

Anas SpA

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

S.S. 131 di "Carlo Felice"

Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131
 Risoluzione dei nodi critici – 1° stralcio
 dal km 158+000 al km 162+700

PROGETTO ESECUTIVO

CA283

PROGETTAZIONE: ANAS–Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

PROGETTISTI:

Dott. Ing. Achille DEVITOFRANCESCHI Dott. Ing. Alessandro MICHELI
 Ordine Ing. di Roma n. 19116 Ordine Ing. di Roma n. 19645

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Serena MAJETTA
 Ordine Geol. Lazio n. 928

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Fabio QUONDAM

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Salvatore FRASCA

PROTOCOLLO

DATA

GEOLOGIA

Documentazione indagini geofisiche preesistenti

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

L O P L S P E 1 7 0 1

NOME FILE

T00GE00GEORE02_A.PDF

CODICE ELAB. T 0 0 G E 0 0 G E O R E 0 2

REVISIONE

A

SCALA:

--

D

C

B

A

EMISSIONE

Settembre 2017

GEOL. S. SERANGELI

GEOL. S. SERANGELI

GEOL. S. MAJETTA

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

CAMPAGNA DI INDAGINI GEOFISICHE

Impresa esecutrice: **SARDADRILL s.r.l.**

ANNO 1998

A.N.A.S.
ENTE NAZIONALE PER LE STRADE
COMPARTIMENTO DELLA VIABILITA' PER LA SARDEGNA

S.S. 131 "CARLO FELICE"

PROGETTO N° 9
Dal km 159+000 al km 165+350

INDAGINE GEOFISICA
(basi sismiche a rifrazione)

SARDADRILL SRL
CAGLIARI

Scopi dell'indagine

Scopo generale dell'indagine geofisica effettuata è stato quello di quantificare la velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali (V_p) dei rifrattori presenti nell'area d'indagine e di individuarne le caratteristiche fisiche e meccaniche.

In particolare lo studio è stato rivolto ad accertare lo stato di alterazione delle rocce costituenti il bed-rock e la loro continuità nell'area interessata dal progetto, nonché lo spessore della coltre dei terreni di copertura.

Inquadramento geografico

L'area interessata dalle indagini è localizzata lungo il tracciato della S.S. n° 131 "Carlo Felice" all'altezza del km 164+000, in territorio del Comune di Bonorva, prov. di Sassari, all'altezza dello svincolo per Pozzomaggiore, dove è prevista la realizzazione di una galleria.

Topograficamente l'area è individuata nel F°480 III della Nuova Carta d'Italia alla scala 1:25000 edita dall'I.G.M. ed è ubicata ad una quota che varia da 500 a 560 m s.l.m.

PROSPEZIONE SISMICA

L'esecuzione della prospezione sismica ha comportato la levata di n° 5 (cinque) profili sismici a rifrazione per complessivi 550 m di stendimenti, disposti ad investigare l'asse stradale lungo l'opera in progetto.

Basi sismiche a rifrazione

Come già detto, sono state eseguite cinque basi sismiche a rifrazione per un totale di 550 metri d'indagine.

Ciascuna base sismica è stata realizzata predisponendo un allineamento di 12 geofoni, interspaziati di m 10, e n° 5 (cinque) punti di energizzazione per la generazione delle onde elastiche.

Tutto il sistema energizzazione-ricezione è stato collegato ad un'apparecchiatura di registrazione che ha provveduto all'analisi degli impulsi sismici provenienti dai geofoni e alla loro registrazione.

Per la levata sismica è stato impiegato un registratore sismografico EG&G Geometrics ES-1225 che consente la registrazione simultanea degli impulsi sismici su 12 canali nonché l'acquisizione di più segnali (sommatoria di segnale) per una migliore definizione dell'onda sismica ed un più facile riconoscimento dei disturbi occasionali.

La registrazione, della durata di 500 millisecondi, è avvenuta su carta termosensibile e, mediante un software dedicato, anche su un apposito supporto magnetico tramite un computer collegato al registratore.

La fonte di energia sismica è stata ottenuta mediante l'utilizzo di un dispositivo esploditore MINIBANG che, mediante lo scoppio di cartucce cal. 8 ind., genera sul terreno l'onda elastica necessaria alla creazione di onde sismiche i cui tempi di arrivo a ciascun apparecchio di ricezione sono registrati dal sismografo.

Nei disegni allegati, che costituiscono il prodotto finale dell'indagine, sono rappresentati i risultati dell'interpretazione di ciascun profilo sismico, con rappresentazione in scala variabile in funzione della profondità dell'ultimo rifrattore.

Più precisamente, sono illustrati, dall'alto verso il basso:

- il profilo topografico e quello dei rifrattori, con individuazione dello spessore del 1° e, se riconoscibile, anche del 2° strato;
- la tavola con le dromocrone;
- la tavola con le variazioni della distribuzione delle velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali lungo il profilo investigato.

Le velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali (V_p), rilevate durante l'investigazione, sono espresse in metri al secondo.

Esecuzione della levata sismica

La levata sismica è stata effettuata, secondo lo stendimento tipo di seguito descritto.

Ciascuna base è costituita da un allineamento di 12 geofoni posti ad una distanza di 10 metri l'uno dall'altro, collegati tramite un cavo sismico ad un apposito ricevitore sismografico; la lunghezza totale di ciascuna base è di 110 metri.

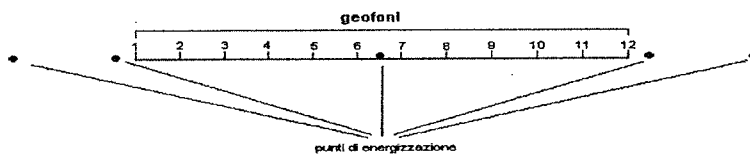
L'energizzazione è ottenuta mediante lo sparo di una serie di cartucce del cal. 8 industriale effettuata in cinque differenti posizioni lungo l'allineamento dei geofoni, secondo il seguente schema:

- 1 scoppio centrale tra i geofoni 6 e 7;
- 2 scoppi alle estremità, simmetrici, esterni, rispettivamente a 5 metri dai geofoni 1 e 12;
- 2 scoppi esterni, simmetrici, posti ad una distanza di 35 m dai geofoni 1 e 12.

Il posizionamento delle basi sismiche è stato fatto partendo dal settore meridionale, in prossimità del sondaggio n° 26, e proseguendo verso Nord sino a raggiungere il sondaggio n° 35.

Le basi sono state nominate con le lettere dell'alfabeto da A a E; sono consecutive, per cui i geofoni n°12 e n°1 delle basi consecutive sono coincidenti.

La disposizione degli scoppi è stata prescelta in maniera tale da investigare gli orizzonti più superficiali con gli scoppi interni e quelli via via più profondi con quelli esterni.



Interpretazione dei risultati

I dati della levata sismica sono stati utilizzati per la costruzione delle dromocrone.

L'interpretazione è stata effettuata mediante l'impiego di un apposito software che, opportunamente guidato, nella misurazione automatica dei tempi di arrivo dell'onda sismica a ciascun geofono ha provveduto alla costruzione delle dromocrone.

Sulla base delle variazioni di pendenza delle dromocrone individuate dal geofisico, l'elaborazione ha fornito, per ciascuna base sismica, gli atti interpretativi allegati al presente studio, dove sono rappresentati lo spessore e la velocità di propagazione dell'onda sismica per ciascun orizzonte individuato dall'indagine.

Nel dettaglio, sono stati individuati i seguenti orizzonti:

BASE "A"

Si stende lungo il tracciato in progetto; il geofono n° 1 è posto a 10 m dal sondaggio n° 26, quello n° 12 è situato lungo il tracciato stradale, alla distanza di 110 metri, circa 10 m oltre il sondaggio n° 28.

- coltre superficiale

E' stata individuata la presenza di una coltre di materiale poco addensato, con spessore variabile da circa 2 metri in prossimità degli ultimi geofoni sino a oltre 6 metri nella parte iniziale della base.

~~E' caratterizzata da una velocità di propagazione dell'onda sismica di circa 500 m/s che tende ad essere più elevata nella zona iniziale della base.~~

Litologicamente è da individuare nella porzione più alterata del substrato.

- rifratore

E' caratterizzato da una velocità di propagazione dell'onda sismica di 3.000 m/s; è, correlabile alla presenza di un orizzonte tufaceo il cui spessore non è stato valutato in quanto non è stato individuato il rifratore profondo.

BASE "B"

E' la prosecuzione, con direzione Nord, della base precedente; il geofono n° 1 è posto in corrispondenza del geofono n° 12 della base "A".

Si presenta con le stesse caratteristiche della precedente confermando lo spessore di circa 10 metri per l'orizzonte più superficiale.

BASE "C"

E' anch'essa la prosecuzione della base precedente; il geofono n° 1 è posto sul geofono n° 12 della base precedente.

- coltre superficiale

Lungo questa base la coltre di materiale poco addensato tende a diminuire di spessore e manifesta un lieve incremento della velocità di propagazione dell'onda sismica.

- 1° rifrattore

La velocità del 1° rifrattore è di circa 2.600 m/s; è, probabilmente, correlabile all'orizzonte tufaceo il cui spessore, in questo caso, è variabile da qualche metro sino alla decina di metri.

- 2° rifrattore

La velocità di questo rifrattore è di circa 4.000 m/s; è, probabilmente, correlabile alla presenza di un espandimento lavico sottostante all'orizzonte tufaceo.

BASE "D"

E' distribuita tra il sondaggio n°32 e il sondaggio n°34.

- coltre superficiale

Lo spessore della coltre di materiale poco addensato si mantiene abbastanza regolare confermando gli spessori già registrati negli stendimenti precedenti.

E' però caratterizzata da un incremento della velocità di propagazione dell'onda sismica sino a 1.200 m/s.

- refrattore

Si presenta con una velocità di propagazione dell'onda sismica caratterizzata da una variabilità al di fuori dalla norma.

Infatti, mentre nel settore meridionale (geofoni da 1 a 8) si presenta con caratteristiche simili alle basi precedenti, nella porzione terminale manifesta un incremento di velocità particolarmente elevato (sino a superare i 6.000 m/s) per la verifica del quale sarebbe opportuno uno studio più approfondito.

BASE "E"

E' la base terminale. Si stende tra il sondaggio n° 34 e il sondaggio n° 35. Il geofono n° 1 è posto a poca distanza dal sondaggio n° 34.

- coltre superficiale

In questa base si ripresenta la coltre superficiale con le caratteristiche più classiche. La velocità di propagazione dell'onda sismica è di circa 800 m/s.

Litologicamente è da correlare alla presenza dello scarso suolo e nella porzione più alterata dei litotipi sottostanti.

- 1° rifratore

Ha una velocità di propagazione dell'onda sismica che varia da 1.200 a 2.000 m/s; litologicamente è individuabile con l'orizzonte tufaceo individuato anche nelle basi precedenti.

- 2° rifratore

Ha una velocità di circa 4.500 m/s e, litologicamente, potrebbe essere rappresentativo del substrato vulcanico.

CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati dell'indagine sismica, si può osservare che lo spessore della coltre superficiale è nell'ordine dei 5 metri e che la sua velocità è sempre compresa tra 600 e 800 m/s. Localmente può anche essere assente (base "C" e, parzialmente, base "D").

Per quanto riguarda i rifrattori si osserva come si presentino con velocità caratteristiche. La più bassa, di circa 3.000 m/s, è attribuibile ai litotipi tufacei; l'altra, superiore a 4.000 m/s, è, con tutta probabilità, da attribuirsi alla presenza di un espandimento lavico (basalto) sottostante all'orizzonte tufaceo.

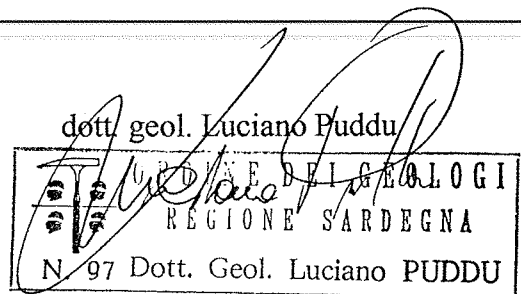
Come detto nell'analisi di ciascuna base sismica, è da tenere in considerazione l'anomalia sismica manifestata dalla base "D" ove è stato riscontrato un anomalo incremento della velocità del rifrattore.

In funzione della lunghezza delle basi sismiche e della posizione degli scoppi esterni, l'investigazione ha interessato i terreni sino alla profondità di circa 30-40 m dal piano di campagna.

L'indagine geofisica, oltre alla determinazione dei vari orizzonti presenti, ha altresì consentito una definizione geotecnica dei litotipi individuati.

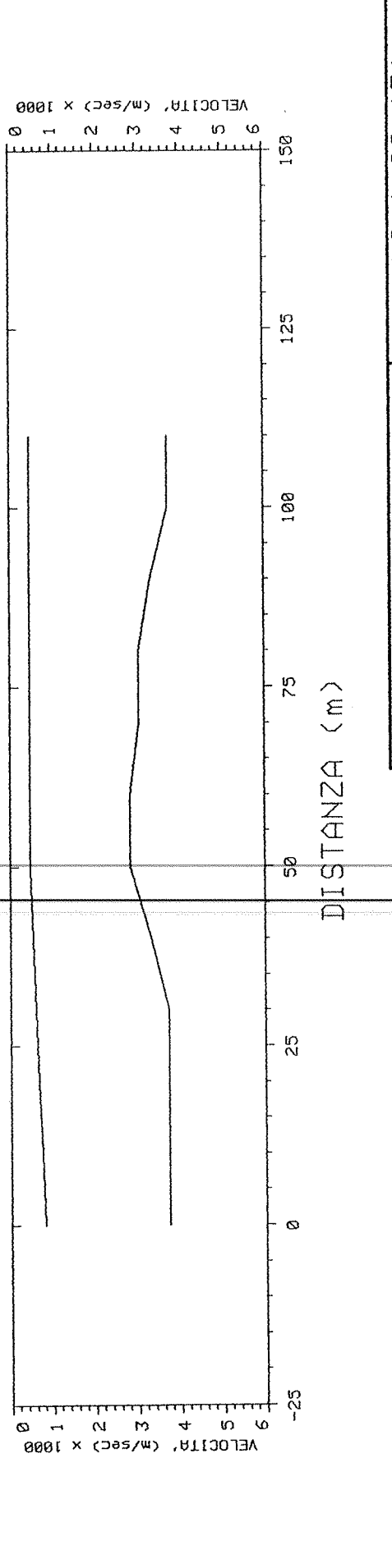
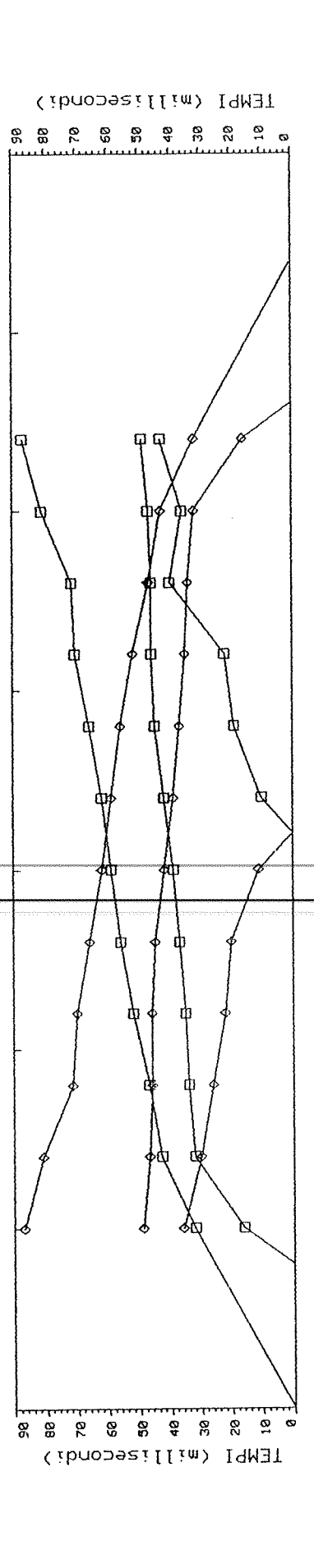
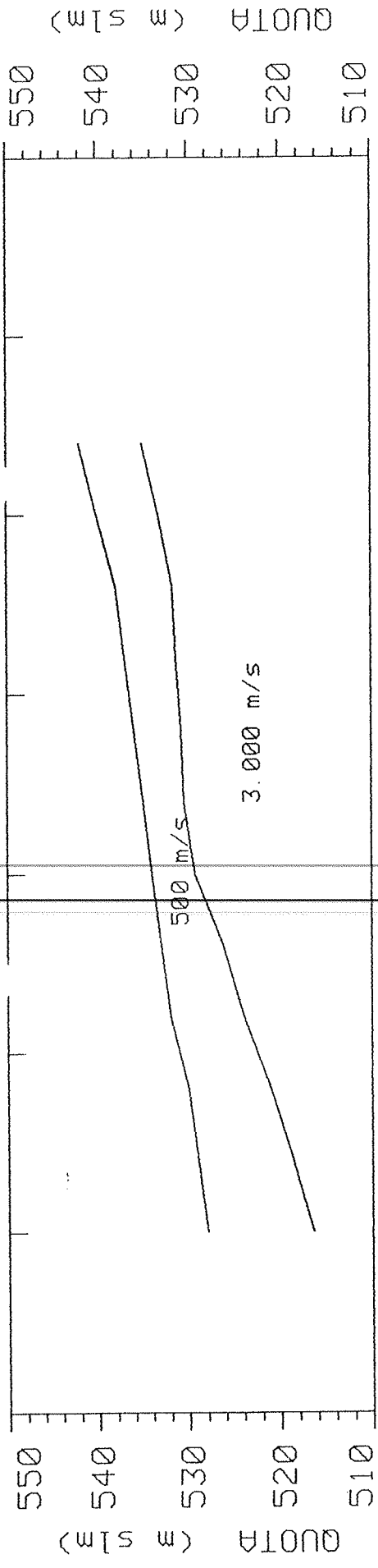
Infatti, sulla base dei valori di Vp (velocità di propagazione dell'onda sismica) si deduce che la "coltre superficiale" ed, in parte, il "refrattore" sono costituiti da materiali lavorabili e asportabili con i normali mezzi di cantiere; per le sezioni ove i valori di Vp sono maggiori di 3.000 m/s il materiale presente è da definirsi "roccia da mina", con tutte le implicazioni che ne conseguono.

Cagliari, luglio 1998



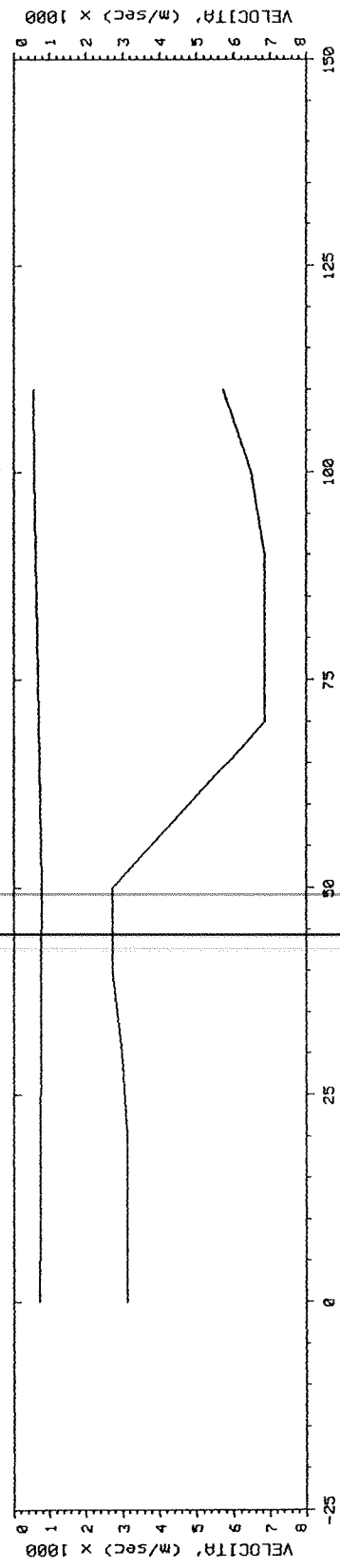
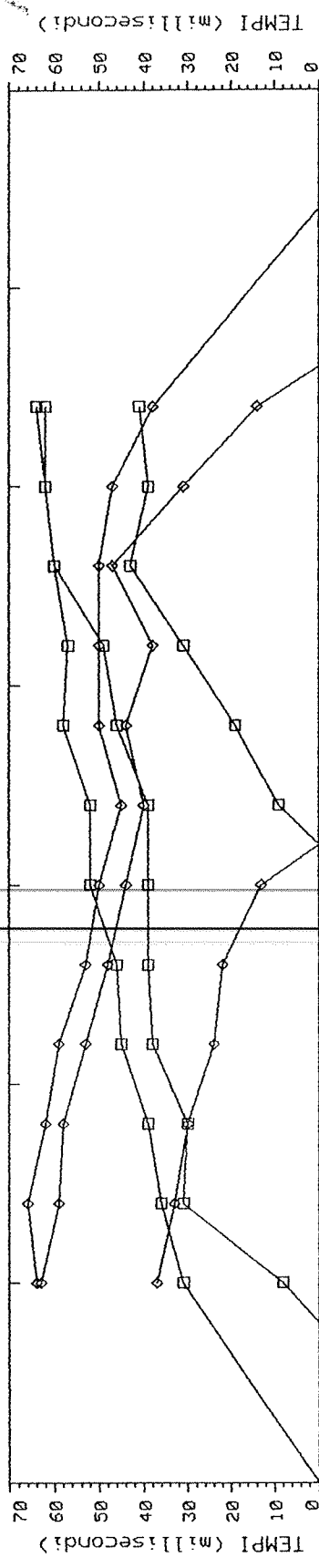
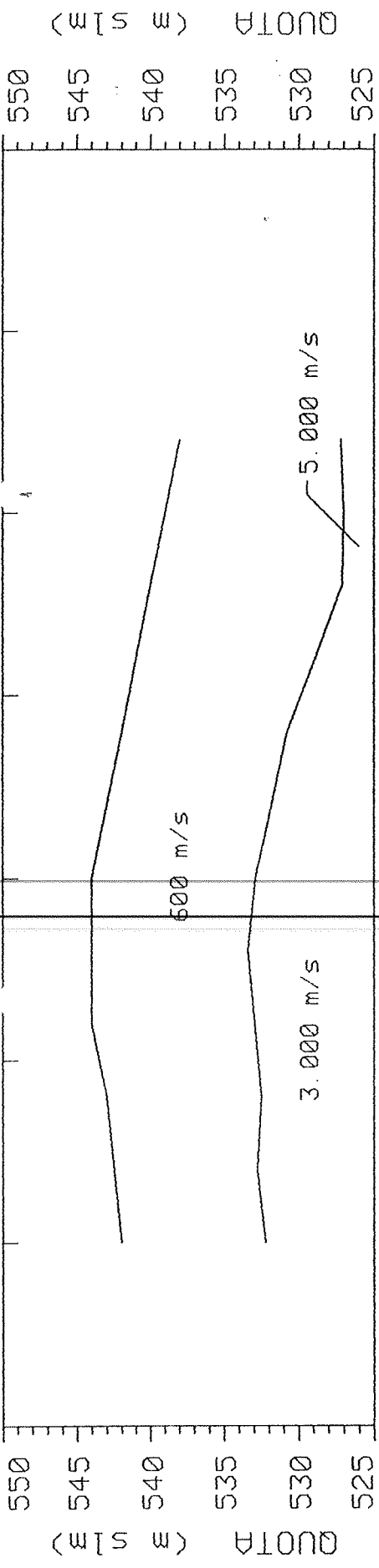
Sono allegati alla presente

- n° 5 tavole relative all'interpretazione di ciascun profilo sismico
- n° 25 originali dei sismogrammi relativi a ciascun tiro effettuato nel corso dell'indagine



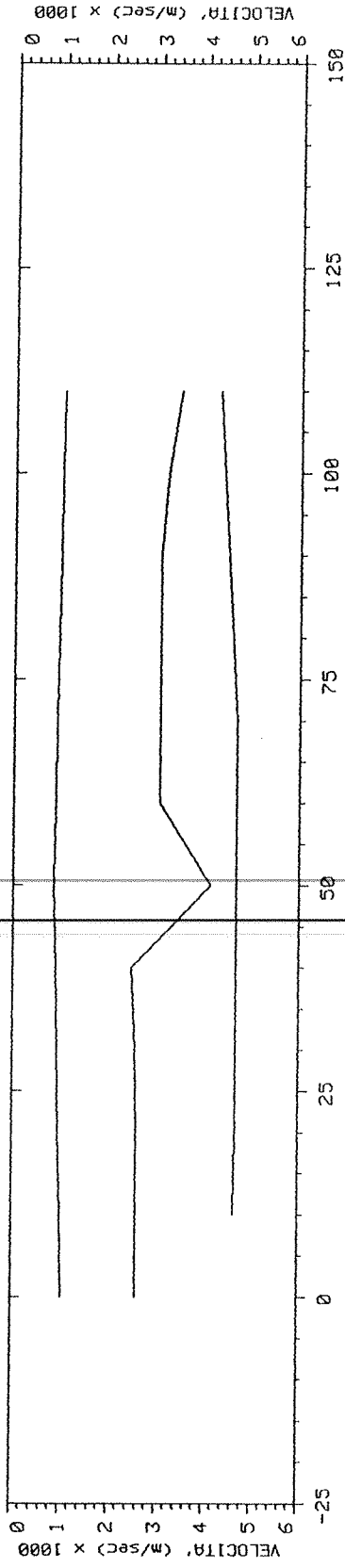
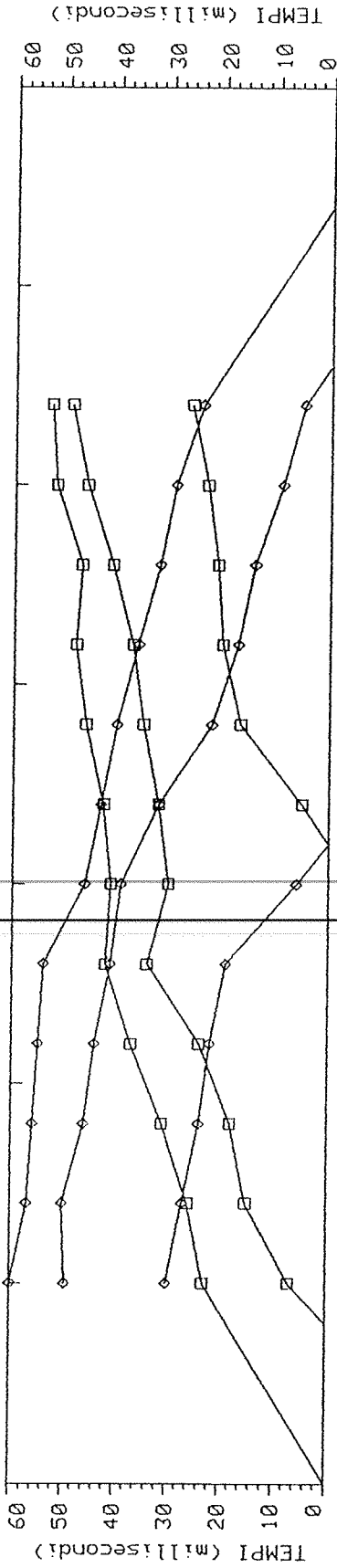
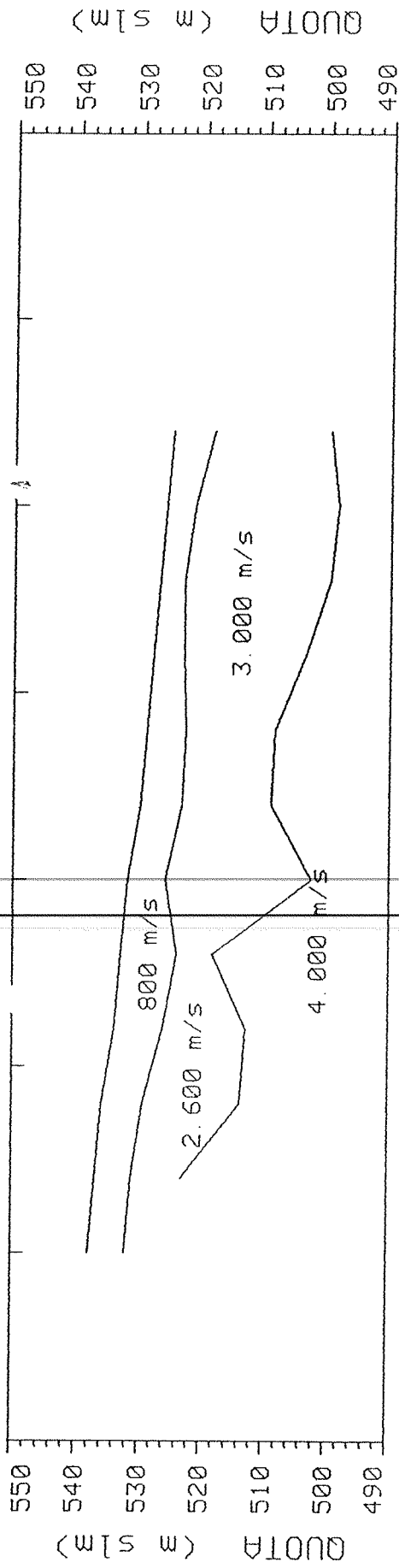
DISTANZA (m)

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| for: A.N.A.S. | NUOVA SS 131 |
| by: Tecnogeo s.r.l. - CA | S.S. 131 "CARLO FELICE" |
| Data Set BONORA | BONORVA |
| Equipment: GEOMETRICS | Operator: A |
| | Azimuth: 0 |
| | Date: 27/07/98 |



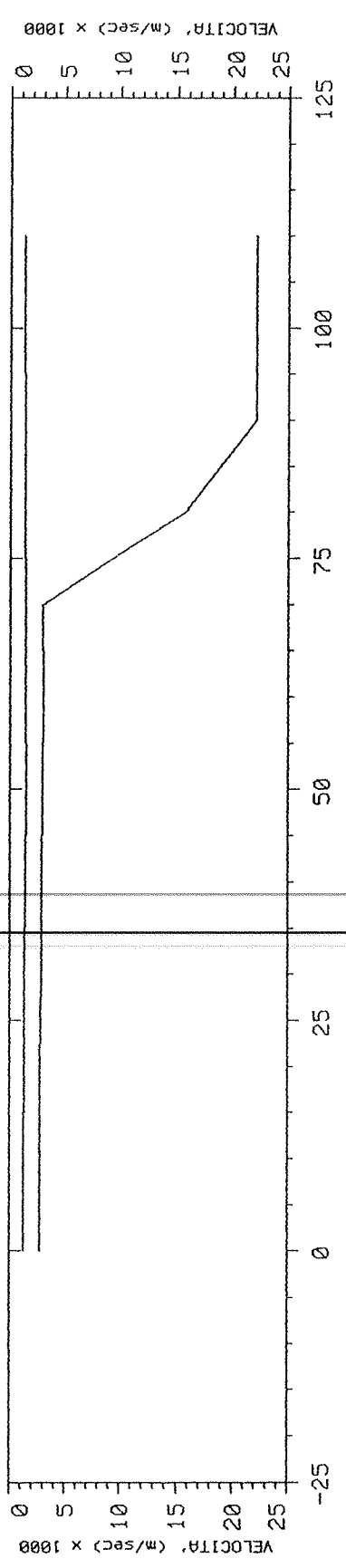
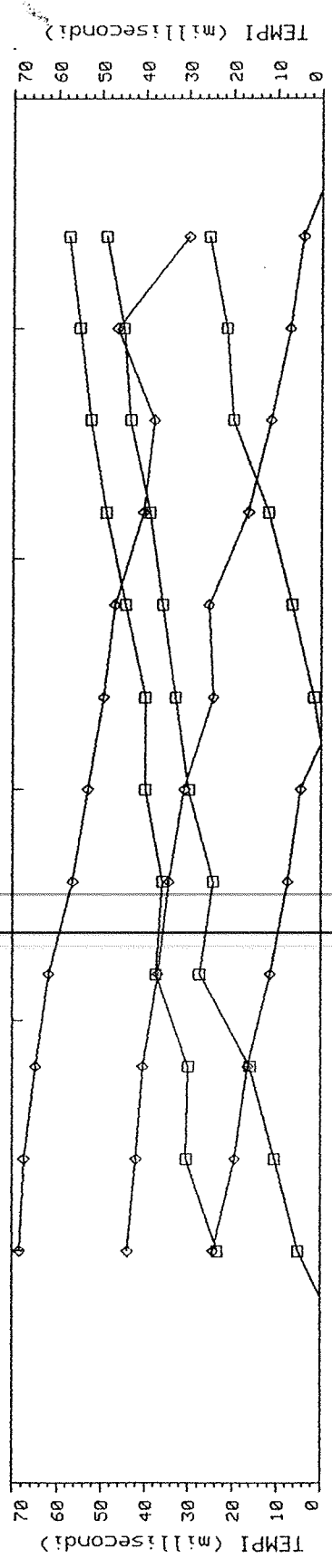
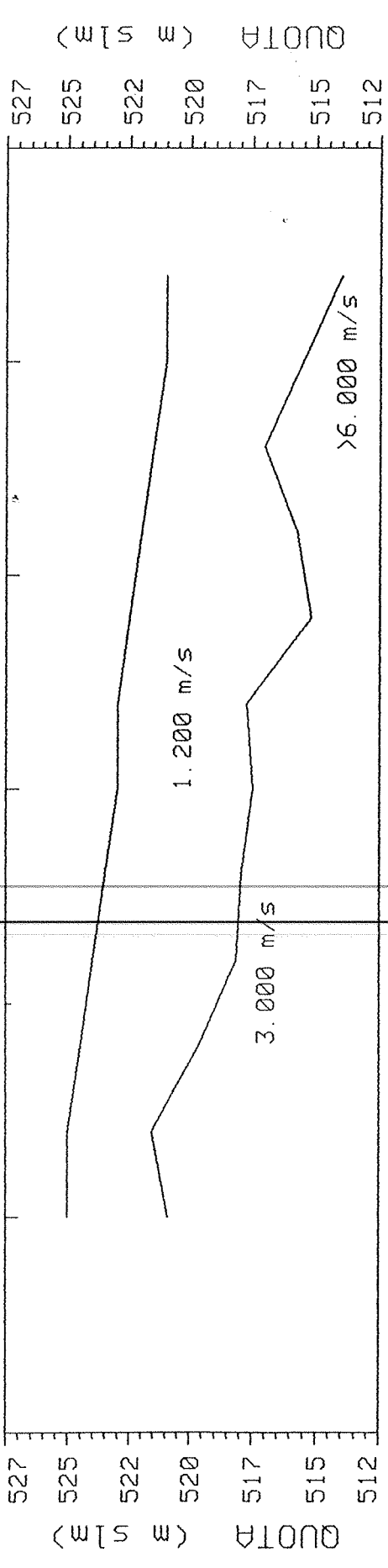
DISTANZA (m)

| | | | |
|--------------------------|-----------|-------------------------|--|
| for: A.N.A.S. | | NUOVA SS 131 | |
| by: Tecnogeo s.r.l. - CA | | S.S. 131 "CARLO FELICE" | |
| Data SetBON+B | | Date: 27/07/98 | |
| Equipment: GEOMETRICS | Spread: B | AZimuth 0 | |
| BONORVA | | | |

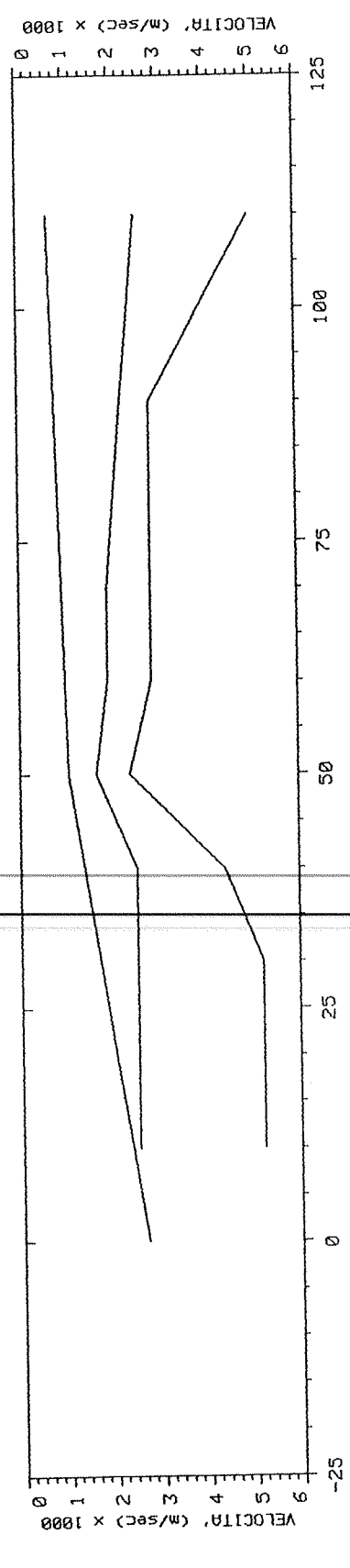
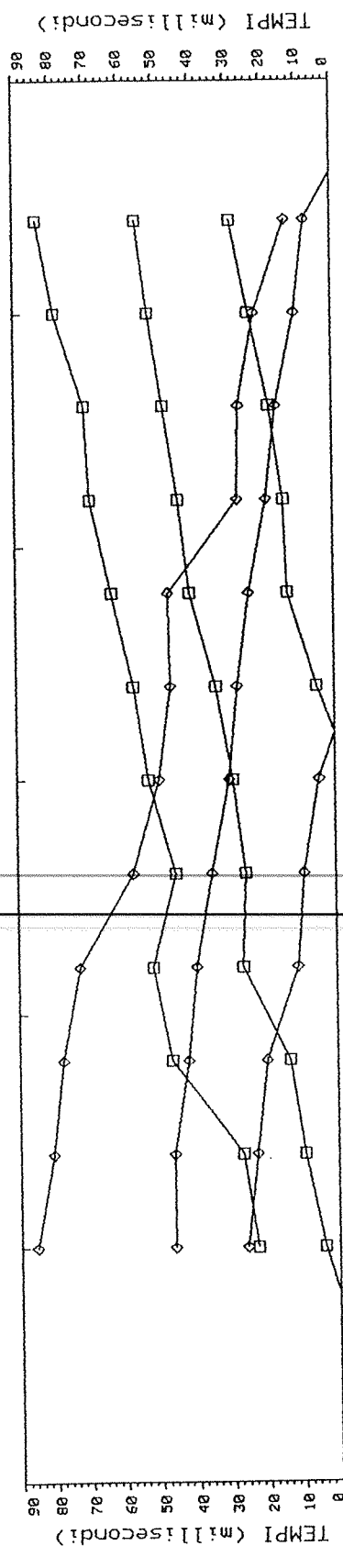
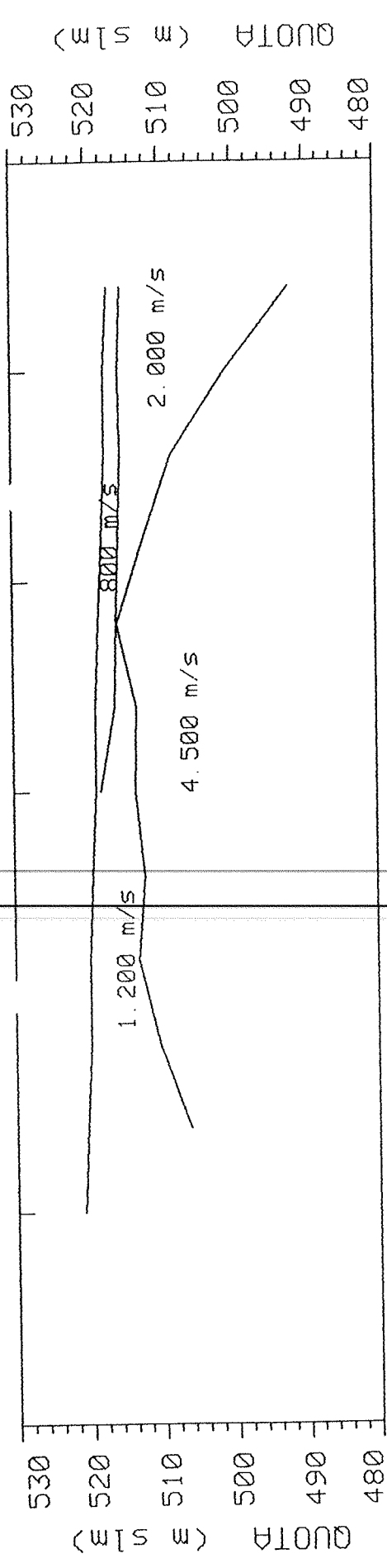


DISTANZA (m)

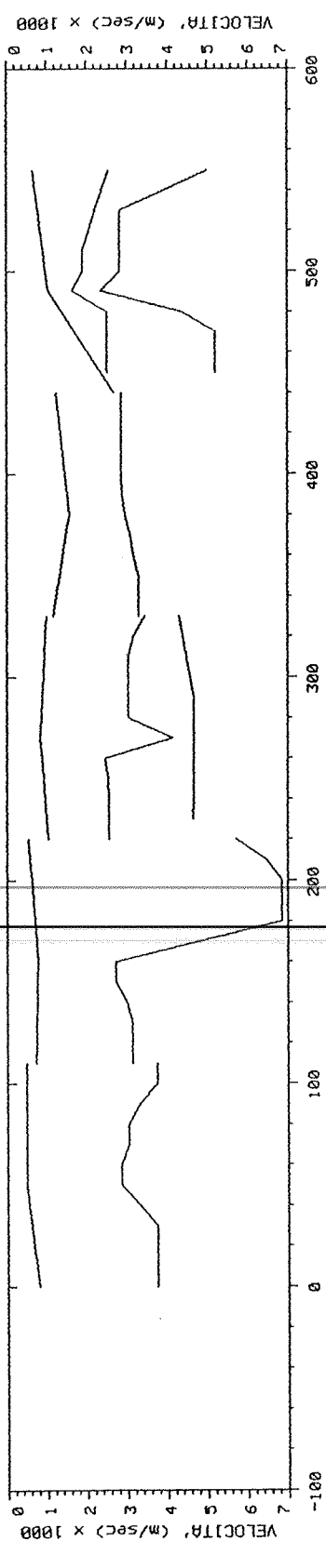
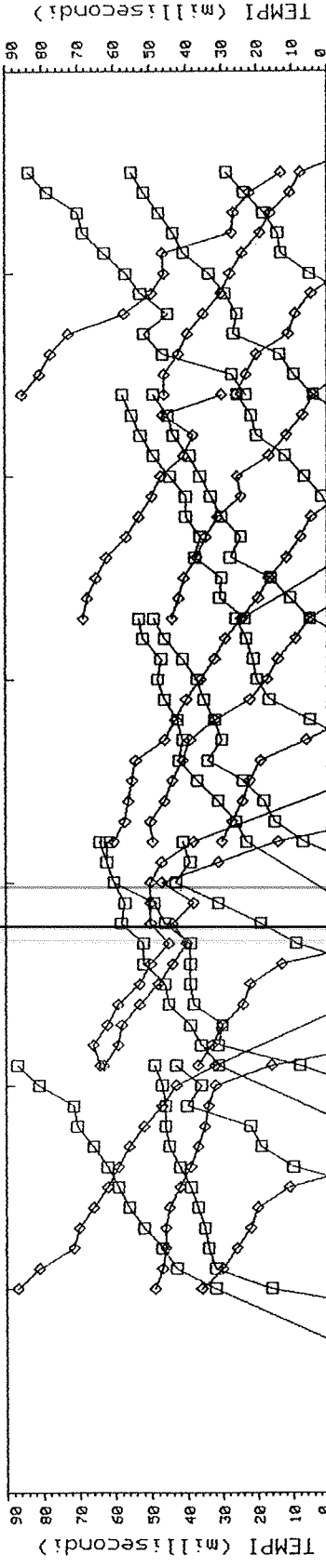
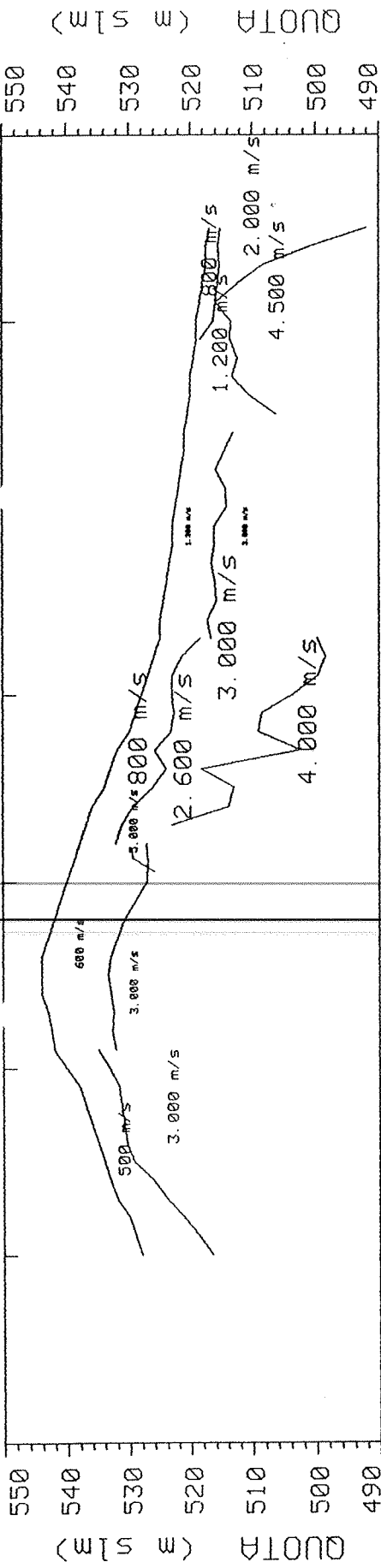
| | | | |
|--------------------------|----------------|-------------------------|--|
| for: A.N.A.S. | | NUOVA SS 131 | |
| by: Tecnogeo s.r.l. - CA | | S.S. 131 "CARLO FELICE" | |
| Data SetBON+C | Date: 27/07/98 | BONORVA | |
| Equipment: GEOMETRICS | Spread: C | Azimuth: 0 | |



| | | | |
|--------------------------|-------------|-------------------------|---|
| for: A.N.A.S. | | S.S. 131 "CARLO FELICE" | |
| by: Tecnogeo s.r.l. - CA | | BONORVA | |
| Data Set | BON+D | Date: | |
| Equipment: | EG4G ES1225 | Spread: | D |
| | | Azimuth: | |



| | | | |
|--------------------------|-------------|-------------------------|---|
| for: A.N.A.S. | | S.S. 131 "CARLO FELICE" | |
| by: Tecnogeo s.r.l. - CA | | BONORVA | |
| Data Set | BON+E | Date: | |
| Equipment: | EG&G ES1225 | Soread: | E |
| | | Azimuth: | |



DISTANZA (m)

| | | | |
|--------------------------|-----------|-------------------------|--|
| for: A.N.A.S. | | S.S. 131 "CARLO FELICE" | |
| by: Tecnogeo s.r.l. - CA | | BONORVA | |
| Data Set | BON+E | Date: | |
| Equipment: ECAC BS1225 | Spread: E | Azimuth: | |

SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

| SEGMENT | SHOT1 | SHOT2 | R1 | R2 | RA | X-Y | No. Pts |
|---------|-------|-------|----|----|----|-------|---------|
| 1 | 1 | 12 | 0 | 0 | 1 | 10.00 | 11 |
| 2 | 6 | 12 | 1 | 2 | 1 | 10.00 | 4 |
| 3 | 6 | 1 | 1 | 2 | 1 | 10.00 | 2 |
| 4 | 11 | 12 | 1 | 0 | 1 | 10.00 | 11 |
| 5 | 11 | 6 | 2 | 1 | 1 | 10.00 | 2 |
| 6 | 1212 | 1 | 0 | 0 | 1 | 10.00 | 11 |
| 7 | 1212 | 6 | 2 | 1 | 1 | 10.00 | 4 |
| 8 | 1212 | 11 | 0 | 1 | 1 | 10.00 | 11 |

Reciprocal time estimates from refractors R1 and R2
Refractor RA is refractor analyzed

Optimum X-Y value estimates:

| LAYER | MINIMUM X-Y | AVERAGE X-Y | MAXIMUM X-Y |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 1.52 | 2.43 | 4.99 |
| 2 | 6.61 | 6.61 | 6.61 |

GRM DEPTH SECTION RESULTS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), Z: DEPTH (m)

| S-N | V1 | V2 | V3 | V4 | Z1 | Z2 | Z3 |
|-------|--------|---------|---------|----|--------|-------|----|
| | 807.45 | 3736.66 | | | 11.536 | | |
| 1.00 | 741.42 | 3736.66 | | | 10.407 | | |
| 2.00 | 675.38 | 3736.66 | | | 8.931 | | |
| 3.00 | 609.34 | 3736.66 | | | 8.058 | | |
| 4.00 | 543.31 | 3322.66 | | | 6.821 | | |
| 5.00 | 477.27 | 2847.95 | 4583.33 | | 4.696 | 9.226 | |
| 6.00 | 478.75 | 2846.39 | | | 4.529 | | |
| 7.00 | 480.22 | 3043.01 | | | 5.250 | | |
| 8.00 | 481.69 | 3043.01 | | | 5.708 | | |
| 9.00 | 483.16 | 3320.47 | | | 6.341 | | |
| 10.00 | 484.64 | 3736.66 | | | 6.803 | | |
| 11.00 | 486.11 | 3736.66 | | | 6.945 | | |

*

Tecnogeo s.r.l. - CA

*

SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

| SEGMENT | SHOT1 | SHOT2 | R1 | R2 | RA | X-Y | No. Pts |
|---------|-------|-------|----|----|----|-------|---------|
| 1 | 225 | 223 | 1 | 1 | 1 | 10.00 | 5 |
| 2 | 225 | 224 | 2 | 1 | 1 | 10.00 | 3 |
| 3 | 226 | 223 | 2 | 1 | 1 | 10.00 | 5 |
| 4 | 226 | 224 | 0 | 1 | 1 | 10.00 | 3 |
| 5 | 226 | 225 | 1 | 1 | 1 | 10.00 | 3 |
| 6 | 227 | 223 | 2 | 1 | 1 | 10.00 | 5 |
| 7 | 227 | 224 | 0 | 1 | 1 | 10.00 | 3 |
| 8 | 227 | 225 | 1 | 1 | 1 | 10.00 | 4 |

Reciprocal time estimates from refractors R1 and R2
Refractor RA is refractor analyzed

Optimum X-Y value estimates:

| LAYER | MINIMUM X-Y | AVERAGE X-Y | MAXIMUM X-Y |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 2.06 | 3.89 | 6.34 |

GRM DEPTH SECTION RESULTS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), Z: DEPTH (m)

| S-N | V1 | V2 | V3 | V4 | Z1 | Z2 | Z3 |
|-------|--------|---------|----|----|--------|----|----|
| | 726.26 | 3134.44 | | | 9.786 | | |
| 1.00 | 736.74 | 3134.44 | | | 9.743 | | |
| 2.00 | 747.22 | 3134.44 | | | 10.505 | | |
| 3.00 | 757.71 | 2997.61 | | | 11.035 | | |
| 4.00 | 768.19 | 2723.94 | | | 10.620 | | |
| 5.00 | 778.67 | 2723.94 | | | 11.090 | | |
| 6.00 | 739.94 | 4790.54 | | | 11.212 | | |
| 7.00 | 701.21 | 6857.14 | | | 11.263 | | |
| 8.00 | 662.48 | 6857.14 | | | 12.132 | | |
| 9.00 | 623.75 | 6857.14 | | | 12.904 | | |
| 10.00 | 585.03 | 6476.18 | | | 11.969 | | |
| 11.00 | 546.30 | 5714.27 | | | 10.789 | | |

*

Tecnogeo s.r.l. - CA

*

SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

| SEGMENT | SHOT1 | SHOT2 | R1 | R2 | RA | X-Y | No. Pts |
|---------|-------|-------|----|----|----|-------|---------|
| 1 | 230 | 228 | 2 | 1 | 1 | 10.00 | 4 |
| 2 | 230 | 229 | 2 | 1 | 1 | 10.00 | 3 |
| 3 | 231 | 228 | 2 | 2 | 2 | 30.00 | 5 |
| 4 | 231 | 229 | 0 | 2 | 2 | 30.00 | 6 |
| 5 | 231 | 230 | 1 | 1 | 1 | 10.00 | 5 |
| 6 | 232 | 228 | 2 | 2 | 2 | 30.00 | 5 |
| 7 | 232 | 229 | 0 | 2 | 2 | 30.00 | 6 |
| 8 | 232 | 230 | 1 | 1 | 1 | 10.00 | 5 |

Reciprocal time estimates from refractors R1 and R2
Refractor RA is refractor analyzed

Optimum X-Y value estimates:

| LAYER | MINIMUM X-Y | AVERAGE X-Y | MAXIMUM X-Y |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 2.41 | 4.02 | 6.44 |
| 2 | 9.35 | 24.82 | 43.53 |

GRM DEPTH SECTION RESULTS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), Z: DEPTH (m)

| S-N | V1 | V2 | V3 | V4 | Z1 | Z2 | Z3 |
|-------|---------|---------|---------|----|-------|--------|----|
| | 1041.67 | 2567.88 | | | 5.814 | | |
| 1.00 | 1002.31 | 2567.88 | 4643.51 | | 5.845 | 13.791 | |
| 2.00 | 962.95 | 2567.88 | 4666.24 | | 6.578 | 22.158 | |
| 3.00 | 923.59 | 2534.96 | 4677.60 | | 7.797 | 20.961 | |
| 4.00 | 884.23 | 2469.13 | 4677.60 | | 8.986 | 14.627 | |
| 5.00 | 844.87 | 4124.58 | 4677.60 | | 6.030 | 29.478 | |
| 6.00 | 870.73 | 3039.91 | 4677.60 | | 6.705 | 20.946 | |
| 7.00 | 896.58 | 3039.91 | 4677.60 | | 6.231 | 20.473 | |
| 8.00 | 922.44 | 3039.91 | 4581.82 | | 4.912 | 24.355 | |
| 9.00 | 948.29 | 3039.91 | 4486.04 | | 3.864 | 27.370 | |
| 10.00 | 974.15 | 3176.03 | 4390.26 | | 4.530 | 27.535 | |
| 11.00 | 1000.00 | 3448.26 | 4294.48 | | 6.550 | 25.273 | |

*

Tecnogeo s.r.l. - CA

*

SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

| SEGMENT | SHOT1 | SHOT2 | R1 | R2 | RA | X-Y | No. Pts |
|---------|-------|-------|----|----|----|-------|---------|
| 1 | 235 | 233 | 0 | 0 | 1 | 10.00 | 6 |
| 2 | 235 | 234 | 1 | 0 | 1 | 10.00 | 3 |
| 3 | 236 | 233 | 1 | 1 | 1 | 10.00 | 6 |
| 4 | 236 | 234 | 0 | 0 | 1 | 10.00 | 6 |
| 5 | 237 | 233 | 0 | 1 | 1 | 10.00 | 11 |
| 6 | 237 | 234 | 0 | 0 | 1 | 10.00 | 8 |

Reciprocal time estimates from refractors R1 and R2
Refractor RA is refractor analyzed

Optimum X-Y value estimates:

| LAYER | MINIMUM X-Y | AVERAGE X-Y | MAXIMUM X-Y |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 5.25 | 6.72 | 8.45 |
| 2 | 9.84 | 9.84 | 9.84 |

GRM DEPTH SECTION RESULTS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), Z: DEPTH (m)

| S-N | V1 | V2 | V3 | V4 | Z1 | Z2 | Z3 |
|-------|---------|---------|---------|----|-------|--------|----|
| | 1166.67 | 3307.78 | | | 8.225 | | |
| 1.00 | 1248.14 | 3307.78 | | | 7.707 | | |
| 2.00 | 1329.61 | 3307.78 | | | 8.626 | | |
| 3.00 | 1411.08 | 3171.69 | | | 7.957 | | |
| 4.00 | 1492.55 | 3103.65 | | | 6.897 | | |
| 5.00 | 1574.02 | 2974.32 | | | 6.850 | | |
| 6.00 | 1520.02 | 2885.09 | | | 6.793 | | |
| 7.00 | 1466.01 | 2880.57 | | | 8.301 | | |
| 8.00 | 1412.01 | 2880.57 | | | 7.731 | | |
| 9.00 | 1358.01 | 2880.57 | | | 5.568 | | |
| 10.00 | 1304.00 | 2880.57 | | | 6.487 | | |
| 11.00 | 1250.00 | 2880.57 | 3846.15 | | 7.859 | 11.016 | |

*

Tecnogeo s.r.l. - CA

*

SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

| SEGMENT | SHOT1 | SHOT2 | R1 | R2 | RA | X-Y | No. Pts |
|---------|-------|-------|----|----|----|-------|---------|
| 1 | 240 | 23 | 0 | 0 | 2 | 30.00 | 3 |
| 2 | 241 | 23 | 2 | 2 | 2 | 30.00 | 3 |
| 3 | 241 | 240 | 2 | 1 | 1 | 10.00 | 2 |
| 4 | 242 | 23 | 0 | 2 | 2 | 30.00 | 8 |
| 5 | 242 | 239 | 0 | 0 | 2 | 30.00 | 8 |
| 6 | 242 | 240 | 2 | 2 | 2 | 30.00 | 4 |

Reciprocal time estimates from refractors R1 and R2
Refractor RA is refractor analyzed

Optimum X-Y value estimates:

| LAYER | MINIMUM X-Y | AVERAGE X-Y | MAXIMUM X-Y |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 0.82 | 1.67 | 2.77 |
| 2 | 1.69 | 10.84 | 24.20 |

GRM DEPTH SECTION RESULTS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), Z: DEPTH (m)

| S-N | V1 | V2 | V3 | V4 | Z1 | Z2 | Z3 |
|-------|---------|---------|---------|----|-------|--------|----|
| 44.00 | 2692.31 | | | | | | |
| 45.00 | 2364.96 | 2516.04 | 5207.42 | | | 14.164 | |
| 46.00 | 2037.61 | 2516.04 | 5207.42 | | | 9.551 | |
| 47.00 | 1710.26 | 2516.04 | 5207.42 | | | 6.721 | |
| 48.00 | 1382.91 | 2516.04 | 4382.57 | | | 7.093 | |
| 49.00 | 1055.56 | 1655.93 | 2372.44 | | 0.640 | 5.412 | |
| 50.00 | 990.74 | 1904.75 | 2836.88 | | 2.663 | 5.567 | |
| 51.00 | 925.93 | 1904.75 | 2836.88 | | 2.488 | 2.536 | |
| 52.00 | 861.11 | 2068.10 | 2836.88 | | 2.334 | 5.699 | |
| 53.00 | 796.30 | 2231.45 | 2836.88 | | 2.176 | 9.105 | |
| 54.00 | 731.48 | 2394.79 | 3918.44 | | 2.015 | 16.577 | |
| 55.00 | 666.67 | 2558.14 | 5000.00 | | 1.852 | 25.018 | |

*

Tecnogeo s.r.l. - CA

*