carotaggio continuo", cosi' chiamato perche' permette di avere l'andamento del segnale in funzione della profondita' in modo quasi continuo. Esso si ottiene comandando l'emissione di un impulso sonico al trasmettitore ogni 2 cm di risalita della sonda lungo il foro.

Normalmente le diagrafie sono eseguite con la rappresentazione a "densita' variabile", ottenuta riproducendo in successione i segnali registrati in campagna modulando l'intensita' del pennello luminoso di un oscillografo a fibre ottiche in funzione dell'ampiezza dei segnali registrati. Ogni segnale e' rappresentato da una traccia rettilinea con diversi gradi di grigio, dove le semionde positive del segnale sono rappresentate da tratti chiari e quelle negative da tratti scuri.

Quando le caratteristiche del materiale investigato si mantengono costanti gli arrivi del segnale sonico si susseguono in fase e sulle diagrafie danno luogo ad una alternanza regolare di strisce bianche e nere parallele all'asse delle profondita'. Se il materiale presenta invece variazioni nella velocita' di propagazione delle onde cio' e' evidenziato da inflessioni delle strisce. Un andamento confuso delle strisce o la loro scomparsa e' indice di attenuazione o scomparsa del segnale stesso conseguente ad un maggior assorbimento sonico nel materiale, causato spesso da zone degradate.

Caratteristici allineamenti inclinati rispetto all'asse dei tempi rappresentano riflessioni delle onde di Stoneley, e talvolta anche delle onde S, provocate da fessurazioni nel materiale investigato.

2.2 Misure di tomografia sonica

La tomografia sonica consiste nell'esecuzione di un elevato numero di misure del tempo di propagazione delle onde soniche (onde P) lungo percorsi variamente inclinati ed incrociantisi piu' volte. Scopo di questa fitta rete di misure e' quello di ottenere la distribuzione della velocita' sonica (campo di velocita') nelle sezioni piane da essa interessata. Il campo di velocità viene ricavato per mezzo di procedimenti di calcolo analoghi a quelli utilizzati nella diagnosi medica con la tecnica della T.A.C. (Tomografia Assiale Computerizzata), che utilizza i raggi X e ne calcola il campo di attenuazione.

Per le misure di tomografia sonica vengono generalmente utilizzati un generatore a scintilla (sparker) od un trasduttore piezoelettrico, dei ricevitori accelerometrici fissati su vari punti del paramento di valle ed un idrofono piezoelettrico per le misure tra fori.

Lo sparker, di costruzione ISMES, sfrutta per il suo funzionamento l'energia esplosiva generata da una scarica elettrica in una soluzione satura di cloruro di sodio in acqua.

Tale trasduttore e' costituito da un cilindro metallico del diametro di 45 mm e lungo circa 1 m, che costituisce sia il contenitore della soluzione salina che l'elettrodo negativo del sistema; internamente ad esso e' situato l'elettrodo positivo costituito da una punta di acciaio isolata dal contenitore. Ai due elettrodi, tramite un alimentatore, viene inviata una scarica di corrente ad alta tensione (circa 3500 Volt) che genera una piccola esplosione. Viene creata cosi' un'onda di pressione che si propaga attraverso il materiale da indagare e viene rilevata dal ricevitore.

Il trasmettitore piezoelettrico impiegato e' basato sullo stesso principio di funzionamento del trasmettitore della sonda sonica, ma e' dotato di maggior

potenza in modo che i segnali da esso generati siano rilevabili fino ad una distanza di una decina di metri.

I ricevitori sul paramento di valle, costituiti da accelerometri preamplificati di costruzione ISMES, sono stati fissati manualmente per mezzo di viti ad espansione infisse in fori eseguiti con un trapano.

Per l'esecuzione di questi fori, il fissaggio degli strumenti e lo stendimento dei cavi di collegamento sono stati impiegati due rocciatori abilitati all'esercizio della professione di Guida Alpina.

Le misure sono state eseguite spostando il trasmettitore, fra una misura e l'altra, lungo un foro, mentre il ricevitore era mantenuto fisso sul paramento di valle o nell'altro foro in posizione prefissate, in modo da ottenere una serie di ventagli di percorsi.

L'apertura angolare massima di tali ventagli di misure e' stata mantenuta, ove possibile, di circa 60°. La distanza fra due successivi punti di trasmissione o ricezione e' stata fissata in 0.5 m per la parte alta della diga e in 1.0 m per la zona inferiore. Il tempo di percorso tra l'istante di generazione e quello di ricezione delle onde P viene misurato con strumentazione analoga a quella utilizzata per il carotaggio sonico.

Per la determinazione del campo di velocita' nelle sezioni indagate viene utilizzato un programma di calcolo messo a punto dall'ISMES. Tale programma partendo da un modello iniziale ricostruisce iterativamente il campo di velocita', con un procedimento S.I.R.T. (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique), riducendo progressivamente lo scarto fra i tempi misurati lungo i diversi percorsi ed i tempi calcolati considerando il campo di velocita' del modello determinato ad ogni iterazione .

Nel procedimento di calcolo la sezione di misura viene discretizzata con una mesh a maglie rettangolari in cui e' nota la velocita' dei nodi e dove in ogni maglia si suppone che la velocita' sonica vari in modo bilineare.



DIGA DI CASSIGLIO
INDAGINI GEOFISICHE CON
METODI SONICI

Prog ASP 4019
Doc RAT-DGF-018
Rev 00

pag. 9

La dimensione di tali maglie e' scelta in base a considerazioni sulla lunghezza d'onda delle onde soniche impiegate e sulle distanze relative fra due consecutivi punti di trasmissione o di ricezione consecutivi.

Tale discretizzazione oltre ad essere necessaria per il procedimento di calcolo impiegato, e' infatti giustificata dalla considerazione che le onde soniche utilizzate, avendo lunghezze d'onda finite, interessano il materiale indagato in una fascia di larghezza finita mediandone pertanto le caratteristiche elastiche.

Il programma considera, per il calcolo dei tempi di percorso fra trasmettitore e ricevitori, gli effetti della rifrazione sul percorso dei raggi sonici utilizzando un procedimento di "ray-tracing", che ricostruisce l'andamento del percorso di tali raggi in funzione del campo di velocita'.



3. RISULTATI DELLE MISURE

Sulla diga di Cassiglio sono state effettuate le seguenti indagini:

- carotaggio sonico in due fori situati in corrispondenza di una sezione centrale della diga; uno dei due fori e' verticale e l'altro e' inclinato di 15° verso valle;
- rilievi di tomografia sonora sulla medesima sezione interessata dalle due perforazioni, con misure sia tra il foro verticale ed il paramento di valle che tra i due fori.

Per la determinazione della esatta posizione dei punti di energizzazione e di ricezione sono state inoltre effettuate delle misure clinometriche nei fori ed il rilievo topografico dei punti di ricezione ubicati sul paramento di valle.

3.1 Misure di carotaggio sonico

I risultati dei rilievi di carotaggio sonico sono stati riportati nelle figure 2 e 3 sotto forma di diagrammi della velocita' delle onde longitudinali in funzione della profondita' e di diagrafie a densita' variabile dei segnali sonici.

Sulle diagrafie soniche sono state evidenziate con diversi colori le parti di segnale interessanti: le prime fasi delle onde P sono state colorate in verde, quelle delle onde S in rosso e le riflessioni delle onde di Stoneley (caratteristici allineamenti inclinati di arrivi in fase) in azzurro.

Analizzando gli andamenti dei due diagrammi di velocita' relativi ai carotaggi sonici si nota, per quanto riguarda il calcestruzzo della diga, che la velocita' media risulta molto elevata (circa 5200 m/s) raffrontata a quella di calcestruzzi di medie caratteristiche elastiche; essi normalmente presentano velocita' comprese fra 4000 e 4400 m/s. Tale fenomeno e' dovuto probabilmente al fatto che l'inerte del calcestruzzo e' costituito da materiale caratterizzato da elevata velocita' delle onde soniche. Si deve notare tuttavia che l'andamento del diagramma e' molto irregolare con ampie variazioni della velocita' che

risulta compresa tra valori minimi di 4100 m/s e massimi che raggiungono i 5600 m/s. Questa variabilita' indica l'esistenza di zone di calcestruzzo con caratteristiche elastiche molto diverse fra di loro ma comunque sempre elevate.

Confrontando gli andamenti dei due diagrammi di velocita' si osserva come essi siano, nella parte interessante il calcestruzzo, abbastanza correlabili fra di loro. Una fascia a relativamente bassa velocita' si nota a partire dal coronamento e fino alla profondita' di circa 3 m; un'altra e' visibile a 15.5 m, ed una terza zona e' presente appena sopra il contatto con la roccia di fondazione (18.5 ÷ 19 m).

Anche per la roccia i diagrammi di velocita' sono caratterizzati da andamento molto irregolare con massimi che raggiungono 5600 m/s e minimi di 4100 m/s. Nel foro verticale zone a bassa velocita' si notano in particolare tra 23.5 e 27.5 m e a 30.5 m; nel foro inclinato a 23 m e a 28 m circa.

Molto evidente sulle diagrafie il passaggio tra calcestruzzo e roccia di fondazione: nella zona interessante il calcestruzzo i segnali presentano componenti ad alte frequenze anche per tempi lunghi e sono evidenti numerose riflessioni delle onde di Stoneley; nella roccia i segnali sono molto piu' attenuati, soprattutto nelle componenti ad alte frequenze, e le riflessioni delle onde di Stoneley sono molto meno evidenti.

3.2 Misure di tomografia sonora

Nelle figure 4 e 5 sono stati riportati gli schemi dei percorsi di misura utilizzati per i rilievi tomografici mentre nelle figure 6 e 7 sono stati rappresentati i risultati delle elaborazioni.

I campi di velocita' sono stati rappresentati a colori associando ad ogni intervallo di 200 m/s un diverso colore, con gradazione variabile dall'azzurro per le velocita' piu' basse, al rosso per quelle piu' elevate.

Nella figura 7 assieme alle elaborazioni tomografiche sono stati riportati, con analogia rappresentazione a colori, i risultati dei carotaggi sonici.

Le tomografie evidenziano, in accordo con le misure di carotaggio sonico, un

calcestruzzo con elevate velocità soniche e con valore medio superiore ai 5000 m/s. Zone a relativa bassa velocità si trovano nella parte alta della diga in vicinanza del coronamento (velocità di circa 4200 ± 4400 m/s) e nella zona vicina alle fondazioni della diga con velocità comprese tra 4600 e 4800 m/s.

In quest'ultima zona la relativa bassa velocità è dovuta alla presenza del cunicolo d'ispezione della diga. Il cunicolo provoca infatti un aumento nei tempi di percorso dei raggi sonici che devono aggirarlo. Tale aumento viene interpretato dalla tomografia come se fosse causato da una zona a bassa velocità.

Poiché la "copertura angolare" dei raggi sonici non è completa (mancano misure in direzione verticale), la zona a bassa velocità non coincide perfettamente con il cunicolo ma è allungata in direzione orizzontale.

Per quanto riguarda la roccia di fondazione i valori di velocità risultano in alcune zone piuttosto bassi. Da notare in particolare la zona intorno alla quota di 605 m dove la velocità scende fino a 3700 ± 3900 m/s. A profondità maggiori (a quota di circa 602 m), la roccia presenta invece un massimo di velocità, con valori vicini a 5000 m/s.

3.3 Misure clinometriche

Nei due fori utilizzati per la tomografia sonica sono state effettuate delle misure clinometriche per determinare le coordinate dei punti di trasmissione e di ricezione alle diverse profondità.

I risultati di tale rilievo sono stati riportati nelle tabelle I e II.

4. CONCLUSIONI

Sulla diga di Cassiglio sono state eseguite misure di carotaggio sonico e di tomografia sonica in una sezione centrale della diga.

I risultati delle indagini indicano un calcestruzzo caratterizzato da elevati valori di velocità delle onde soniche (velocità di $4800 \div 5200$ m/s, contro valori, per un calcestruzzo di medie caratteristiche, di $4200 \div 4400$ m/s). Tali valori di velocità sono dovuti, probabilmente, alle elevate velocità dell'inerte con cui è stato confezionato il calcestruzzo. È da segnalare tuttavia una zona a bassa velocità ($4400 \div 4600$ m/s) dello spessore di 4 - 5 m, appena al di sotto del coronamento. I valori di velocità riscontrati nella zona segnalata, pur essendo elevati se rapportati a quelli di un normale calcestruzzo, sono bassi rispetto al valore medio del calcestruzzo della diga in oggetto.

Per quanto riguarda la roccia di fondazione sia le misure di carotaggio sonico che quella della tomografia fra foro verticale e foro inclinato mostrano una notevole variabilità nella velocità sonica. I carotaggi mostrano variazioni da valori di circa 4000 m/s fino a oltre 5600 m/s. La tomografia sonica in particolare indica che alla quota di circa 605 m è presente una vasta zona caratterizzata da bassa velocità ($V_p = 3600 \div 3800$ m/s). Tale zona, che risulta anche ben correlata ai minimi evidenziati dai carotaggi sonici (da 24 a 26 m di profondità nel foro verticale e intorno ai 28 m nel foro inclinato), è sicuramente sede di fenomeni di fratturazione e di degrado.



RISULTATI DELLE MISURE CLINOMETRICHE
FORO VERTICALE

H	N	E	Quota
(m)	(m)	(m)	(m)
0.00	0.00	0.00	639.30
3.00	-0.05	0.03	626.30
6.00	-0.07	0.07	623.30
9.00	-0.11	0.08	620.30
12.00	-0.16	0.07	617.30
15.00	-0.21	0.08	614.30
18.00	-0.25	0.07	611.30
21.00	-0.30	0.08	608.30
24.00	-0.35	0.08	605.30
27.00	-0.42	0.10	602.30
30.00	-0.48	0.12	599.30
33.00	-0.53	0.14	596.30

H: profondita' riferite a bocca foro

N: coordinate riferite a bocca foro in direzione del nord magnetico

E: coordinate riferite a boccaforo in direzione est

RISULTATI DELLE MISURE CLINOMETRICHE
FORO INCLINATO

H	N	E	Quota
(m)	(m)	(m)	(m)
0.00	0.00	0.00	629.30
3.00	0.49	0.41	626.37
6.00	0.92	0.87	623.44
9.00	1.37	1.30	620.50
12.00	1.84	1.71	617.57
15.00	2.31	2.13	614.63
18.00	2.78	2.54	611.70
21.00	3.25	2.96	608.77
24.00	3.71	3.37	605.83
27.00	4.18	3.79	602.89
30.00	4.65	4.20	599.96
33.00	5.12	4.61	597.03

H: profondita' riferite a bocca foro

N: coordinate riferite a bocca foro in direzione del nord magnetico

E: coordinate riferite a boccaforo in direzione est

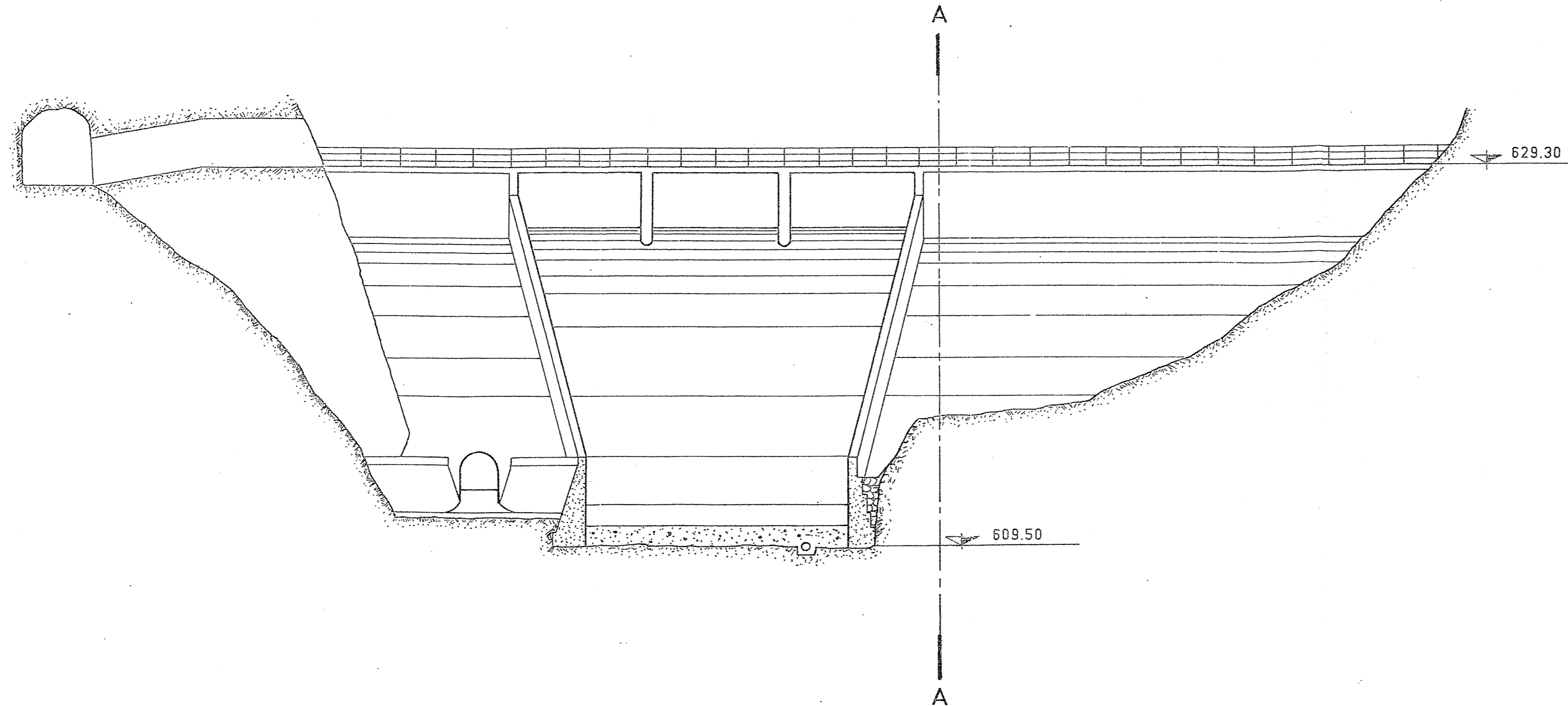
		Progetto n. ASP-4019				
Committente : ITALCEMENTI						
Cantiere : DIGA DI CASSIGLIO						
Titolo : INDAGINI GEOFISICHE CON METODI SONICI SEZIONE LONGITUDINALE E SEZIONE TRASVERSALE TIPO						
SCALA 1:200 1:100						
Documento n. RAT-DGF-018				Alleg.n.		Fig. n. 1
Rev. n.	Data	Dis.	Cont.	Conv.	Appr. G. D.	Appr.
0						
1						
2						
3						

LEGENDA :

---A-A : sezione tomografica

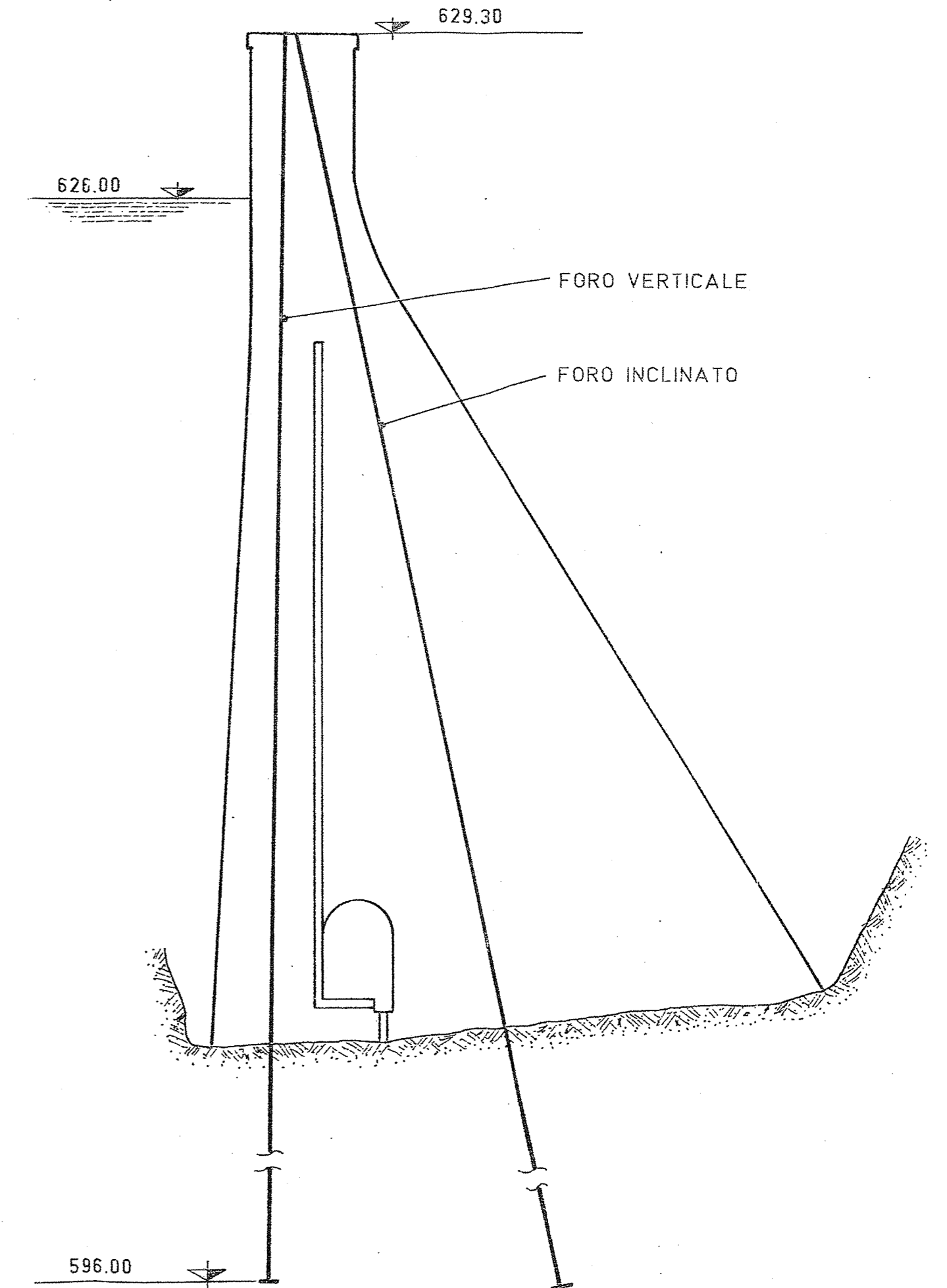
SEZIONE LONGITUDINALE

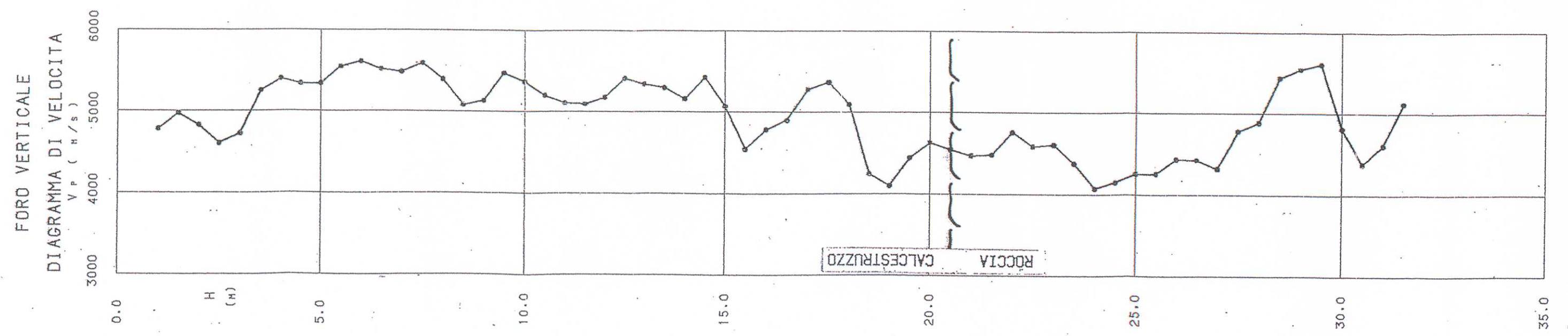
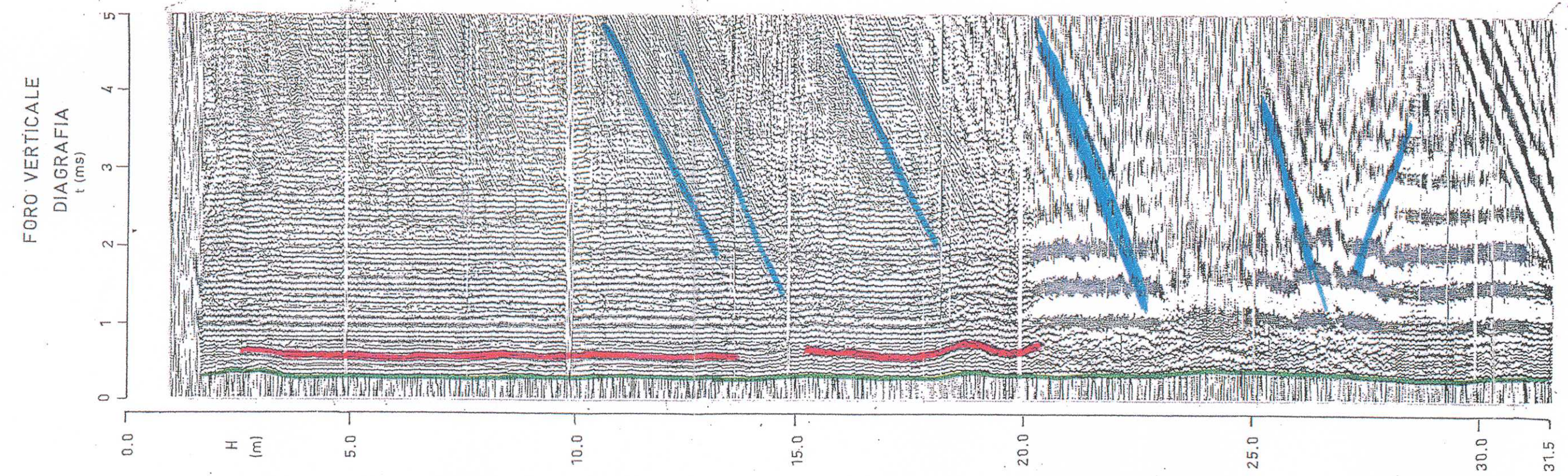
VISTA DA VALLE SCALA : 1:200




SEZIONE TRASVERSALE A-A

SCALA : 1:100






		Progetto n. ASP-4019				
Committente : ITALCEMENTI						
Cantiere : DIGA DI CASSIGLIO						
Titolo : INDAGINI GEOFISICHE CON METODI SONICI MISURE DI CAROTAGGIO SONICO FORO VERTICALE						
SCALA GRAFICA						
Documento n. RAT-DGF-018				Alleg. n.	Fig. n. 2	
Rev. n.	Data	Dis.	Cont.	Conv.	Appr. G. Q.	Appr.
0						
1						
2						
3						

LEGENDA :

V_p = velocità di propagazione delle onde longitudinali

 Onde P

 Onde S

 Onde di Stoneley

Committente : ITALCEMENTI

Cantiere : DIGA DI CASSIGLIO

Titolo :
INDAGINI GEOFISICHE
CON METODI SONICI
MISURE DI CAROTAGGIO SONICO
FORO INCLINATO

SCALA GRAFICA


Documento n. RAT-DGF-018				Alleg. n.	Fig. n. 3	
Rev. n.	Data	Dis.	Cont.	Conv.	Appr. G. Q.	Appr.
0						
1						
2						
3						

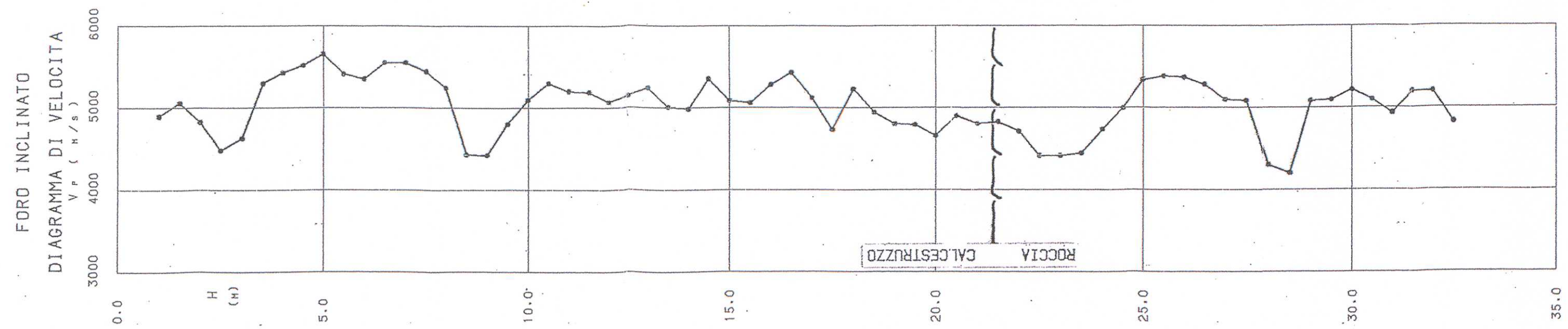
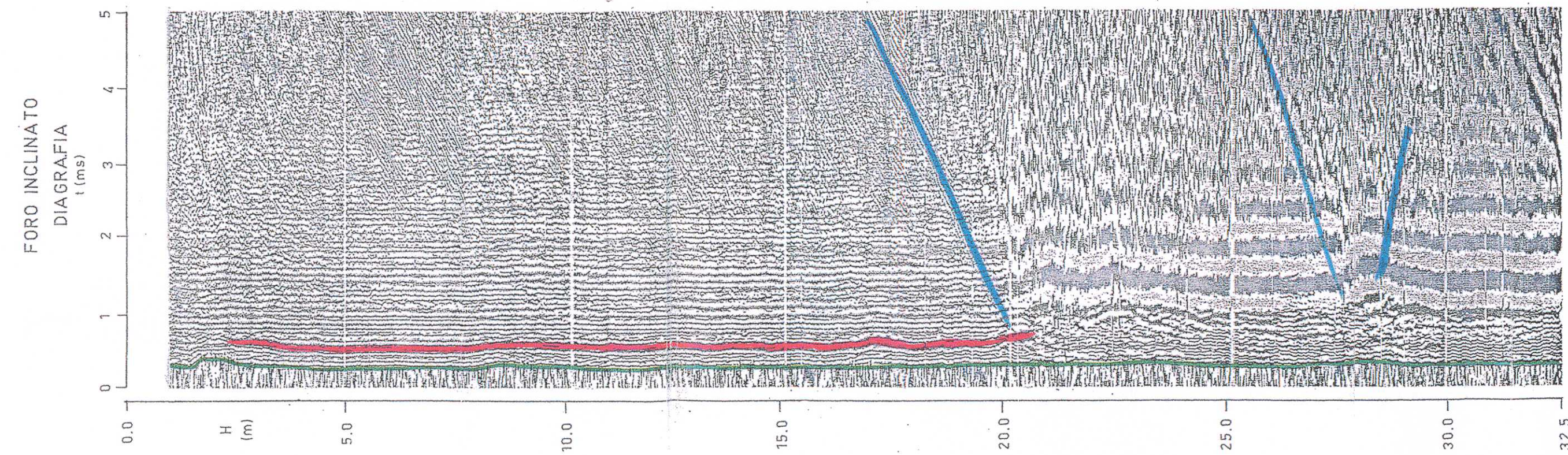
LEGENDA :

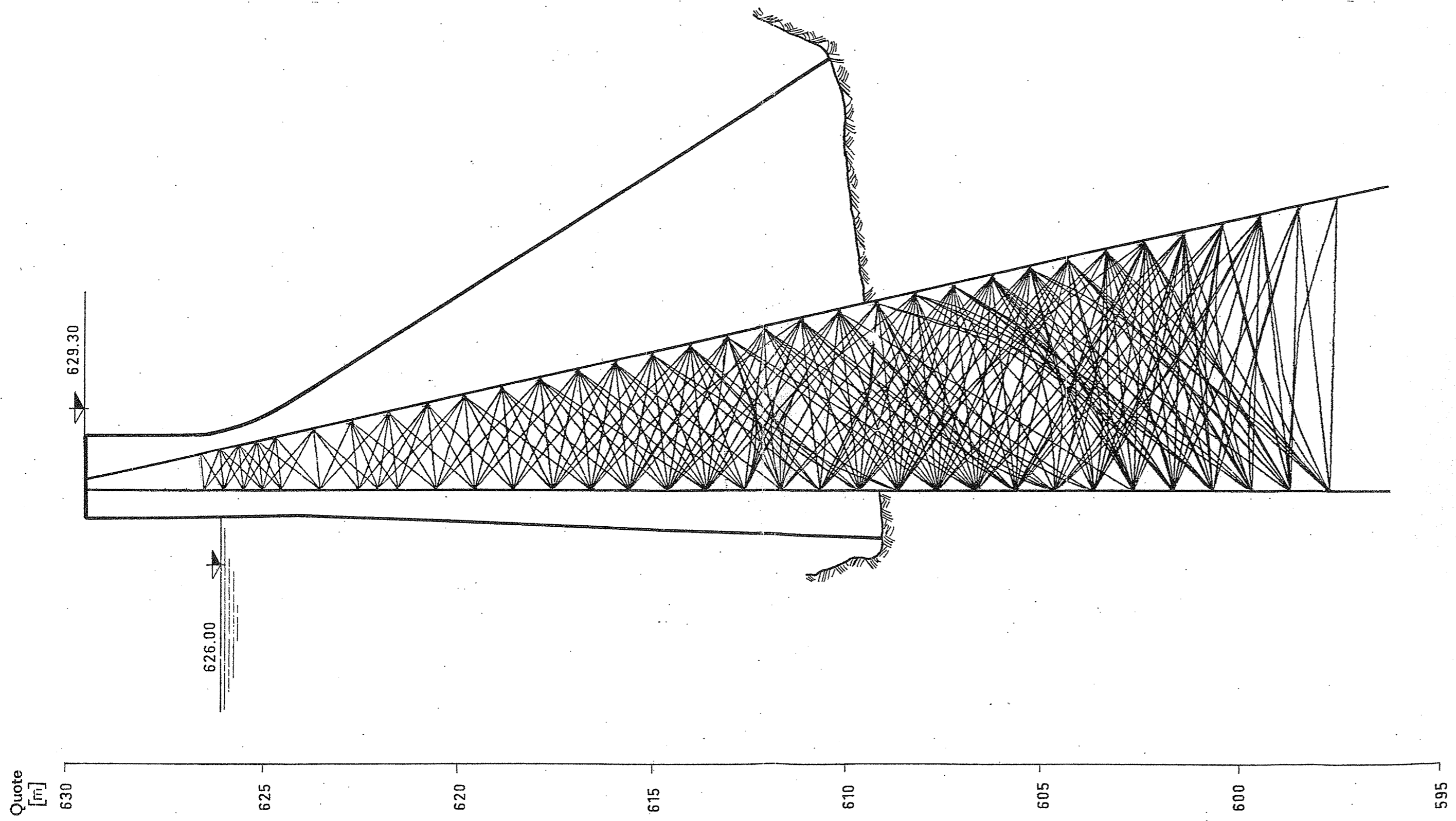
Vp = velocità di propagazione delle onde longitudinali


 Onde P

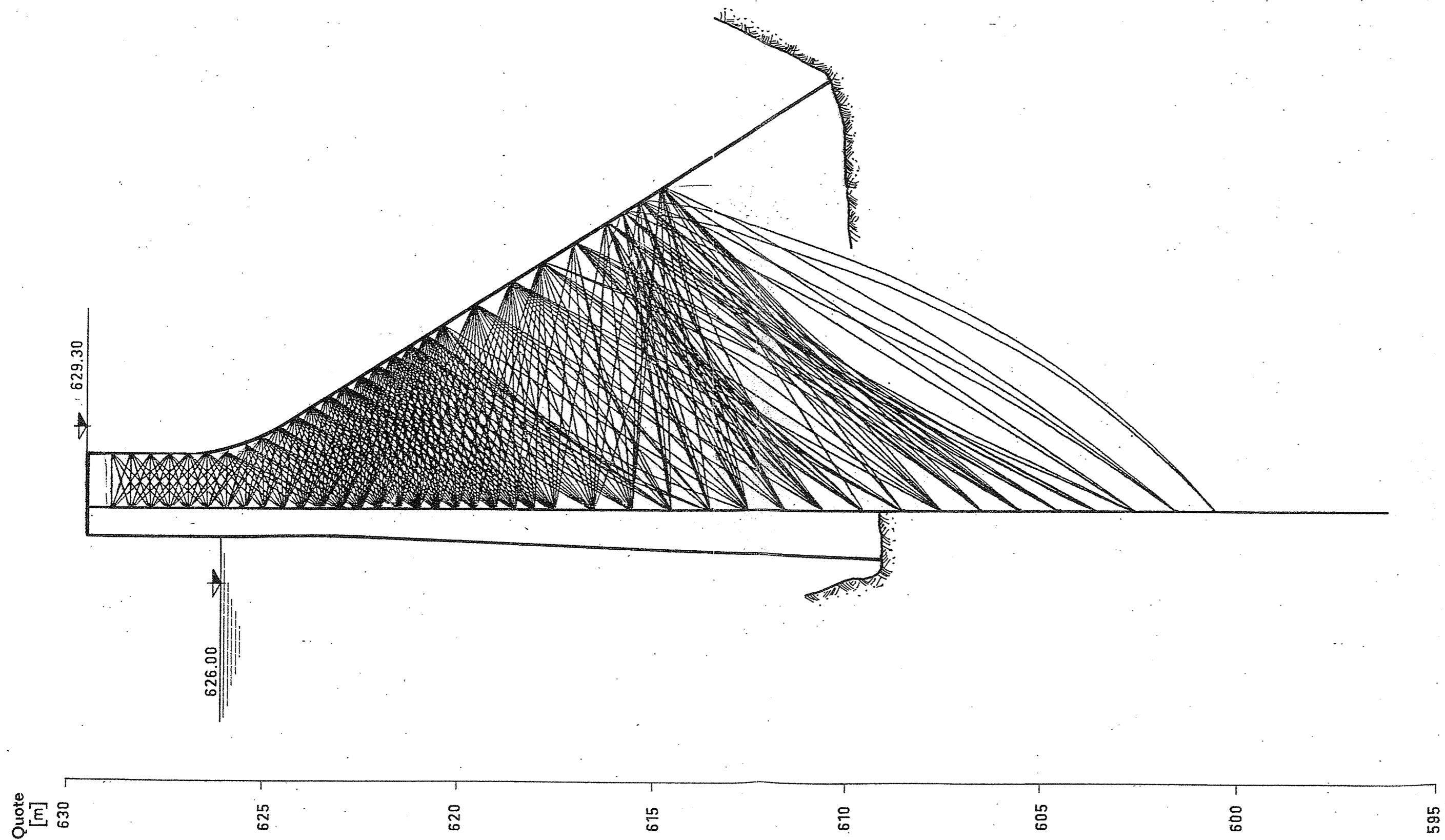
 Onde S

 Onde di Stoneley

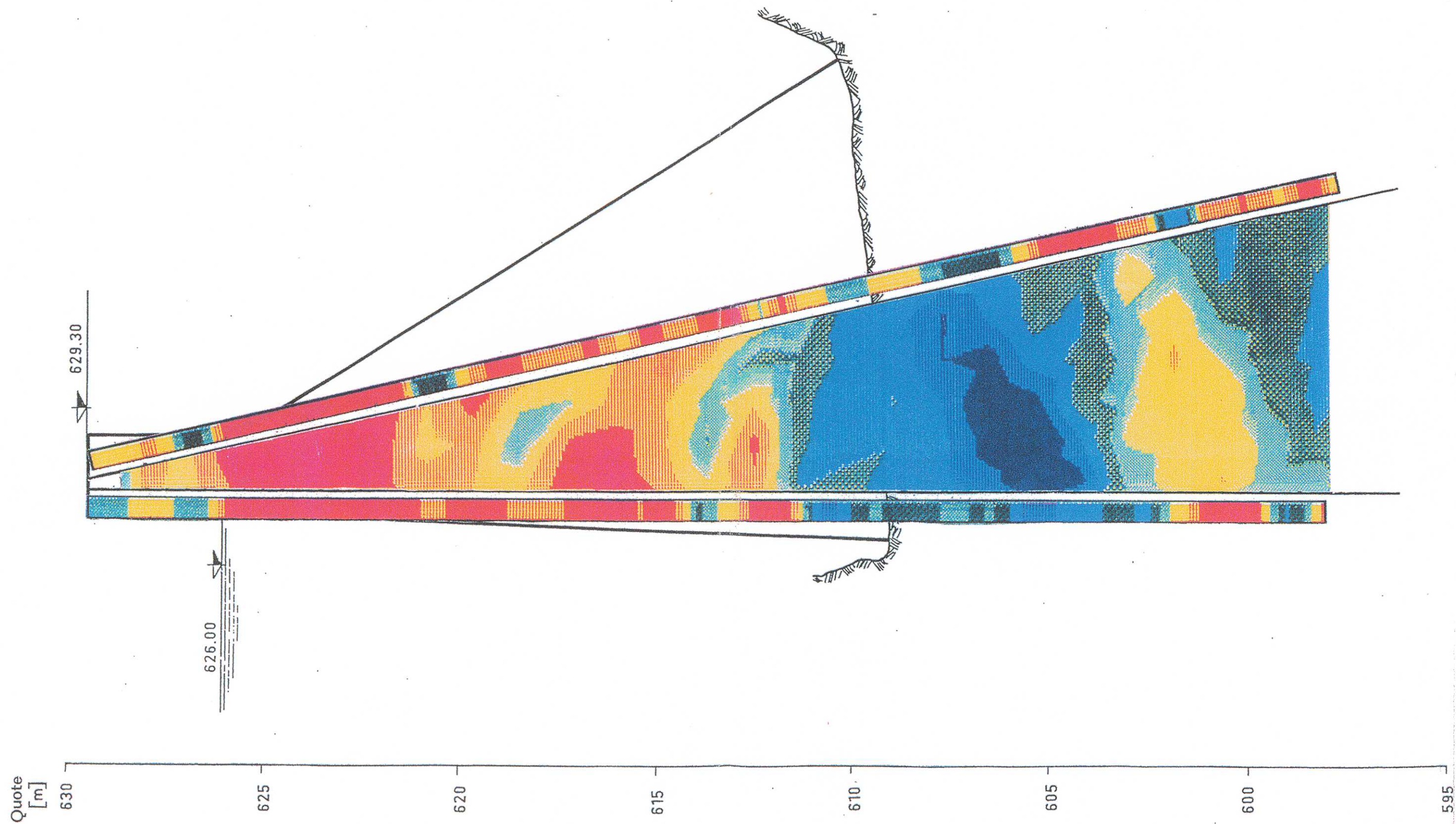





		Progetto n. ASP-4019				
Committente : ITALCEMENTI						
Cantiere : DIGA DI CASSIGLIO						
Titolo : INDAGINI GEOFISICHE CON METODI SONICI MISURE DI TOMOGRAFIA SONICA PERCORSI DI MISURA FORO VERTICALE-FORO INCLINATO						
SCALA 1:100						
Documento n. RAT-DGF-018				Alleg. n.	Fig. n. 4	
Rev. n.	Data	Dis.	Cont.	Conv.	Appr. G. G.	Appr.
0						
1						
2						
3						



		Progetto n. ASP-4019				
Committente : ITALCEMENTI						
Cantiere : DIGA DI CASSIGLIO						
Titolo : INDAGINI GEOFISICHE CON METODI SONICI MISURE DI TOMOGRAFIA SONICA PERCORSI DI MISURA FORO VERTICALE-PARAMENTO VALLE						
SCALA 1:100						
Documento n. RAT-DGF-018				Alleg. n.	Fig. n. 5	
Rev. n.	Data	Dis.	Cont.	Conv.	Appr. G. U.	Appr.
0						
1						
2						
3						

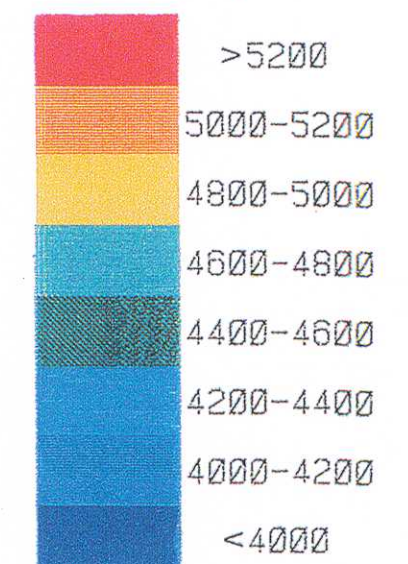



		Progetto n. ASP-4019				
Committente : ITALCEMENTI						
Cantiere : DIGA DI CASSIGLIO						
Titolo : INDAGINI GEOFISICHE CON METODI SONICI MISURE DI TOMOGRAFIA SONICA CAMPI DI VELOCITA' FORO VERTICALE-FORO INCLINATO						
SCALA 1:100						
Documento n. RAT-DGF-018				Alleg. n.	Fig. n. 6	
Rev. n.	Data	Dis.	Cont.	Conv.	Appr. G.Q.	Appr.
0						
1						
2						
3						

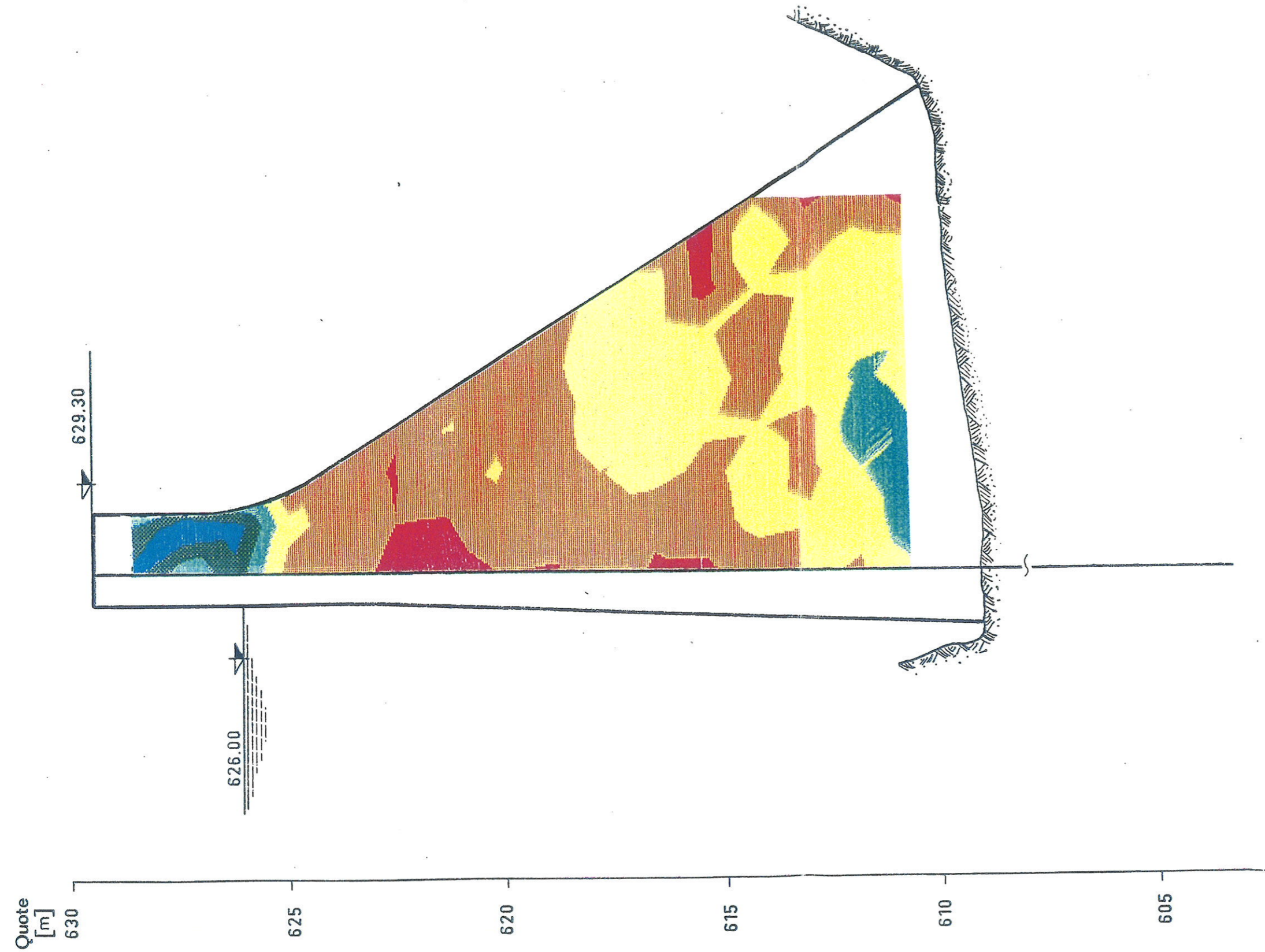
LEGENDA :

Velocita' delle onde P

(m/s)



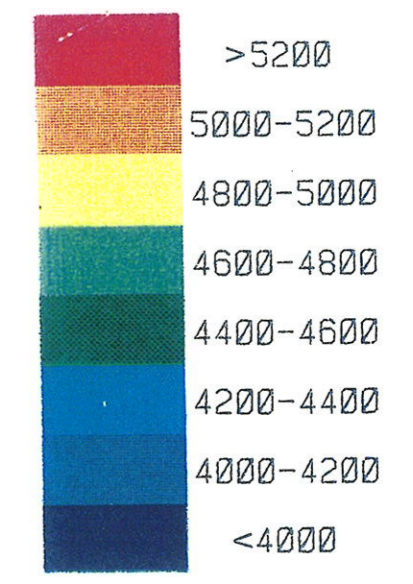
		Progetto n. ASP-4019	
Committente : ITALCEMENTI			
Cantiere : DIGA DI CASSIGLIO			
Titolo : INDAGINI GEOFISICHE CON METODI SONICI MISURE DI TOMOGRAFIA SONICA CAMPI DI VELOCITA' FORO VERTICALE-PARAMENTO VALLE			
SCALA 1:100			
Documento n. RAT-DGF-018		Alleg. n.	Fig. n. 7
Rev. n.	Data	Dis.	Cont.
0			
1			
2			
3			



LEGENDA :

Velocita' delle onde P

(m/s)



Per. Top.


 DOTTORE INGEGNERE
 MARCO PEGORARO
 ALBO N° 1782
 BERGAMO