

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: J94F04000020001

U.O. GEOLOGIA

PROGETTO DEFINITIVO

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

SONDAGGI GEOGNOSTICI PROFONDI (SONDAGGIO S2)

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

I B L 1 1 0 D 6 9 S G G E 0 0 0 5 0 0 5 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	G. Isella		S. Bodani		C. Mazzocchi		F. Marchese	

File:

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SONDAGGIO S2	5
2.1	ATTREZZATURA DI SONDAGGIO	5
2.2	METODOLOGIA	6
2.3	CAMPIONAMENTO.....	7
2.4	PIEZOMETRO.....	8
2.5	RILIEVO GEOMECCANICO.....	9
3	PROVE DI PERMEABILITÀ LUGEON	10
3.1	MODALITÀ DI PROVA	10
4	PROVE DILATOMETRICHE.....	11
4.1	CARATTERISTICHE DELLO STRUMENTO.....	11
4.2	ESECUZIONE DELLA PROVA.....	11
4.3	CALCOLO DEI MODULI	12
5	PROVE DI FRATTURAZIONE IDRAULICA.....	13
5.1	GENERALITÀ.....	13
5.2	RISULTATI DELLE PROVE	14
5.3	INTERPRETAZIONE DELLA MISURA TENSIONALE	15
5.4	DESCRIZIONE DELL'ATTREZZATURA.....	17
5.5	PROCEDURA DI PROVA	18
5.6	ELABORAZIONE DEI GRAFICI SPERIMENTALI	20
5.6.1	<i>Orientazione della frattura (ψ_f e ϕ_f)</i>	<i>20</i>
5.6.2	<i>Pressione di shut-in (p_s).....</i>	<i>20</i>
5.6.3	<i>Pressione di riapertura (p_r)</i>	<i>23</i>
5.7	CALCOLO DEL CAMPO TENSIONALE	24

5.7.2	<i>Campo tensionale linearmente variabile.....</i>	25
5.7.3	<i>Sistema di coordinate solidale con il sondaggio.....</i>	26
5.7.4	<i>Inversione del sistema sovradeterminato di osservazioni sperimentali</i>	28
5.7.5	<i>Interpretazione dei dati di prova: criteri di shut-in e di riapertura della frattura.....</i>	28
5.7.6	<i>Fratture multiple e limiti di confidenza del risultato</i>	32
	ALLEGATI.....	35

1 PREMESSA

Il sondaggio S2 descritto in questo fascicolo fa parte di un'indagine geognostica consistita nell'esecuzione di un totale di n° 3 sondaggi di seguito elencati:

S2 eseguito in località Fortezza (BZ), spinto alla profondità di 240,00 m

S4R eseguito in località Varna (BZ), spinto alla profondità di 275,00 m

S7R eseguito in località Tiles (BZ), spinto alla profondità di 230,50 m

Informazioni generali del sondaggio S2

La quota zero assunta come inizio del sondaggio corrisponde al piano campagna =+968,38 m

Nel corso della perforazione si è proceduto a:

- prelievo di campioni lapidei
- prove di permeabilità “Lugeon”
- prove dilatometriche
- prove di fratturazione idraulica

Alla fine della perforazione si è proceduto alla messa in opera della seguente strumentazione :

- piezometro a tubo aperto Ø 2”



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

SONDAGGI GEOGNOSTICI PROFONDI (Sondaggio S2)

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69SG	GE 00 05 005	A	5 di 35

2 SONDAGGIO S2

2.1 Attrezzatura di sondaggio

Il sondaggio è stato eseguito con sonda a rotazione a testa idraulica PSM 980G autocarrata aventi le seguenti caratteristiche:

sonda tipo	PSM - 980G		
allestimento	su Autocarro Merlo AM35EV		
motore	DEUTZ BF-4M 2012C		
testa di rotazione	a motore idraulico		
	cambio a 4 rapporti di velocità		
	coppia torcente 980 Kgm		
	velocità max di rotazione 550 giri/min		
corsa utile (mm)	3600		
spinta max (Kg)	5800		
trazione max (Kg)	8300		
argano di manovra	3350		
freno	idraulico		
svita aste	idraulico		
pompa per fango	Triplex 200		
antenna	ribaltamento idraulico		
peso	attrezzatura compreso mezzo: 10900		



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

SONDAGGI GEOGNOSTICI PROFONDI (Sondaggio S2)

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69SG	GE 00 05 005	A	6 di 35

2.2 Metodologia

Il sondaggio è stato eseguito :

- a) con metodo tradizionale
- b) con sistema Wire Line.

a) L'avanzamento a carotaggio continuo con metodo tradizionale è avvenuto con carotieri semplici e doppi T6 muniti di corona diamantata diametro nominale 130 mm azionati mediante batteria di aste diam. 76 mm. Il foro è stato rivestito a mano a mano che procedeva la perforazione con tubazione metallica provvisoria serie pesante diam. 127/152 mm fino a 44.40 m, per un migliore contenimento della colonna wire line.

- b) L'avanzamento a carotaggio continuo con metodo Wire Line tipo HQ è avvenuto dalla quota di 44.40 m fino alla profondità finale di 240.00 m da p.c.

I carotieri a cavo (wire line) sono carotieri doppi in cui il tubo interno può essere riportato in superficie, all'interno delle aste , con un cavo in acciaio agganciato da una parte ad una pinza di recupero ("overshot") e dall'altra ad un argano ausiliario , così che le aste , il tubo esterno del carotiere e la corona restano in foro. Il sistema è costituito da un carotiere doppio che, utilizzando aste di diametro simile a quello del tubo interno , permette il recupero di quest'ultimo senza che sia necessario rimontare la batteria delle aste ed il tubo esterno . La principale particolarità del sistema è costituita dalla possibilità di controllare che il tubo interno sia agganciato ed alloggiato correttamente nel carotiere grazie ad un aumento di pressione osservabile al manometro della pompa d'iniezione nel momento in cui il tubo stesso raggiunge il suo alloggiamento.

I materiali estratti dai carotieri sono stati sistemati in apposite cassette catalogatrici con scomparti.

Sulle cassette sono stati indicati in modo indelebile: nominativo della Committente e della località, n. del sondaggio, progressiva della cassetta e profondità di riferimento.

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
SONDAGGI GEOGNOSTICI PROFONDI (Sondaggio S2)	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBL1	10	D 69SG	GE 00 05 005	A	7 di 35

documentazione

Il sondaggio è stato descritto in apposito modulo stratigrafico in cui sono indicate in funzione della profondità (1 m di sondaggio = 1 cm di stratigrafia):

- descrizione dei terreni di copertura attraversati con spessore , colore, composizione granulometrica approssimata , frazione prevalente e descrizione della roccia
- descrizione geomeccanica della roccia , natura litologica , grado di fatturazione , riempimento fratture , grado di alterazione , colore, % di carotaggio riferita ad ogni manovra , calcolo dell'indice RQD
- quota relativa all'esecuzione di ogni prova eseguita in foro
- schema geometrico posa piezometro

2.3 Campionamento

I campioni lapidei sono stati selezionati dal carotaggio nella fase di sistemazione dello stesso nella cassetta catalogatrice. Essi sono rappresentativi della formazione rocciosa. Sono stati sigillati sia in fustelle in PVC che in sacchetti di plastica trasparente, contraddistinti con cartellino adesivo indelebile posto all'esterno del sacchetto riportante: nominativo della Committente e della località, n. del sondaggio, progressiva del campione e profondità di prelievo.

documentazione

I prelievi e la relativa quota sono indicati nelle apposite colonne degli elaborati grafici.

2.4 Piezometro

Il piezometro è costituito da una batteria di tubi in PVC , diam 2” , filettati m/f sullo spessore e giuntati in forma solidale fino all’ottenimento della lunghezza richiesta .

Dopo aver recuperato le aste WL si è proceduto all’installazione del tubo piezometrico come sopra descritto alla profondità di 240 m .

La geometria del piezometro è :

- 240 – 200 m tratto fenestrato
- 200 – p.c. tratto cieco
- Nell’intercapedine fra la parete del foro e la colonna di tubi in PVC (tratto 240 – 199 m) è stato formato un filtro costituito da ghiaietto siliceo (diam 3-5 mm) .
- Al di sopra si è creato un tampone di sabbia fine (199 -196 m)
- Il tratto superiore dell’intercapedine è stato impermeabilizzato con miscela ternaria acqua/cemento/bentonite nel seguente rapporto : 100 l acqua , 150 Kg di cemento e 3 Kg di bentonite in polvere (196 - p.c.) .
- La parte terminale del piezometro è stata protetta con pozzetto provvisto di lucchetto .
- A quota p.c., a protezione del tutto è stato posto un pozzetto carrabile 40X40 mm.

Nella tabella sottostante sono riportate le letture dell’acqua effettuate dopo l’installazione del piezometro

16/02/2012	28/02/2012	13/03/2012	29/03/2012	12/04/2012	27/04/2012	04/05/2012
-106.94	-106.35	-106.48	-106.54	-106.97	-106.82	-106.79

2.5 Rilievo geomeccanico

Il sondaggio nella parte in roccia è stato descritto seguendo i criteri del rilievo geomeccanico.

Dopo la descrizione generale del tipo litologico attraversato e delle strutture in esso presenti (stratificazione e fratturazione) il rilievo geomeccanico prevede un'accurata e dettagliata descrizione di:

- 1) Lunghezza della manovra di carotaggio
- 2) Percentuale di carotaggio
- 3) Determinazione della percentuale di recupero modificata (R.Q.D.) che deriva dal rapporto percentuale tra la somma delle singole lunghezze degli spezzoni di carota maggiori di 10 cm e la lunghezza del tratto perforato, con l'accorgimento in caso di fratture oblique di misurare la lunghezza del singolo spezzone di carota corrispondenza dell'asse della carota e di non considerare le rotture meccaniche delle carote dovute alle operazioni di carotaggio o comunque successive al carotaggio. Il valore di RQD dovrà essere determinato per tratti di carota di lunghezza non superiore a quella delle singole manovre di carotaggio
- 4) Discontinuità: numerazione delle discontinuità, descrizione del tipo di discontinuità (S – F – M) e profondità delle discontinuità
- 5) Fratturazione: è indicata la spaziatura delle fratture (giunti o discontinuità), passando da una presenza di fratture estremamente distanziate per gradi intermedi fino alla presenza di fratture estremamente ravvicinate
- 6) Grado di scabrezza (JRC): i valori variano da una discontinuità con forma piana ad una discontinuità che presenta una forma segmentata
- 7) Alterazione: secondo una scala di valori che parte dall'assenza visibile di segni d'alterazione per una roccia sana fino ad una intensa alterazione dove la roccia si presenta decomposta e friabile e dove non è più riconoscibile da struttura originaria passando per stadi intermedi di alterazione (debole, media elevata)
- 8) Strutture particolari: viene indicata la presenza e le caratteristiche di strutture particolari legate a processi di alterazione o trasporto (presenza di interlivelli di limo/argilla ed eventuali clasti come riempimento dei giunti, presenza di venature di calcite secondaria, presenza di patine d'ossidazione)



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

SONDAGGI GEOGNOSTICI PROFONDI (Sondaggio S2)

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69SG	GE 00 05 005	A	10 di 35

3 PROVE DI PERMEABILITÀ LUGEON

Nei tratti di sondaggio predeterminati , per valutare la permeabilità dell’ammasso roccioso , sono state eseguite prove Lugeon in avanzamento .

3.1 Modalità di prova

Interrotta la perforazione alla quota stabilita e recuperato il carotiere mediante l’ “overshot” si arretrano le aste per la lunghezza necessaria alla sezione della camera di prova stabilita ; quindi si inserisce il packer pneumatico a doppia tenuta calato con il cavo d’acciaio WL entro le aste unitamente al cavo di adduzione dell’azoto .

Successivamente , a mezzo bombole di azoto , si procede al gonfiaggio del packer alla pressione adeguata alla profondità della prova ed alla pressione monometrica di iniezione

Per valutare la permeabilità in termini di assorbimento , l’acqua viene inviata dal cavalletto di iniezione direttamente alle aste WL .

Il packer a doppia tenuta è strutturato in due parti in modo che :

- una parte possa essere gonfiata entro le aste e faccia tenuta interna
- l’altra si espanda immediatamente al di sotto della corona WL e , adattandosi alla parete del foro , eviti sifonamenti

Generalmente la lunghezza della camera è di 5 m , in caso di instabilità delle pareti del foro o di assorbimenti elevati , si può ridurre tale lunghezza a 2 m .

Ogni sezione di prova è eseguita con diversi valori di pressione (in progressione crescente e poi decrescente) per ogni gradino , mantenuti costanti per 10 min dopo il raggiungimento delle condizioni di regime .

documentazione

La documentazione comprende una tabella riassuntiva ove per ogni prova sono determinate :

- Il numero del sondaggio , il numero della prova e la data
- La geometria della tasca di prova
- Il livello acquifero nel foro
- Il grafico dei valori pressione di iniezione / assorbimento (i valori di pressione sono quelli effettivi , corretti al calcolatore per le perdite di carico lungo il circuito di immissione e per il sovraccarico idrostatico)
- Il valore della permeabilità espresso in U.L.(Unità Lugeon) ; 1 UL corrisponde a 1litro/min/1m diforo alla pressione di iniezione di 10 Atm .

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
SONDAGGI GEOGNOSTICI PROFONDI (Sondaggio S2)	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBL1	10	D 69SG	GE 00 05 005	A	11 di 35

4 PROVE DILATOMETRICHE

4.1 Caratteristiche dello strumento

Le prove sono state eseguite con dilatometro flessibile DILAROC TELEMAR, costituito da centralina di acquisizione N° 11D01 e sonda LM 99/16 MOD. DMP 02/95, di diametro 95 mm.

La sonda e la centralina di misura sono collegate da un cavo elettrico multipolare e da un cavo pneumatico ad alta resistenza. Nella sonda sono alloggiati due trasduttori di pressione e tre trasduttori di spostamento con fondo scala di 25 mm, rispettivamente con risoluzione 0.2 % f.s. e 1/1000 mm e precisione di 0.1 bar e 5/1000 mm.

La sonda ha un diametro di 95 mm, lunghezza del tratto di prova di 1000 mm, con rapporto lunghezza/diametro maggiore di 10.

Per regolare la pressione si utilizza un sistema composto da valvola e rubinetto, con capacità 0-200 bar in grado di aumentare, diminuire o mantenere costante la pressione all'interno della sonda.

4.2 Esecuzione della prova

La prova dilatometrica, è concettualmente simile ad una pressimetria, si esegue sulle pareti dei fori di sondaggio privo di rivestimento procedendo dal basso verso l'alto a sondaggio completato, oppure in avanzamento, realizzando una tasca di prova sul fondo foro.

Essa consiste nel mettere in pressione un tratto di foro della lunghezza di 1m e misurarne le deformazioni diametrali. La pressione viene esercitata in maniera uniforme grazie alla guaina flessibile della sonda.

La prova viene eseguita con tre cicli completi di carico e scarico, la pressione massima raggiunta ad ogni ciclo viene raddoppiata a quello successivo e dipende dalla profondità della prova stessa e dalle caratteristiche della roccia. In particolare i valori di massima pressione vengono ridotti quando il foro presenta un diametro iniziale troppo elevato o la sezione dello stesso presenta una eccentricità marcata soprattutto se in presenza di rocce ad alta deformabilità.

La “prova di creep” consiste nel mantenere la pressione costante e misurare le deformazioni diametrali ad intervalli prefissati, di solito si esegue in corrispondenza del gradino di pressione più alto di ogni ciclo.

4.3 Calcolo dei moduli

I moduli sono stati calcolati in base alle teorie sull'espansione delle cavità cilindriche, in particolare per rocce a comportamento lineare-elastico si utilizza l'equazione $E = (1 + \nu) * D \Delta p / \Delta D$, con:

Δp = variazione di pressione

ΔD = variazione diametrale

ν = coefficiente di Poisson (valore raccomandato in letteratura = 0.25)

D = diametro iniziale del foro

Prove dilatometriche DILAROC :

PROVA	DATA	PROF. PROVA (m)	CERT. N.	Modulo di deformazione (Mpa)	Modulo elastico (Mpa)
S2D1	20/01/2012	235,0	E04/05	12340	23126
S2D2	20/01/2012	190,0	E04/06	6237	11137

5 PROVE DI FRATTURAZIONE IDRAULICA

5.1 Generalità

Nel periodo 18-19 gennaio 2012, le società RCT S.R.L di Peschiera Borromeo (MI) e Sial.tec ENGINEERING S.R.L di Montello (BG), hanno eseguito una misura di stato tensionale originario mediante prove di fratturazione idraulica nel foro di sondaggio verticale S2 (Galleria Scaleres), ubicato in località Fortezza (BZ).

Complessivamente sono state effettuate n.3 prove di fatturazione idraulica (HF) a profondità da bocca foro variabili tra 192.0 m e 238.5 m.

Per l'interpretazione si è assunto che il sondaggio abbia direzione $\psi_H=0.0^\circ$ e inclinazione sull'orizzontale $\phi_H=90^\circ$.

La seguente tabella riassume i dati generali delle 3 prove HF eseguite.

Trattandosi di un sondaggio verticale, le coperture corrispondono alla posizione delle prove.

TABELLA 1.hf – PROVE HF SONDAGGIO S2

<u>sigla prova</u>	<u>posizione da boccaforo</u> [m]	<u>copertura</u> [m]	<u>data esecuzione prova</u>	<u>data esecuzione impronta</u>
<u>HF1</u>	<u>238.5</u>	<u>238.5</u>	<u>18 gen 2012</u>	<u>19 gen 2012</u>
<u>HF2</u>	<u>219.0</u>	<u>219.0</u>	<u>18 gen 2012</u>	<u>19 gen 2011</u>
<u>HF3</u>	<u>192.0</u>	<u>192.0</u>	<u>18 gen 2012</u>	<u>19 gen 2011</u>

Il risultato dell'interpretazione delle prove è l'insieme delle equazioni che definiscono il campo tensionale originario calcolato sulla base dei dati di prova (paragrafo 5.3). Il risultato delle prove è rappresentato nel sistema di riferimento geografico:

X= Nord
Y= Est
Z= Basso

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
SONDAGGI GEOGNOSTICI PROFONDI (Sondaggio S2)	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 69SG	DOCUMENTO GE 00 05 005	REV. A	FOGLIO 14 di 35

Si assumono distribuzioni di probabilità gaussiane sia per i dati di prova che per il risultato dell'interpretazione. I limiti di confidenza si riferiscono al 66% di probabilità.

Le tensioni compressive sono considerate positive.

5.2 Risultati delle prove

I grafici delle figure 1-24 (vedi Allegato E), rappresentano i diagrammi sperimentali e documentano la loro elaborazione.

In particolare ciascuna prova è documentata da due elaborati sperimentali:

- il grafico pressione-tempo: andamento temporale delle pressioni dei due circuiti idraulici durante la prova: in grigio è rappresentata la pressione del circuito dei packer, in rosso quella del circuito della cavità di prova (figure 2, 8 e 14);
- il grafico del rilievo di impronta: si rappresenta lo sviluppo piano della superficie esterna dell' "impression packer"; alcuni rilievi di impronta hanno evidenziato più fratture; ogni frattura dello stesso rilievo è contraddistinta da un diverso colore: ipotesi 1 rosso, ipotesi 2 giallo, ipotesi 3 verde; etc.; si rappresenta anche la "vista laterale dell'impression packer" dove, convenzionalmente, tutte le fratture sono rappresentate con direzione parallela allo sguardo dell'osservatore esterno; in questa rappresentazione il packer è trasparente; questo grafico serve per valutare la planarità delle fratture rilevate (figure 7, 13 e 19).

I grafici delle prove sono interpretati secondo le modalità descritte successivamente. Le figure in Allegato E rappresentano poi:

- l'analisi delle pressioni di riapertura (figure 3, 9 e 15);
- l'analisi delle pressioni di shut-in (figure 4-6, 10-12 e 16-18).

Le tabelle della figura 20 riassumono l'intera elaborazione. I valori di pressione caratteristici ed i dati di orientazione delle fratture sono ulteriormente sintetizzati in tabella 2.hf.

TABELLA 2.hf – RISULTATI DELLE PROVE

Prova	Z [m]	Pr [MPa]	Ps [MPa]	Po [MPa]	ψ [°]	ϕ [°]	I ipotesi frattura
HF1	238.5	5.00 ± 0.30	3.91 ± 0.03	2.20 ± 0.1	202.6 ± 1	80.6 ± 0.1	1
HF2	219.0	7.30 ± 0.30	5.24 ± 0.41	2.10 ± 0.1	181.1 ± 4.5	78.6 ± 0.5	1
HF3	192.0	4.50 ± 0.10	3.21 ± 0.56	1.70 ± 0.1	220.6 ± 1.1	75.0 ± 0.2	1
					196.0 ± 1.6	83.2 ± 0.5	2

Z: profondità media test-section

Pr: pressione si riapertura

Ps: pressione di shut-in (stimata con il metodo: tangent-intersection – gli altri metodi, in questo caso, non danno risultati attendibili – vedi grafici)

Po: pressione interstiziale prima della riapertura

ψ : immersione della frattura

ϕ : inclinazione della frattura

5.3 Interpretazione della misura tensionale

Le fratture interessate dalle prove risultano essere sub-verticali (rif. figura 21).

Quindi, per il calcolo del campo tensionale originario è necessario ipotizzare a priori il valore della componente di tensione verticale S_{ZZ} .

In particolare si assume:

$$\gamma = 0.027 \text{ MN/m}^3$$

$$S_{ZZ} = \gamma * Z$$

essendo Z la profondità e γ il peso specifico medio della roccia di copertura.

Fissando il gradiente verticale, utilizzando un modello di regressione con tensore linearmente variabile in funzione della copertura Z (nullo a $Z=0$), il problema sarebbe caratterizzato da 5 incognite: le 5 componenti incognite del tensore dei gradienti. Considerando che si dispone di sole 6 osservazioni (3 equazioni di shut-in + 3 equazioni di riapertura), è opportuno semplificare ulteriormente il modello interpretativo, assumendo che la verticale sia una direzione principale di tensione.

Il problema interpretativo è quindi caratterizzato da 3 incognite essendo:

$$\mathbf{S} = Z * \begin{vmatrix} a_{xx} & a_{xy} & 0 \\ a_{xy} & a_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & \gamma \end{vmatrix}$$

dove \mathbf{S} è il tensore degli sforzi alla generica profondità Z, mentre i parametri a_{ij} sono i gradienti verticali delle componenti di tensione.

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
SONDAGGI GEOGNOSTICI PROFONDI (Sondaggio S2)	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBL1	10	D 69SG	GE 00 05 005	A	16 di 35

L'analisi di regressione multipla dei dati di prova produce il seguente risultato:

$$a_{xx} = 0.0193 \text{ MPa/m}$$

$$a_{yy} = 0.0187 \text{ MPa/m}$$

$$\gamma = 0.027 \text{ MPa/m}$$

$$a_{xy} = -0.0032 \text{ MPa/m}$$

Le corrispondenti tensioni principali sono rappresentate nella seguente tabella in funzione della copertura Z , e diagrammate in figura 23.

TABELLA 3.hf – TENSIONI E DIREZIONI PRINCIPALI

componente	Tensione [MPa], Z [m]	Direzione [°]	Inclinazione [°]
$S_1 = S_v$	$(0.0270 \pm 0.0000) * Z$	0	90
$S_2 = S_H$	$(0.0222 \pm 0.0052) * Z$	318 ± 18	0
$S_3 = S_h$	$(0.0158 \pm 0.0042) * Z$	48 ± 18	0

La direzione di massima compressione ψ_{MAX} , (parallelamente alla quale agisce la tensione orizzontale massima SH) è quindi:

$$\psi_{MAX} = (138 - 318)^\circ \pm 18^\circ$$

Si osservi che, con il modello di regressione utilizzato, per definizione le direzioni principali di tensione sono indipendenti dalla copertura Z , mentre i valori delle tensioni principali variano linearmente con Z (figura 24).

Anche il rapporto K_0 tra tensione orizzontale e tensione verticale non dipende dalla copertura Z , ma varia con la direzione nell'intervallo:

$$K_{0MAX} = S_H / S_v = 0.85$$

$$K_{0MIN} = S_h / S_v = 0.58$$

Complessivamente lo stile tensionale è caratterizzato da tensioni orizzontali minori della componente verticale litostatica.

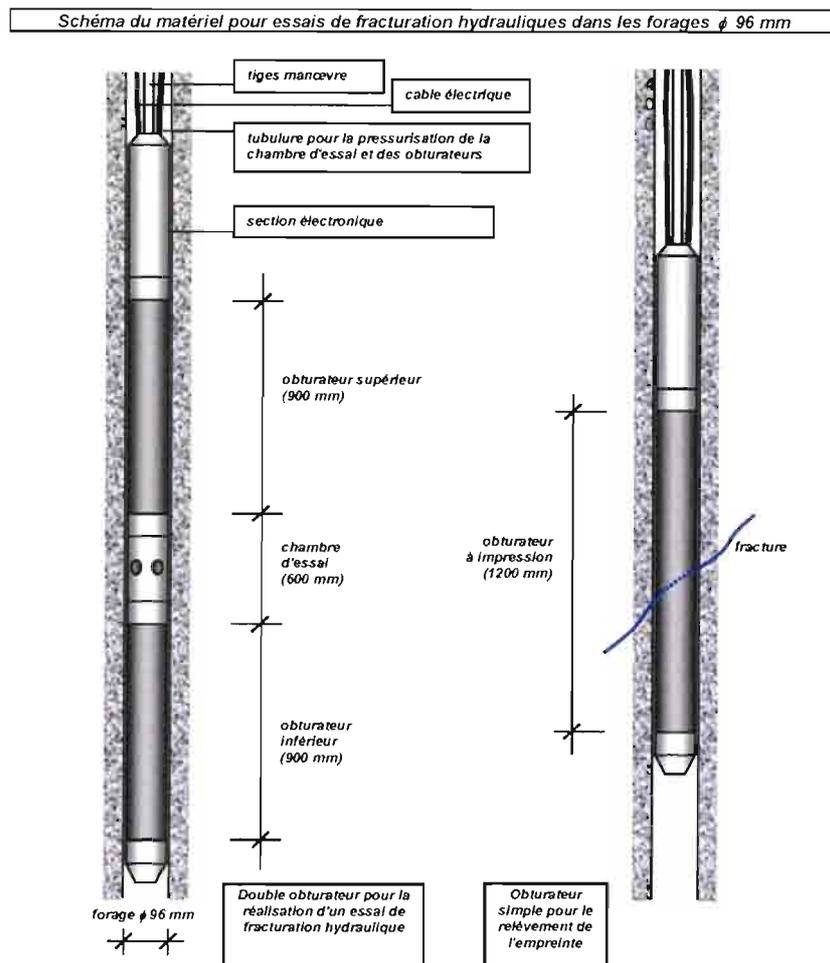
Una ulteriore rappresentazione del risultato della misura tensionale è data dagli stereogrammi della figura 24, dove si rappresenta il tensore degli sforzi calcolato in corrispondenza della profondità di 250 m.

5.4 Descrizione dell'attrezzatura

La sonda di fratturazione idraulica per perforazioni da 96-101 mm è costituita da un doppio packer gonfiabile con diametro nominale $D = 86.5$ mm. Nella sonda di fratturazione un distanziatore di acciaio è interposto tra i due elementi gonfiabili. I distanziatore ha lunghezza $L = 600$ mm e serve per materializzare la cavità di prova, la cui lunghezza è quindi superiore a 5 volte il diametro del foro, come suggerito dall'ISRM ($101 \times 5 = 505$ mm). I due packer hanno lunghezza $L = 900$ mm ciascuno.

Per rilevare l'orientazione delle fratture prodotte durante le prova, si utilizza un terzo packer avente lunghezza $L = 1200$ mm e diametro $D = 86.5$ mm, denominato impression-packer, rivestito esternamente da uno strato di una speciale gomma semivulcanizzata che, premuta sulla parete del foro, si estrude nella frattura e ne prende l'impronta.

Figura A1 – Schema delle sonde HF





QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

SONDAGGI GEOGNOSTICI PROFONDI (Sondaggio S2)

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69SG	GE 00 05 005	A	18 di 35

Le sonde utilizzate sono dotate di trasduttori di pressione e di elettronica di fondo foro. I segnali dei trasduttori sono acquisiti da un'unità elettronica adibita alla registrazione e visualizzazione in tempo reale dei grafici pressione-tempo (datalogger+pc). La frequenza di campionamento, acquisizione, e registrazione dei segnali in fase di prova è di 20 Hz.

Per misurare l'orientazione della sonda durante il rilievo della frattura, anche l'impression-packer è dotato di strumentazione elettronica di fondo foro: una bussola elettronica tipo flux-gate per le perforazioni sub-verticali; un inclinometro a doppio potenziometro per le perforazioni inclinate fino a 85° dall'orizzontale; entrambi gli strumenti hanno una sensibilità di circa 1°.

Due linee idrauliche indipendenti alimentano i circuiti del doppio packer e della cavità di prova.

Per la pressurizzazione si utilizzano due pompe elettriche. La portata delle pompe può essere regolata per mezzo di un apposito dispositivo idraulico, utile per adattare la prova alle condizioni locali della roccia (principalmente alla permeabilità); per rocce permeabili si devono adottare portate più elevate; in rocce a bassa permeabilità è sufficiente una portata più bassa. Il campo di portate ottenibili è $Q = 0.1-9.0$ l/sec.

Una volta impostato il valore del regolatore, le pompe funzionano a portata costante.

La possibilità di variare la portata delle pompe può essere utile anche per eseguire, al termine di una prova di fratturazione idraulica convenzionale, una prova di pressurizzazione del tipo "step-rate" che consente di ottenere un'ulteriore valutazione della pressione di chiusura della frattura.

Il liquido usato per la fratturazione della roccia è un'emulsione di acqua con una piccola percentuale di olio. L'emulsione ha viscosità approssimativamente uguale a quella dell'acqua

5.5 Procedura di prova

Sulla base dell'esame delle carote si posiziona la sonda di fratturazione sui tratti di sondaggio più idonei. Ad una pressione differenziale di circa 2.0 MPa i packer entrano in contatto con le pareti del foro iniziando la loro azione di tenuta idraulica. La loro pressione continua poi ad essere incrementata fino ad un valore iniziale che deve essere tale da escludere la formazione di fratture nella roccia circostante il sondaggio (pressione iniziale del doppio packer). La prova di fratturazione propriamente detta viene preceduta da un semplice test di permeabilità eseguito pressurizzando la cavità di prova e isolandola idraulicamente per 1-2 minuti. L'andamento della curva di decadimento della pressione nel tempo fornisce immediate indicazioni semiquantitative sullo stato di fratturazione della cavità di prova. I tratti più permeabili vengono di norma evitati, sia per minimizzare le complessità interpretative, che per salvaguardare l'integrità dell'attrezzatura.

Dopo una fase di drenaggio di alcuni minuti nella quale la roccia viene depressurizzata e riportata alle condizioni iniziali, si riprende l'iniezione nei due circuiti adottando per la cavità di prova una portata



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

SONDAGGI GEOGNOSTICI PROFONDI (Sondaggio S2)

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69SG	GE 00 05 005	A	19 di 35

leggermente maggiore di quella utilizzata per il circuito dei packers. Per effetto della differenza tra le portate immesse nei due circuiti, la pressione della cavità di prova si approssima rapidamente a quella dei packers e, da questo punto in poi, attivandosi un meccanismo di autocompensazione dovuto alla deformabilità dei packers, la pressione dei due circuiti aumenta con la stessa velocità fino alla formazione di una nuova frattura o all'apertura di un giunto naturale preesistente. La formazione di una frattura idraulica si manifesta con una caduta più o meno rapida della pressione nella cavità di prova: quando si avverte questo fenomeno l'iniezione di liquido viene interrotta, isolando immediatamente i due circuiti e lasciando evolvere la fase di shut-in per alcuni minuti.

Esaurita questa fase, i due circuiti vengono aperti per alcuni minuti lasciando così che la frattura si depressurizzi e si richiuda sotto l'effetto delle tensioni di compressione dello stato di sollecitazione originario, espellendo il fluido in essa contenuto; all'inizio di questa fase di prova la pressione nei packers è riportata al loro valore iniziale, senza perdere contatto con la parete del foro. La procedura descritta viene quindi ripetuta per effettuare uno o più cicli di riapertura della frattura. Generalmente, dopo aver effettuato almeno un ciclo di riapertura, la frattura viene propagata nella roccia continuando l'iniezione nella cavità di prova per alcuni minuti anche dopo la sua riapertura.

In certi casi si esegue un ulteriore ciclo di pressurizzazione di tipo "step-rate". L'intervallo di foro nel quale si è aperta la frattura è inizialmente pressurizzato a una portata molto bassa fino a quando la pressione si stabilizza. La portata è quindi incrementata fino a raggiungere un nuovo valore costante che è mantenuto fino ad un nuovo assestamento del valore di pressione della cavità di prova. Questo processo di "incremento a gradini" della coppia "pressione-portata" è ripetuto per 6 -12 step.

Al termine della prova di fatturazione idraulica, per procedere al rilievo dell'orientazione delle fratture prodotte si utilizza un "Impression-packer" (packer ad impressione o impronta). Questo è posizionato sulla zona di prova dove è pressurizzato e mantenuto in contatto con le pareti del foro per circa 10 minuti, ad una pressione compresa tra la pressione di riapertura p_r e la pressione di innesco della frattura p_i .

Durante il rilievo di impronta si determina l'orientazione del packer con l'apposito trasduttore di fondo foro. Dopo ciascun rilievo d'impronta si estrae l'attrezzatura per esaminare il packer ad impressione. La traccia della frattura viene quindi riportata su un disegno che rappresenta lo sviluppo piano della superficie esterna del packer.

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
SONDAGGI GEOGNOSTICI PROFONDI (Sondaggio S2)	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBL1	10	D 69SG	GE 00 05 005	A	20 di 35

5.6 Elaborazione dei grafici sperimentali

Una prova HF produce un grafico pressione-tempo ed una rappresentazione dell'impronta della frattura (sviluppo piano della superficie esterna del packer ad impressione). Questi elaborati sono analizzati con l'obiettivo di ottenere i dati di ingresso per il calcolo del campo tensionale originario. Ogni dato di ingresso è espresso attraverso un valore medio e una deviazione standard.

5.6.1 Orientazione della frattura (ψ e ϕ)

L'impronta della frattura ottenuta con il packer ad impressione è digitalizzata ed analizzata da un codice di calcolo automatico. Questo, interpolando i punti dell'impronta con un piano mediante un'analisi di regressione, fornisce i valori medi e le deviazioni standard dei due angoli che definiscono l'orientazione della frattura rispetto al packer ad impressione (figura A2).

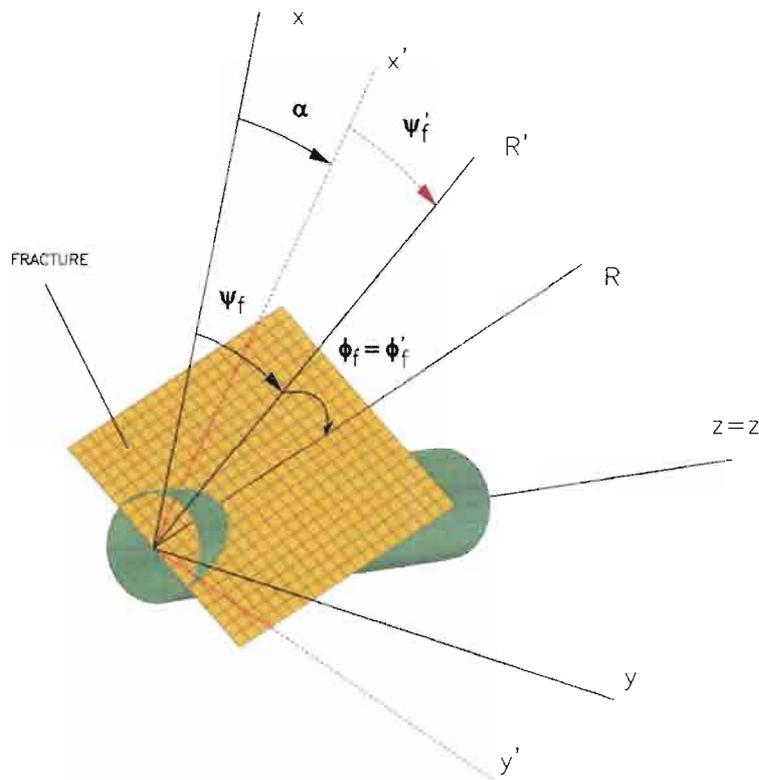
Le procedure di analisi statistica utilizzate per l'elaborazione dell'impronta tengono conto degli errori sperimentali, nonché della deformazione che il packer subisce dilatandosi diametralmente e accorciandosi in direzione longitudinale (figura A3).

5.6.2 Pressione di shut-in (p_s)

Per ottenere una valutazione del campo di variabilità della pressione di shut-in, il valore di p_s è determinato con vari metodi: il "modello di regressione biesponenziale" di Muscat, i metodi grafici "tangent deviation" and "tangent intersection" (figura A7).

La stima della pressione p_s è eseguita per ciascun ciclo di pressurizzazione di ciascuna prova. Un'ulteriore stima può essere ottenuta eseguendo un ciclo di pressurizzazione "step-rate".

Figura A2 – Orientazione della Frattura nei sistema di riferimento solidali con il packer e con il sondaggio



- α IMPRESSION PACKER ROTATION IN THE BOREHOLE
- ψ_f FRACTURE DIP DIRECTION IN THE BOREHOLE REFERENCE SYSTEM
- ψ'_f FRACTURE DIP DIRECTION IN THE PACKER REFERENCE SYSTEM
- $\phi_f = \phi'_f$ FRACTURE DIP IN THE BOREHOLE AND PACKER REFERENCE SYSTEM
- R MAXIMUM DIP LINE OF THE FRACTURE IN THE PACKER AND BOREHOLE REFERENCE SYST
- R' PROJECTION OF R ON THE BOREHOLE TRANSVERSAL PLANE ($x'y' = xy$)

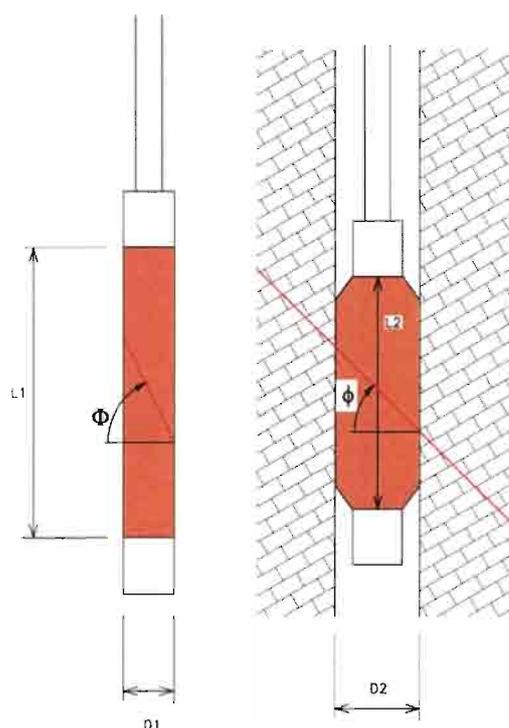
Tutti i metodi applicati per l'analisi del grafico pressione-tempo si basano più o meno implicitamente sul presupposto che la graduale caduta di pressione che si verifica durante la fase di shut-in sia il risultato della sovrapposizione di due distinti fenomeni: la propagazione della frattura ed il moto di filtrazione del liquido verso la roccia che circonda la cavità di prova. All'inizio della fase di shut-in, nell'istante che segue immediatamente l'isolamento del circuito della cavità di prova, la pressione nella frattura eccede la tensione normale sostenuta dalla frattura stessa che tende quindi a propagarsi. L'estensione della frattura determina un aumento dello spazio a disposizione

del liquido e la pressione del circuito di fratturazione decresce. La maggior parte della caduta di pressione che si manifesta nei primi istanti di shut-in è dovuta al fenomeno della propagazione, che inizialmente è quantitativamente dominante. L'effetto della filtrazione diviene invece prevalente quando la pressione nella cavità di prova si abbassa oltre il valore della componente di tensione originaria ortogonale alla frattura, al di sotto del quale la frattura cessa di estendersi e inizia a richiudersi. I metodi indicati vertono sull'idea di distinguere, avvalendosi di elaborazioni più o meno sofisticate del grafico sperimentale pressione-tempo, il punto di transizione tra le due fasi, assumendo che tale punto di transizione corrisponda al valore della componente di tensione originaria ortogonale al piano di frattura, come indicato dalla "teoria della meccanica della frattura lineare elastica".

I metodi impiegati consistono nell'elaborazione dei grafici p-t, in certi casi diagrammati con assi logaritmici, e nella loro interpolazione con modelli analitici o grafici. Il valore di p_s è individuato dall'intersezione delle curve interpolanti (figura A7).

La varietà di metodi applicata serve per stimare un intervallo di esistenza della pressione di shut-in o, per meglio dire, per costruire una distribuzione di probabilità sperimentale di p_s accettando l'idea che la pressione di shut-in deducibile da una prova HF sia una variabile aleatoria.

FIGURA A3 – DEFORMAZIONE DEL PACKER DURANTE IL RILIEVO DI IMPRONTA



ϕ INCLINAZIONE REALE DELLA FRATTURA

Φ INCLINAZIONE APPARENTE SUL PACKER NON DEFORMATO



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

SONDAGGI GEOGNOSTICI PROFONDI (Sondaggio S2)

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69SG	GE 00 05 005	A	23 di 35

5.6.3 Pressione di riapertura (pr)

Considerazioni teoriche indicano che, assumendo che la frattura rimanga impermeabile al liquido di fratturazione fino all'istante della sua riapertura, lo stile del secondo ciclo di pressurizzazione dipende dallo stato tensionale originario e dall'orientazione del sondaggio: se la proiezione del tensore degli sforzi originario sul piano trasversale al foro non possiede un'elevata componente deviatorica, la riapertura della frattura dovrebbe manifestarsi con un picco di pressione al secondo ciclo di pressurizzazione. Per contro, una marcata componente deviatorica dello stato tensionale nel piano trasversale al sondaggio può indurre la riapertura della frattura ad una pressione inferiore a quella di shut-in: la massima pressione raggiunta nel secondo ciclo corrisponde in tal caso alla propagazione della frattura piuttosto che alla sua riapertura. Con una componente deviatorica ancora più marcata può accadere infine che, anche depressurizzando la cavità di prova, la frattura non si richiuda.

Il comportamento reale può essere ulteriormente complicato da molti altri fattori. Tra i più importanti: l'influenza del doppio packer e della portata di iniezione. Inoltre, in alcuni casi, i packers, rimanendo pressurizzati tra un ciclo e l'altro, possono ostacolare la chiusura della frattura durante la depressurizzazione della cavità di prova, anche quando le "condizioni teoriche" perché ciò avvenga non sono verificate. In altri casi l'interazione packers-cavità di prova può alterare la forma del grafico pressione-tempo. Al fine di minimizzare queste perturbazioni del comportamento teorico della prova si ricorre ad una opportuna procedura sperimentale che consiste nel mantenere relativamente bassa la pressione iniziale dei packers e nel depressurizzare i packers fino al valore di pressione iniziale alla fine di ogni ciclo di pressurizzazione.

A volte poi, la frattura non è impermeabile al liquido di fratturazione: il valore della pressione di riapertura "apparente" che si può dedurre dai grafici sottostima in tal caso pr, perché la pressurizzazione del liquido contenuto nella frattura ne favorisce l'apertura. Per minimizzare questa perturbazione occorre che la pressurizzazione della cavità di prova sia sufficientemente rapida, ovvero che per l'iniezione vengano usate pompe a portata sufficientemente elevata da permettere il raggiungimento di pr prima che il liquido possa penetrare nella frattura.

Pertanto tenendo conto di queste complessità interpretative nell'elaborazione dei grafici sperimentale, si definisce il campo di variabilità di pr confrontando il "ramo di carico" dei cicli di pressurizzazione (figura A6).

In genere il limite inferiore di pr corrisponde al momento in cui le curve del secondo e del terzo ciclo di pressurizzazione deviano rispetto all'andamento del primo ciclo di pressurizzazione. Il limite superiore è determinato dai picchi di pressione del secondo e del terzo ciclo. Si assume l'ipotesi che per ciascuna prova il punto centrale del campo di variazione di pr sia il valore più probabile e che la semi-ampiezza dell'intervallo di variazione sia l'errore standard.

5.7 Calcolo del campo tensionale

Fissato un arbitrario sistema di coordinate XYZ, lo stato tensionale in un punto di un continuo può essere espresso da un tensore del secondo ordine tridimensionale e simmetrico (tensore degli sforzi) caratterizzato da 6 componenti scalari indipendenti. In generale, quindi, per la rappresentazione del campo tensionale, cioè della distribuzione dello stato tensionale in un dato volume di roccia, possono essere utilizzate 6 funzioni scalari del punto.

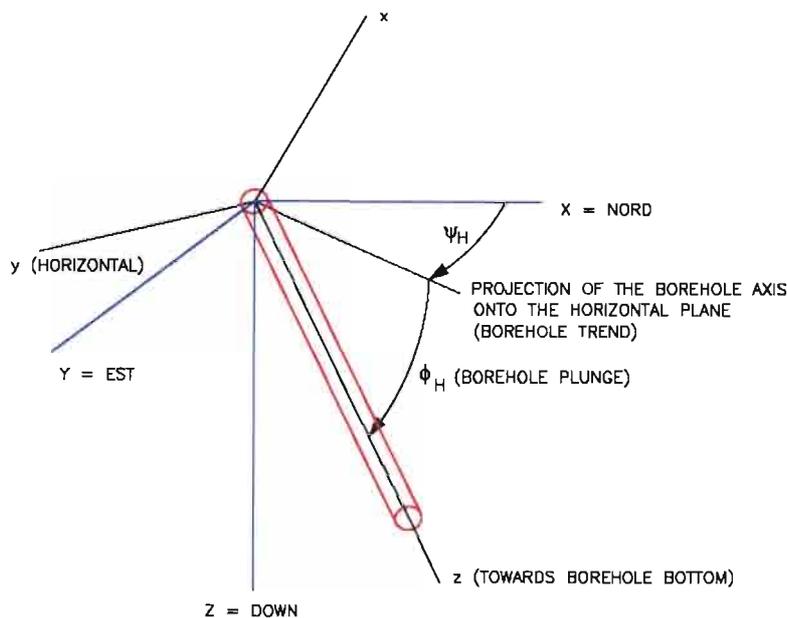
5.7.1 Sistema di coordinate globale

Si utilizza il sistema di coordinate geografico di figura A4:

X=Nord, Y=Est Z=Basso

Generalmente, per N si intende il Nord magnetico che è direttamente misurabile con la bussola elettronica di fondo foro dell'impression packer.

FIGURA A4 – SISTEMI DI RIFERIMENTO CARTESIANI



xyz: COORDINATE SYSTEM ATTACHED TO THE BOREHOLE

XYZ: GLOBAL (GEOGRAPHICAL) COORDINATE SYSTEM

ψ_H : BOREHOLE TREND

ϕ_H : BOREHOLE PLUNGE

5.7.2 Campo tensionale linearmente variabile

Il campo tensionale originario esistente in un certo volume di roccia può essere rappresentato dalla matrice colonna:

$$\mathbf{S} = [S_{XX} \ S_{YY} \ S_{ZZ} \ S_{XY} \ S_{XZ} \ S_{YZ}]^T \quad (1a)$$

dove T indica l'operatore trasposizione mentre S_{ij} sono funzioni scalari del punto.

In genere si assume che le funzioni S_{ij} siano lineari con la profondità sottosuolo (copertura):

$$S_{XX} = Z * a_{XX} + s_{XX}$$

.....

$$S_{YZ} = Z * a_{YZ} + s_{YZ}$$

dove a_{XX}, \dots, a_{YZ} sono i gradienti delle componenti di tensione, z è la copertura e s_{XX}, \dots, s_{YZ} sono le componenti di tensione alla copertura $Z = 0$.

In forma matriciale:

$$\mathbf{S} = \mathbf{s} + Z \mathbf{a} \quad (1b)$$

$$\mathbf{s} = [s_{XX} \ s_{YY} \ s_{ZZ} \ s_{XY} \ s_{XZ} \ s_{YZ}]^T$$

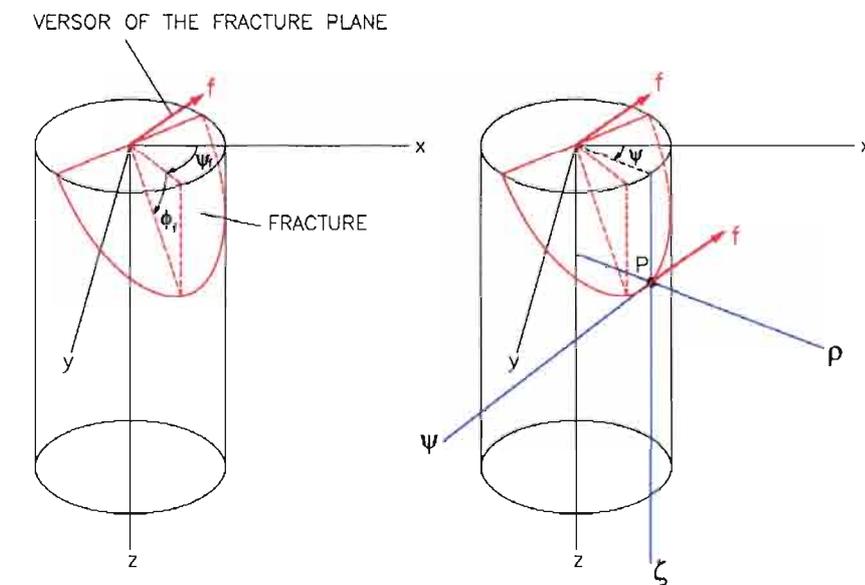
$$\mathbf{a} = [a_{XX} \ a_{YY} \ a_{ZZ} \ a_{XY} \ a_{XZ} \ a_{YZ}]^T$$

Nel caso generale la determinazione del campo tensionale in un dato volume di roccia consiste nella determinazione delle 12 costanti a_{ij} e s_{ij} .

5.7.3 Sistema di coordinate solidale con il sondaggio

Per le considerazioni che seguono, in ciascun punto di prova il sondaggio può avere una qualsiasi orientazione locale, definita attraverso i due angoli ψ_h e ϕ_h (figura A4) detti rispettivamente direzione ed inclinazione del foro. Ad ogni sondaggio è associato un sistema di riferimento xyz con esso solidale (figure A2 e A4).

FIGURA A5 – VERSORE DELLA FRATTURA



CYLINDRICAL COORDINATE SYSTEM ρ, ψ, ζ AT A POINT P OF THE FRACTURE TRACE ON THE BOREHOLE WALL

Detta **A** la matrice dei coseni direttori di x, y, z rispetto al sistema di riferimento globale X, Y, Z:

$$A = \begin{vmatrix} \sin(\psi h) \cos(\varphi h) & \sin(\varphi h) \sin(\psi h) & -\cos(\varphi h) \\ -\sin(\psi h) & \cos(\psi h) & 0 \\ \cos(\varphi h) \cos(\psi h) & \cos(\varphi h) \sin(\psi h) & \sin(\varphi h) \end{vmatrix}$$

si può indicare con **H** la matrice di trasformazione del tensore degli sforzi da XYX a xyz :

$$H = \begin{vmatrix} A_{11}^2 & A_{12}^2 & A_{13}^2 & 2A_{11}A_{12} & 2A_{11}A_{13} & 2A_{12}A_{13} \\ A_{21}^2 & A_{22}^2 & A_{23}^2 & 2A_{21}A_{22} & 2A_{21}A_{23} & 2A_{22}A_{23} \\ A_{31}^2 & A_{32}^2 & A_{33}^2 & 2A_{31}A_{32} & 2A_{31}A_{33} & 2A_{32}A_{33} \\ A_{11}A_{21} & A_{12}A_{22} & A_{13}A_{23} & \begin{matrix} A_{11}A_{22}+A_{12} \\ A_{21} \end{matrix} & \begin{matrix} A_{11}A_{23}+A_{13} \\ A_{21} \end{matrix} & \begin{matrix} A_{12}A_{23}+A_{13} \\ A_{22} \end{matrix} \\ A_{11}A_{31} & A_{12}A_{32} & A_{13}A_{33} & \begin{matrix} A_{11}A_{32}+A_{12} \\ A_{31} \end{matrix} & \begin{matrix} A_{11}A_{33}+A_{13} \\ A_{31} \end{matrix} & \begin{matrix} A_{12}A_{33}+A_{13} \\ A_{32} \end{matrix} \\ A_{21}A_{31} & \frac{A_{22}A_{32}}{2} & A_{23}A_{33} & \begin{matrix} A_{21}A_{32}+A_{22} \\ A_{31} \end{matrix} & \begin{matrix} A_{21}A_{33}+A_{23} \\ A_{31} \end{matrix} & \begin{matrix} A_{22}A_{33}+A_{23} \\ A_{32} \end{matrix} \end{vmatrix}$$

Indicando poi con σ il tensore degli sforzi nel riferimento solidale con il sondaggio si ha:

$$\sigma = [\sigma_{xx} \ \sigma_{yy} \ \sigma_{zz} \ \sigma_{xy} \ \sigma_{xz} \ \sigma_{yz}]^T = H S \quad (2)$$

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
SONDAGGI GEOGNOSTICI PROFONDI (Sondaggio S2)	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBL1	10	D 69SG	GE 00 05 005	A	28 di 35

5.7.4 Inversione del sistema sovradeterminato di osservazioni sperimentali

Si dimostra che una prova di fratturazione idraulica conduce a 2 osservazioni lineari indipendenti sul campo tensionale S: la prima è associata al valore della pressione di shut-in p_s la seconda alla pressione di riapertura p_r . L'equazione di shut-in esprime l'uguaglianza tra p_s e la componente dello sforzo normale al piano della frattura; l'equazione di riapertura esprime l'uguaglianza tra p_r e la pressione che, applicata alla parete del foro, produce l'inizio della riapertura di una frattura precedentemente prodotta o preesistente.

Eseguendo un numero N di prove di fratturazione idraulica in uno o più fori di sondaggio è quindi possibile ottenere 2N osservazioni indirette sulle componenti del campo tensionale naturale esistente in un certo volume di roccia: un'equazione di shut-in e un'equazione di riapertura per ciascuna prova.

Se 2N è maggiore del numero di parametri che descrivono il campo tensionale originario incognito (12 nel caso generale), si ottiene un sistema sovradeterminato nel quale le incognite sono parametri del campo. Il sistema sovradeterminato è risolto numericamente mediante un' analisi di regressione multipla non lineare.

5.7.5 Interpretazione dei dati di prova: criteri di shut-in e di riapertura della frattura

Si consideri una prova eseguita in un sondaggio caratterizzato da orientazione ψ_h, φ_h . Se si assume che la frattura prodotta sia planare, la sua orientazione può essere utilmente espressa dai due angoli ψ_f e φ_f (immersione ed inclinazione della frattura rispetto al foro) o, alternativamente, dal suo versore \mathbf{f} .

Nel riferimento cartesiano xyz solidale con il sondaggio le componenti di \mathbf{f} sono (figura A5):

$$f_x = \sin(\varphi_f) \cos(\psi_f)$$

$$f_y = \sin(\varphi_f) \sin(\psi_f)$$

$$f_z = -\cos(\varphi_f)$$

Indicando con \mathbf{v} la matrice riga:

$$\mathbf{v} = [f_x^2 \quad f_y^2 \quad f_z^2 \quad 2f_x f_y \quad 2f_x f_z \quad 2f_y f_z]$$

e con F la funzione:

$$F = p_s - \nu \mathbf{HS} \quad (3)$$

si ottiene un'equazione associata alla pressione di shut-in p_s imponendo la condizione:

$$F = 0 \Rightarrow p_s - \nu \mathbf{HS} = 0 \quad (\text{CRITERIO DI SHUT-IN}) \quad (4)$$

La (4) esprime infatti l'uguaglianza tra la componente di tensione originaria effettiva S_n ortogonale alla frattura e la pressione di shut-in p_s , ovvero il "criterio di shut-in".

Per quanto riguarda il criterio di riapertura della frattura è opportuno introdurre il sistema di coordinate cilindriche $\rho\psi\zeta$ (figura A5). In questo sistema di riferimento il versore della frattura ha componenti:

$$\begin{aligned} f_\rho &= \sin(\varphi_f) \cos(\psi_f - \psi) \\ f_\psi &= \sin(\varphi_f) \sin(\psi_f - \psi) \\ f_\zeta &= -\cos(\varphi_f) \end{aligned}$$

L'esecuzione del foro e l'applicazione alla sua parete di una pressione uniforme p , inducono una perturbazione dello stato tensionale originario σ .

Lo stato tensionale locale perturbato di un punto della parete foro è funzione della coordinata angolare ψ e può essere rappresentato dalla matrice colonna Σ , contenente le componenti del tensore nel sistema cilindrico:

$$\Sigma = [\rho_{\rho\rho} \quad \rho_{\psi\psi} \quad \rho_{\zeta\zeta} \quad \rho_{\psi\zeta} \quad \rho_{\rho\zeta}]^T$$

Assumendo che la roccia sia un continuo linearmente elastico e omogeneo, e che il sondaggio sia infinitamente lungo (in pratica è sufficiente che la cavità di prova abbia lunghezza maggiore o uguale a 5 diametri del foro), lo stato tensionale locale Σ nel punto P (figura A5) può essere espresso dall'equazione:

$$\Sigma = \mathbf{T} \sigma + p \mathbf{Q} \quad (5)$$

dove \mathbf{T} e \mathbf{Q} sono rispettivamente una matrice quadrata ed una matrice colonna aventi dimensioni 6×6 e 6×1 , mentre p è la pressione agente sulla parete del foro. Per costruire le matrici \mathbf{T} e \mathbf{Q} ci si può riferire alle classiche soluzioni elastiche del problema di un mezzo continuo provvisto di un foro circolare di lunghezza indefinita, sia per roccia elasticamente isotropa che per roccia anisotropa. Sommando al termine Q_3 della matrice \mathbf{Q} il valore $-K_a$ (indicando con K_a una costante positiva caratteristica dell'attrezzatura di prova) si sovrappone a tali soluzioni l'effetto del doppio packer che, a seguito della pressurizzazione della cavità di prova, induce una componente di tensione assiale negativa (trazione) lungo la stessa.

Nel caso che la roccia sia isotropa, indicando con ν il coefficiente di Poisson, gli elementi non nulli delle matrici \mathbf{T} e \mathbf{Q} sono:

$$T_{21} = 1 - 2 \cos(2\psi)$$

$$T_{22} = 1 + 2 \cos(2\psi)$$

$$T_{24} = -4 \sin(2\psi)$$

$$T_{31} = -2 \nu \cos(2\psi)$$

$$T_{32} = 2 \nu \cos(2\psi)$$

$$T_{34} = -4 \nu \sin(2\psi)$$

$$T_{55} = 2 \cos(\psi)$$

$$T_{56} = -2 \sin(\psi)$$

$$Q_1 = 1$$

$$Q_2 = -1$$

$$Q_3 = -K_a$$

Per tener conto dell'orientazione della frattura si utilizza poi una matrice riga funzione dei coseni direttori di f nel sistema di riferimento cilindrico:

$$\mathbf{u} = [f_\rho^2 \quad f_\psi^2 \quad f_\zeta^2 \quad 2f_\rho f_\psi \quad 2f_\psi f_\zeta \quad 2f_\rho f_\zeta]$$

Introducendo l'equazione (2) nella (5), la componente di tensione efficace agente nella direzione del versore \mathbf{f} , in un punto P della traccia della frattura sulla parete foro, può essere espressa dalla funzione:

$$G = \mathbf{u} \Sigma - p_0 = \mathbf{u} \mathbf{Q} p + \mathbf{u} \mathbf{T} \mathbf{H} \mathbf{S} - p_0 \quad (6)$$

nella quale p e p_0 indicano rispettivamente la pressione di riapertura e la pressione interstiziale all'interno della frattura.

Assumendo che la frattura si riapra nel punto P quando nel sondaggio, viene prodotta una pressione p_r (pressione di riapertura della frattura) tale da azzerare la tensione efficace normale alla frattura stessa, il "criterio di riapertura" può essere allora espresso dalle condizione:

$$G = 0 \quad \text{per} \quad p = p_r$$

cioè:

$$p_r + (\mathbf{u} \mathbf{T} \mathbf{H} / \mathbf{u} \mathbf{Q}) \mathbf{S} - (p_0 / \mathbf{u} \mathbf{Q}) = 0 \quad (\text{CRITERIO DI RIAPERTURA}) \quad (7)$$

Per le fratture inclinate l'angolo ψ in corrispondenza del quale inizia la riapertura è inoltre determinato dal sistema di equazioni:

$$dG / d\psi = 0 \quad (8)$$

$$d^2G / d\psi^2 > 0 \quad (9)$$

mentre per le fratture assiali o parallele al foro ψ è univocamente determinato dalla giacitura della frattura stessa.

5.7.6 Fratture multiple e limiti di confidenza del risultato

Spesso i rilievi di impronta indicano più fratture che intersecano la cavità di prova.

Siccome una prova interessa un'unica frattura, se N rilievi di impression packer risultano avere una doppia frattura, sono possibili 2^N combinazioni di dati di input.

Se invece N1 rilievi di impression packer risultano avere una doppia frattura mentre N2 rilievi sono caratterizzati da una frattura tripla, sono possibili $2^{N1} * 3^{N2}$ combinazioni di dati di input.

Con l'interpretazione dei dati si generano così $2^{N1} * 3^{N2}$ tensori degli sforzi che costituiscono il risultato della misura di campo tensionale originario.

La popolazione di tensori così generata è analizzata per ottenere il tensore medio ed i relativi limiti di confidenza.

FIGURA A6 – ESEMPIO DI ELABORAZIONE DEI RAMI DI RIAPERTURA

ANALISI RAMI DI RIAPERTURA

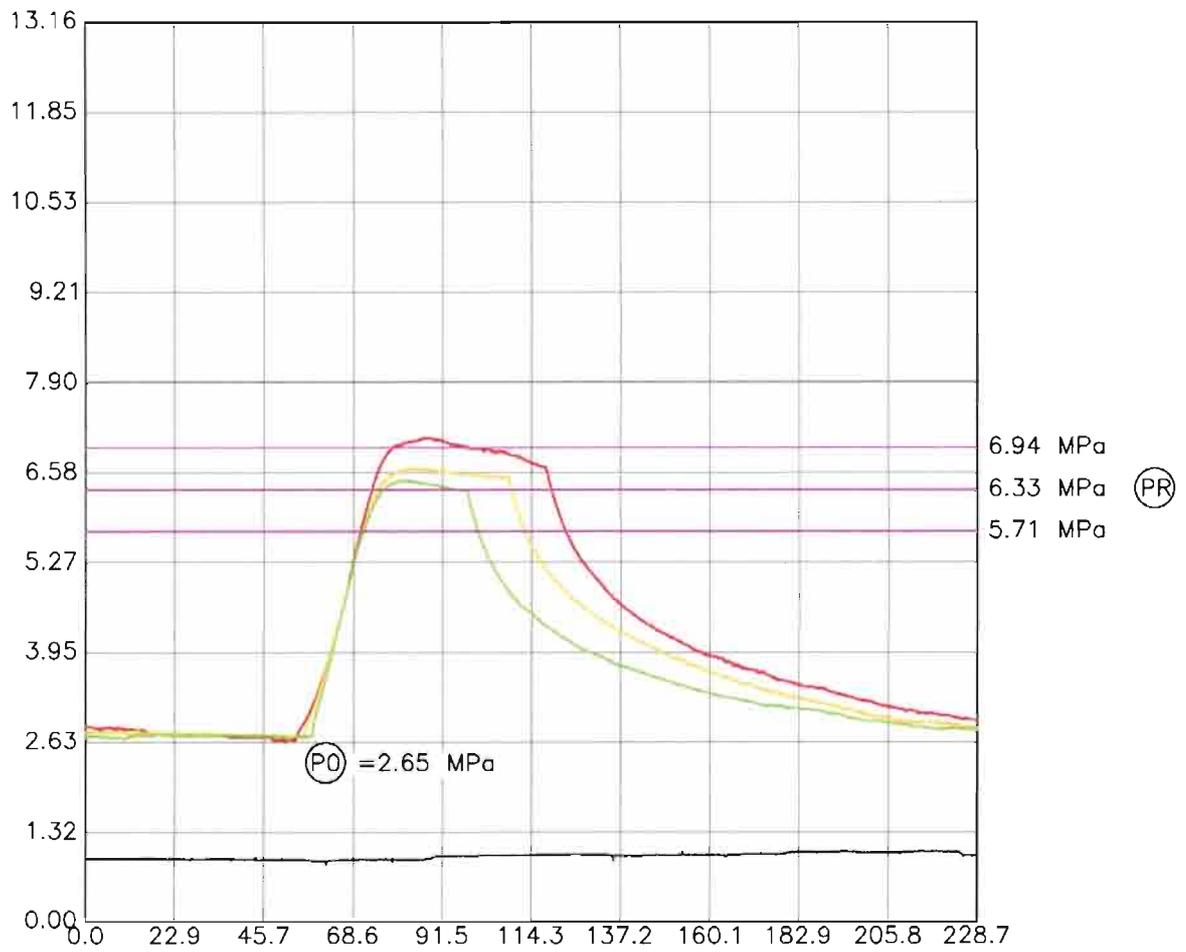
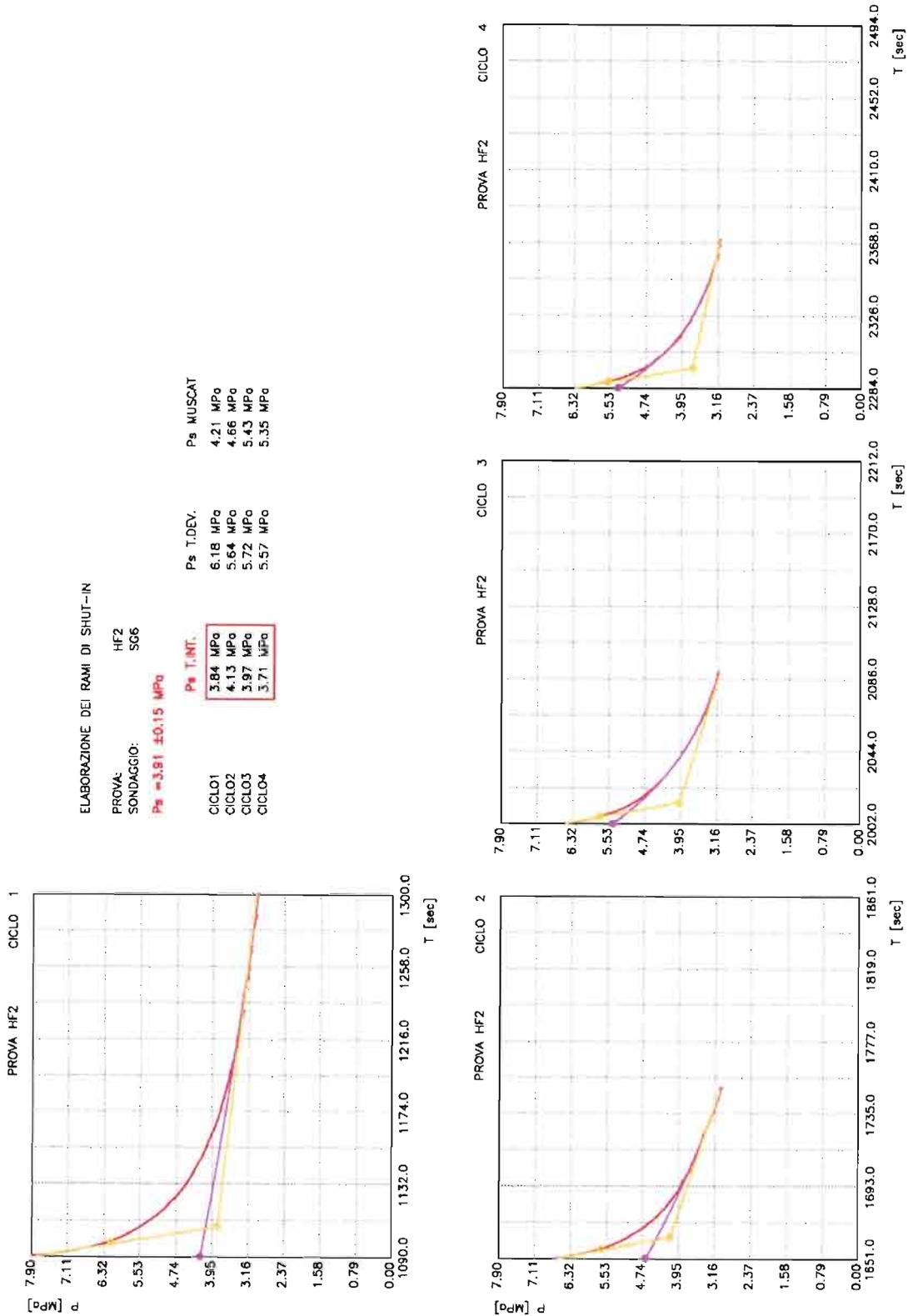


FIGURA A7 – ESEMPIO DI ELABORAZIONE DEI RAMI DI SHUT-IN





QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

SONDAGGI GEOGNOSTICI PROFONDI (Sondaggio S2)

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69SG	GE 00 05 005	A	35 di 35

Allegati

Allegato A - UBICAZIONE PLANIMETRICA DEL SONDAGGIO

Allegato B - DOCUMENTAZIONE DEL SONDAGGIO:

LOG STRATIGRAFICO

REPORT FOTOGRAFICO

SCHEDE GEOMECCANICHE

Allegato C - DOCUMENTAZIONE DELLE PROVE LUGEON

Allegato D - DOCUMENTAZIONE DELLE PROVE DILATOMETRICHE

Allegato E - DOCUMENTAZIONE DELLE PROVE DI FRATTURAZIONE IDRAULICA

Allegato A



ITALFERR

SONDAGGIO n° S2

DATA RILEVAMENTO:
29.05.2012

DESCRIZIONE: STRADA LOCALE PER RIO DIETRO IL MASO OBERSALCHER

COORDINATE UTM
ETRF89 32N

COORDINATE
RETTILINEE

CAPOSALDI DI RIFERIMENTO

N= 5183874,91 m

N= m

E= 699695,08 m

E= m

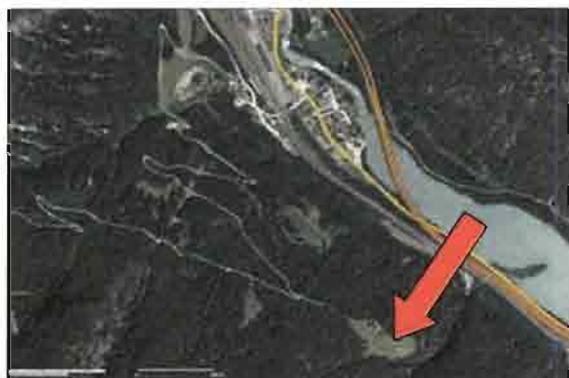
OUOTA orth.

OUOTA ell.

968,38 m

1018,93 m

COROGRAFIA





S2[•]

Allegato B

Decreto Ministeriale n. 5034
D.P.R. n. 380/2001 Art. 59

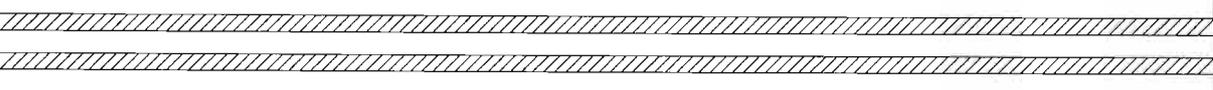
Certificato n. 11-143-A
pag. 3 di 11



SEDE:
Viale Primo Maggio 69
20068 Paschiera Borromeo (MI)
tel. 02 9542001 - fax 02 95330316

Altezza di perforazione	Rivestimento	Tipo di corona	Campioni	Profondita'	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Manovra di caricotaggio	Carotaggio	R.Q.D.	Pocket Penetrometer	Vane Test	Prof. SPT	N° colpi SPT	Quota prove	Strumentazione installata	Filtri	Tipo filtri	Quota filtri	Note	
T6 Ø 130	Ø 127			-42.60	43		granito grigio chiaro da poco fratturato a loc. fratturato	20	20	45											
				-43.90	44		granito grigio chiaro loc. gragiastro fratturato lungo piani sub-verticali deb. alterato	40	40	35											
				-47.30	47		granito grigio chiaro loc. bruno verdastro poco fratturato lungo piani incl. 30° - 40° e 70° - 80°	40	40	30											
				-51.30	51		granito bruno verdastro loc. fratturato talora alterato	40	40	25											
				-53.30	53		granito grigio chiaro da poco fratturato a loc. fratturato	40	40	25											
				-55.50	55		granito grigio chiaro da poco fratturato a compatto	40	40	20											
				-60.25	60		granito grigio chiaro da poco fratturato a compatto	40	40	20											
				-61.15	61				40	40	20										
				-61.85	62			40	40	20											
				-63.45	63				40	40	20										
				-63.45	64			40	40	20											
				-63.45	64				40	40	20										

cementazione



Decreto Ministeriale n. 5034
D.P.R. n. 390/2001 Art. 59

Certificato n. 11-143-A
pag. 5 di 11



SEDE :
Viale Primo Maggio 8b
20068 Peschiera Borromeo (MI)
tel. 02.9542001- fax 02.9530316

Attrezzo di perforazione	Rivestimento	Tipo di corona	Campioni	Profondita'	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Manovra dilcarotaggio	Carotaggio	R.Q.D.	Pocket Penetrometer	Vane Test	Prof. SPT	N° colpi SPT	Quota prove	Strumentazione installata	Filtri	Tipo filtri	Quota filtri	Note
		DM		90.00 88.80 87	108 107 106 105 104 103 102 101 100 99 98 97 96 95 94 93 92 91 90		granito bruno verdastro fratturato lungo piani sub-verticali e ossidato granito grigio chiaro poco fratturato loc. compatto	-87.50 -88.20 -90.60 -93.60 -96.65 -99.60 -102.40 -105.50	20 40 60 80 20 40 60 80	80 70 60 55 50 40 35 30								cementazione		

WIRE LINE HQ

101.00
101.80
m

revisione: 00 data emiss.: 03/02/12
redatto: Dott. F. Fracchio
approvato: Dott. D. Atalia











































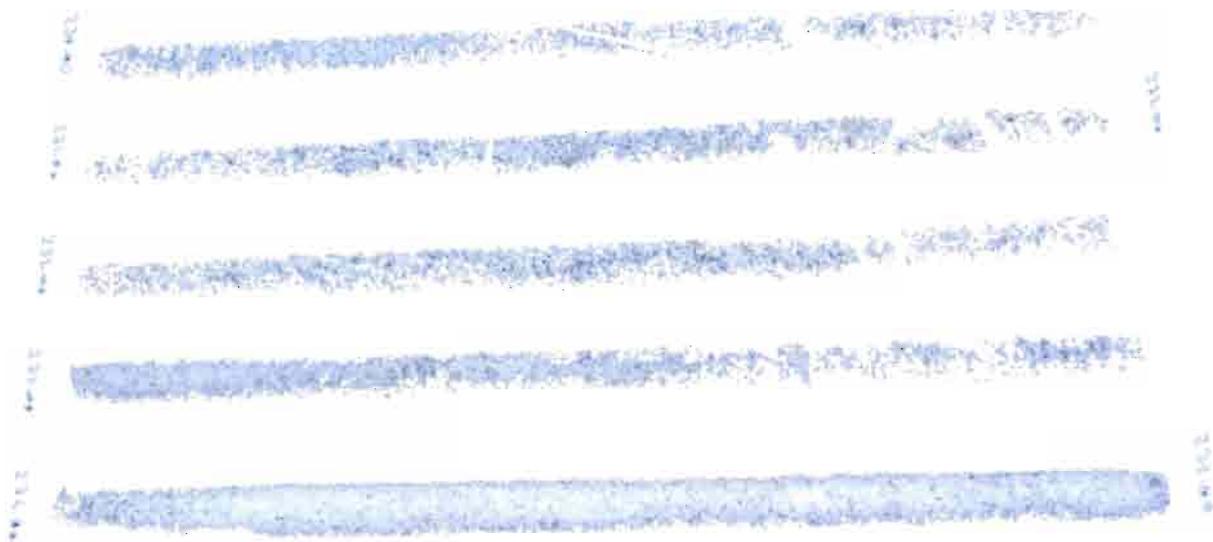












COMMITTENTE ITALFERR
CANTIERE FORTEZZA (B2)
SONDAGGIO: S2
CASSETTA: 53
PROFONDITÀ: da 230 m a 235 m



RILIEVO DISCONTINUITA'

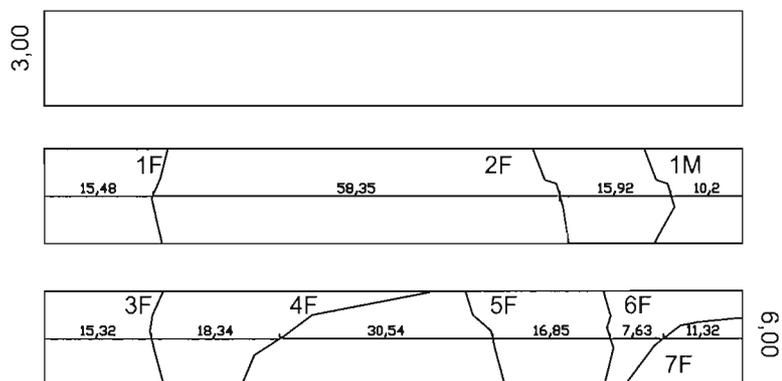
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



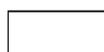
Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
3,00	4,00					
4,00	5,00			100	2	0,50
5,00	6,00		7	93	5	0,20

RILIEVO DISCONTINUITA'

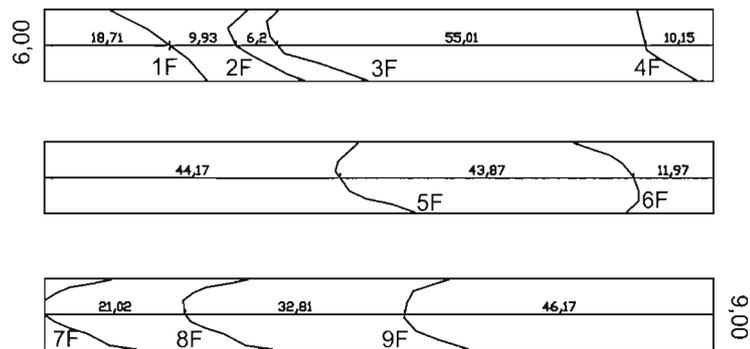
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	3

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
6,00	7,00		16	84	4	0,25
7,00	8,00			100	2	0,50
8,00	9,00			100	3	0,33

RILIEVO DISCONTINUITA'

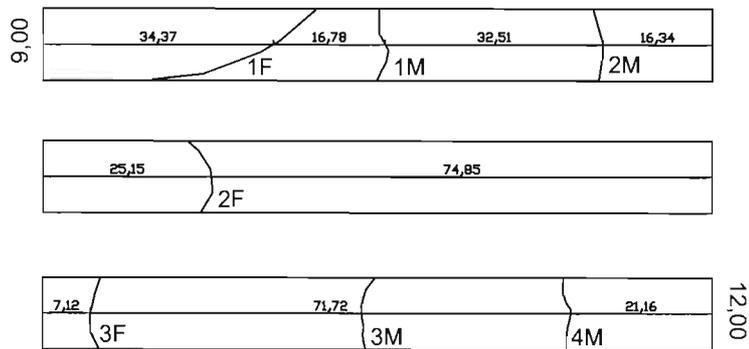
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	4

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
9,00	10,00			100	2	0,50
10,00	11,00			100	1	1,00
11,00	12,00		7	93	1	1,00

RILIEVO DISCONTINUITA'

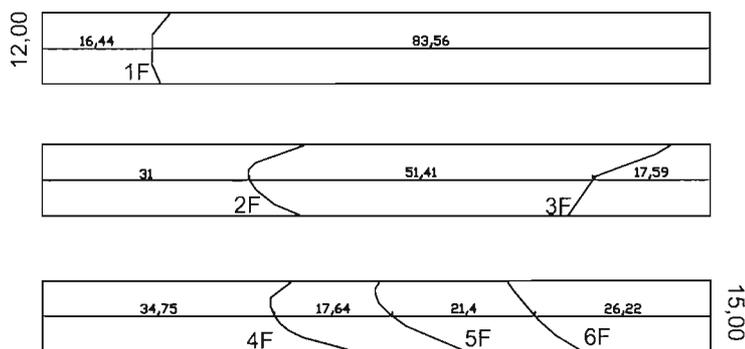
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	5

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

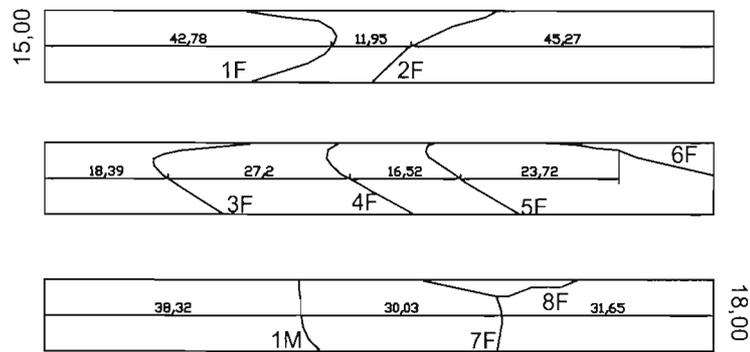
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
12,00	13,00			100	1	1,00
13,00	14,00			100	2	0,50
14,00	15,00			100	3	0,33

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	6
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1 /2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

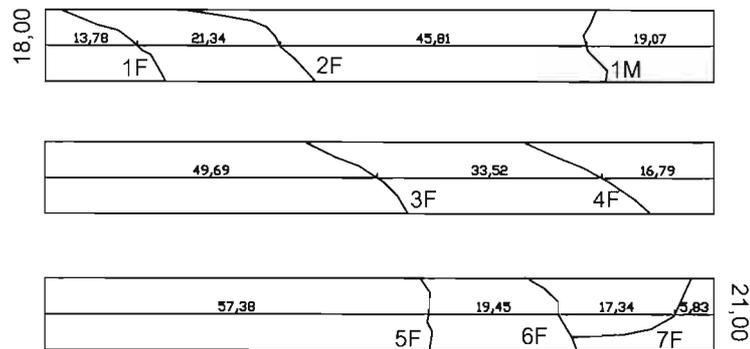
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L<5 cm	5<L<10 cm	L> 10 cm		
15,00	16,00			100	2	0,50
16,00	17,00			100	4	0,25
17,00	18,00			100	2	0,50

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	7
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
18,00	19,00			100	2	0,50
19,00	20,00			100	2	0,50
20,00	21,00		6	94	3	0,33

RILIEVO DISCONTINUITA'

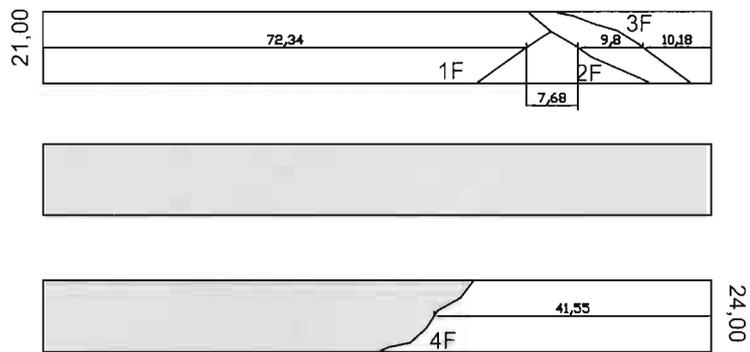
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	8

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
21,00	22,00		18	82	3	0,33
22,00	23,00	100				Fratturato
23,00	24,00	59		41	1	1,00

RILIEVO DISCONTINUITA'

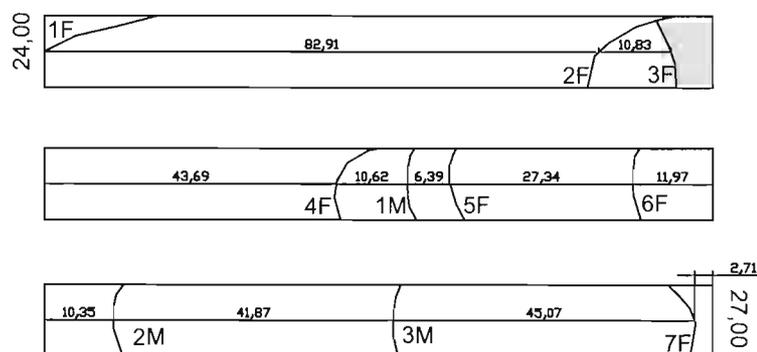
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	9

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

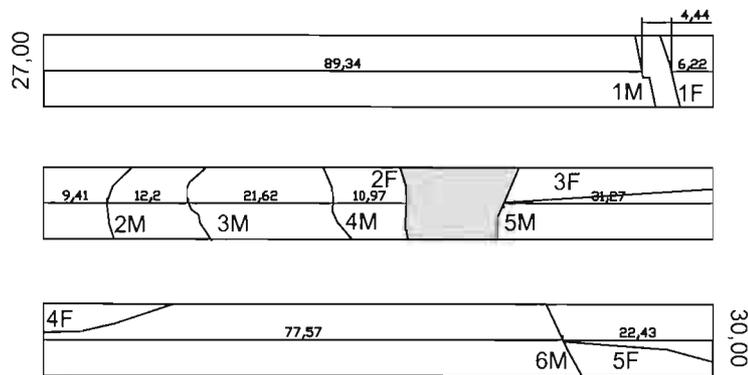
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N°	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm	fratture	
24,00	25,00	6		94	2	0,50
25,00	26,00		6	94	3	0,33
26,00	27,00	2		98	1	1,00

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	10
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N°	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm	fratture	
27,00	28,00		6	94	1	1,00
28,00	29,00	27	9	64	2	0,50
29,00	30,00			100	2	0,50

RILIEVO DISCONTINUITA'

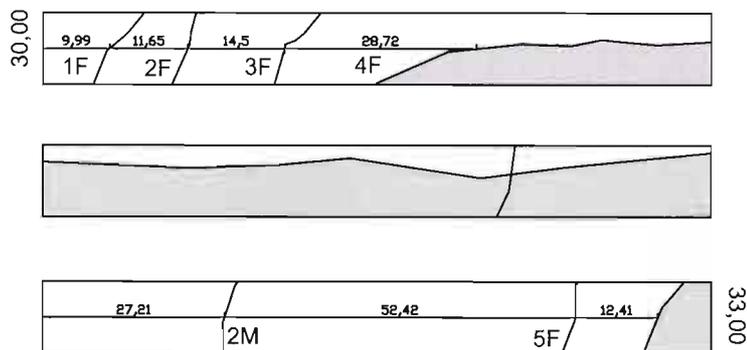
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	11

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
30,00	31,00	35		65	4	0,25
31,00	32,00	100		0		Fratturato
32,00	33,00	8		92	1	1,00

RILIEVO DISCONTINUITA'

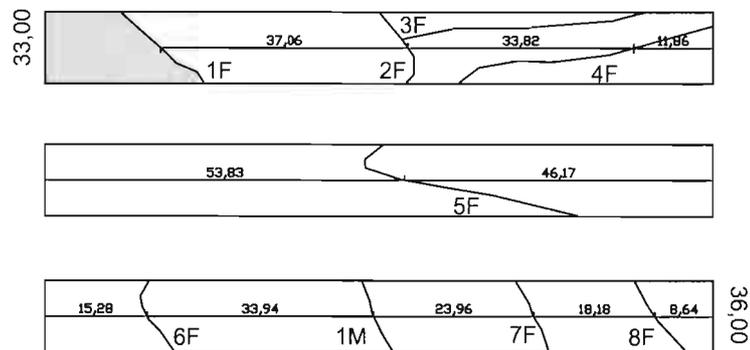
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	12

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

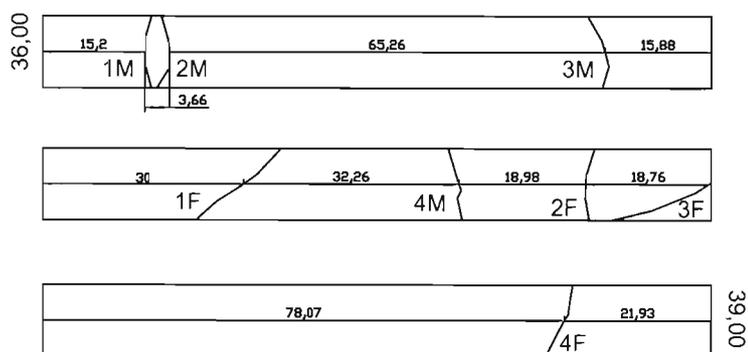
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
33,00	34,00	17		83	4	0,25
34,00	35,00			100	1	1,00
35,00	36,00		8	92	3	0,33

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	13
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N°	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm	fratture	
36,00	37,00			100	0	Compatto
37,00	38,00			100	3	0,33
38,00	39,00			100	1	1,00

RILIEVO DISCONTINUITA'

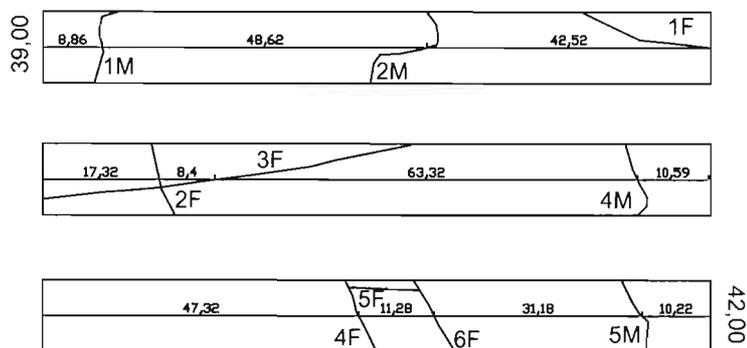
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	14

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
39,00	40,00			100	1	1,00
40,00	41,00		8	92	2	0,50
41,00	42,00			100	3	0,33

RILIEVO DISCONTINUITA'

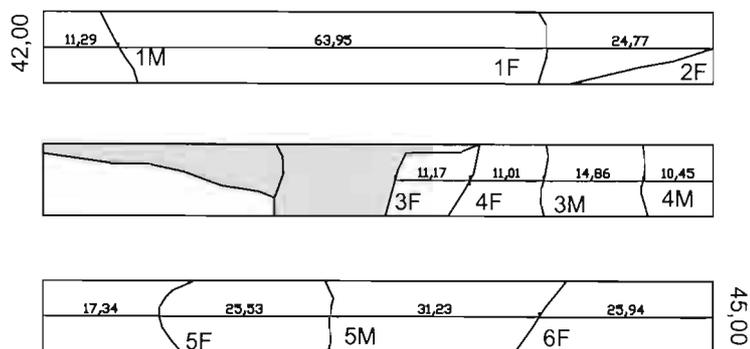
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	15

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

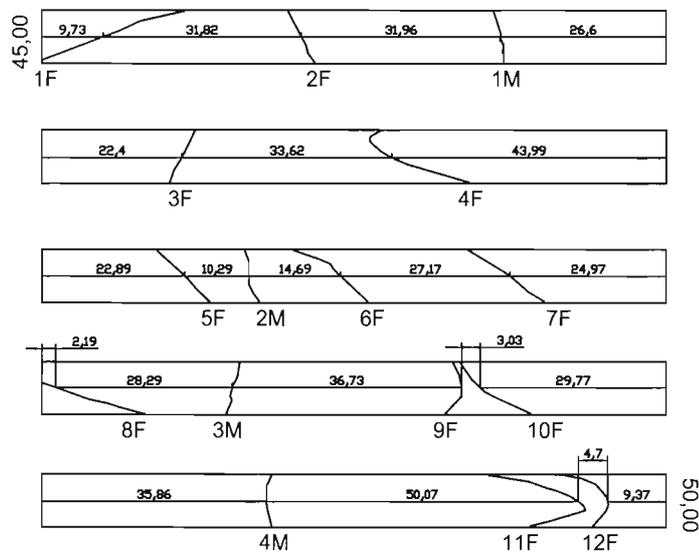
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N°	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm	fratture	
42,00	43,00			100	1	1,00
43,00	44,00	55		45	2	0,50
44,00	45,00			100	2	0,50

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	16
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1/2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

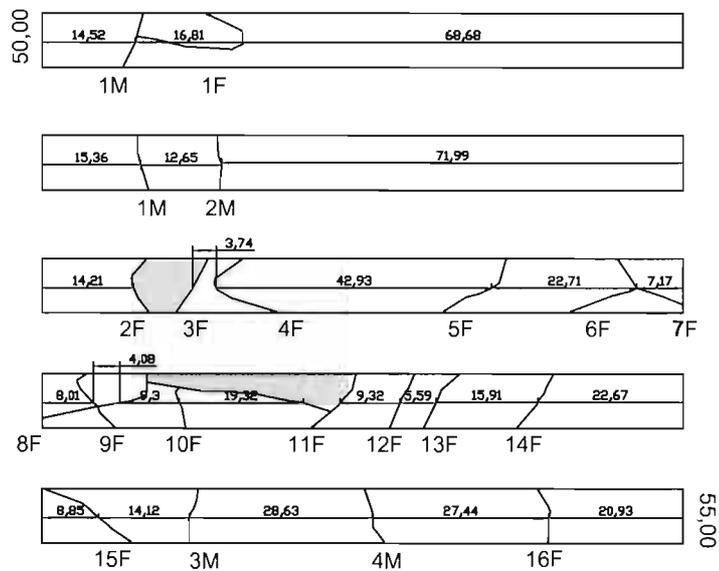
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
45,00	46,00		9	91	2	0,50
46,00	47,00			100	2	0,50
47,00	48,00			100	3	0,33
48,00	49,00	5		95	3	0,33
49,00	50,00	4		96	2	0,50

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	17
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Livello molto fratturato

Livelli intensamente alterati

Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
50,00	51,00			100	1	1,00
51,00	52,00			100	0	Compatto
52,00	53,00	12	7	81	6	0,17
53,00	54,00	4	39	57	8	0,13
54,00	55,00		8	92	2	0,50

RILIEVO DISCONTINUITA'

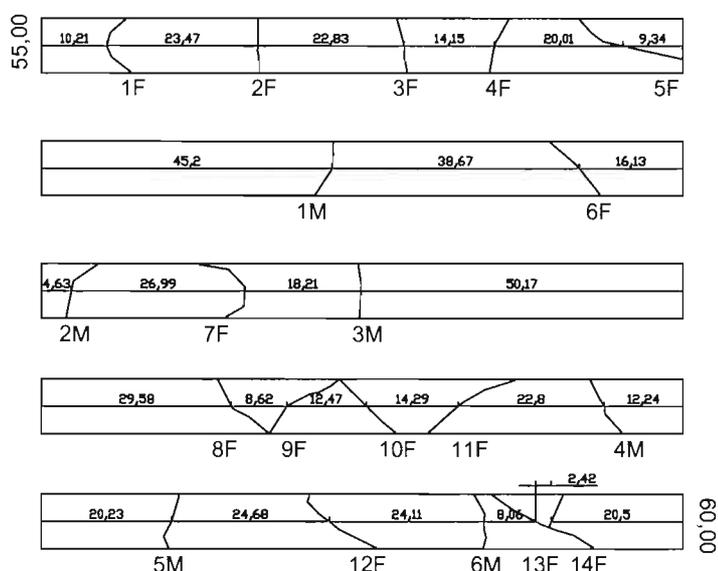
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	18

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

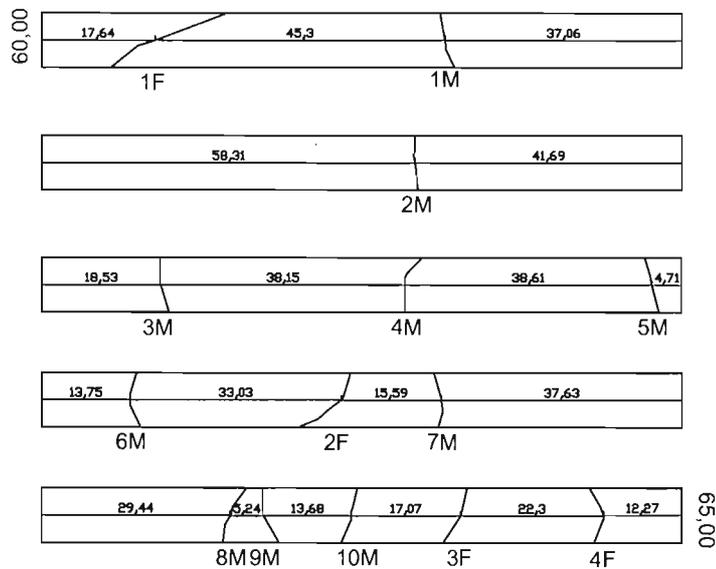
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
55,00	56,00		9	91	5	0,20
56,00	57,00			100	1	1,00
57,00	58,00			100	1	1,00
58,00	59,00		8	92	4	0,25
59,00	60,00	2	8	90	3	0,33

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	19
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

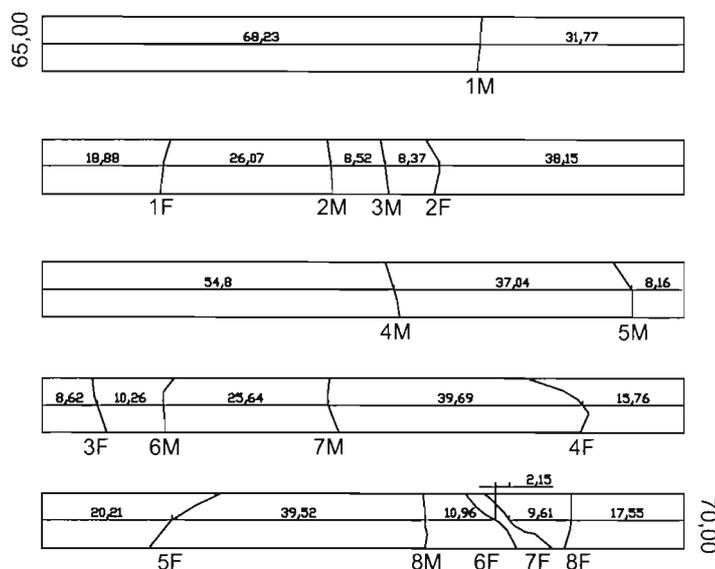
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
60,00	61,00			100	1	1,00
61,00	62,00			100	0	Compatto
62,00	63,00			100	0	Compatto
63,00	64,00			100	1	1,00
64,00	65,00			100	2	0,50

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	20
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

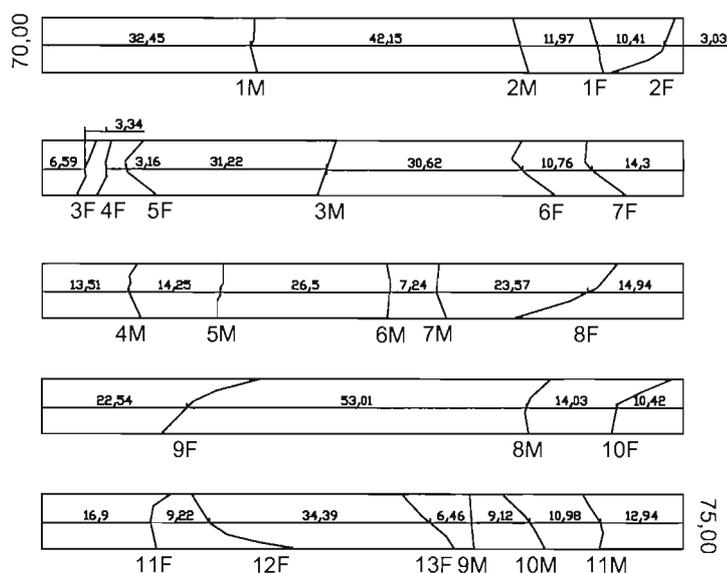
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
65,00	66,00			100	0	Compatto
66,00	67,00			100	2	0,50
67,00	68,00			100	0	Compatto
68,00	69,00		8	92	2	0,50
69,00	70,00	3	9	88	4	0,25

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	21
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico		Livello molto fratturato
S - giunto lungo sup. di strato o scistosità		Livelli intensamente alterati
F - giunto lungo discontinuità tettonica		Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
70,00	71,00			100	2	0,50
71,00	72,00	7	6	87	5	0,20
72,00	73,00			100	1	1,00
73,00	74,00			100	1	1,00
74,00	75,00		9	91	3	0,33

RILIEVO DISCONTINUITA'

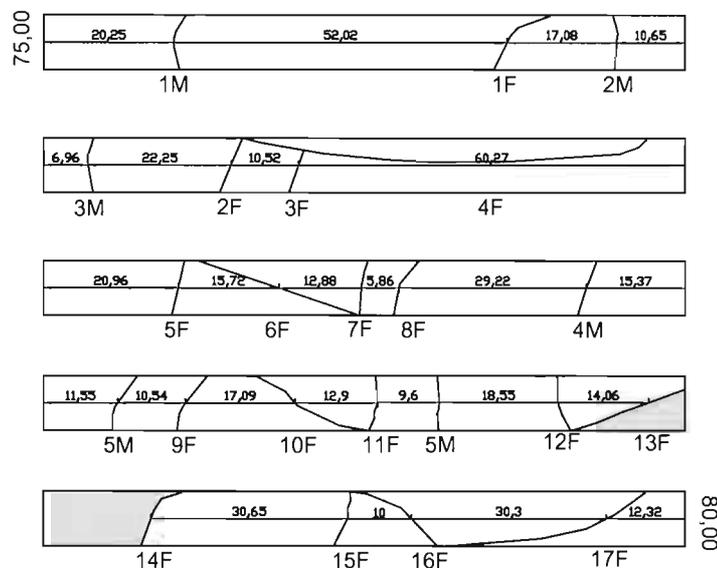
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	22

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
75,00	76,00			100	1	1,00
76,00	77,00			100	1	1,00
77,00	78,00		6	94	4	0,25
78,00	79,00	6		94	5	0,20
79,00	80,00	16		81	4	0,25

RILIEVO DISCONTINUITA'

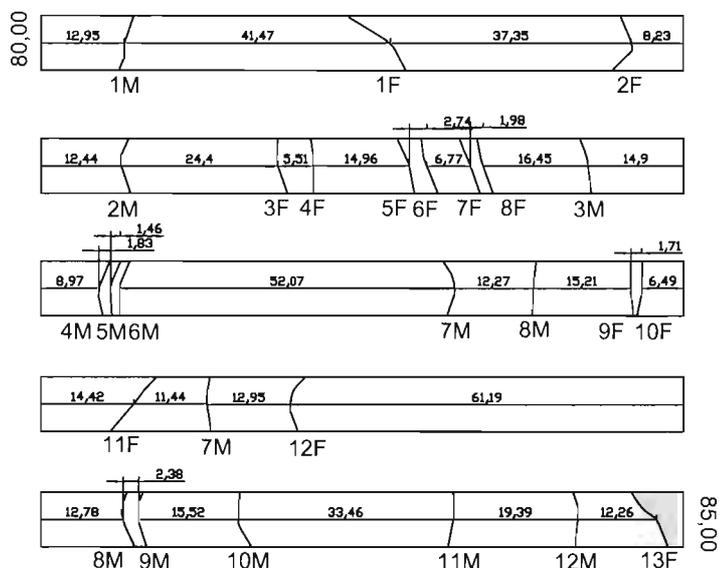
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	23

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

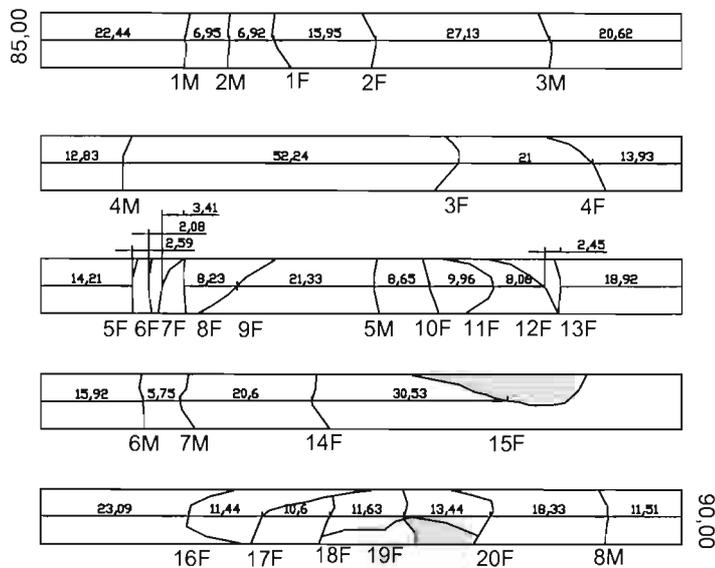
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
80,00	81,00			100	1	1,00
81,00	82,00	5	12	83	6	0,17
82,00	83,00	2		98	3	0,33
83,00	84,00			100	2	0,50
84,00	85,00	4		96	1	1,00

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	24
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

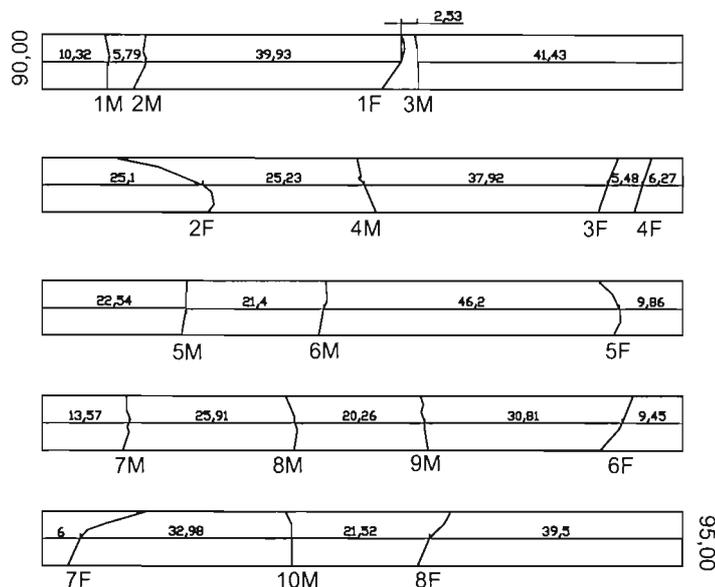
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
85,00	86,00			100	1	1,00
86,00	87,00			100	2	0,50
87,00	88,00	11	25	64	9	0,11
88,00	89,00			100	2	0,50
89,00	90,00			100	5	0,20

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	25
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

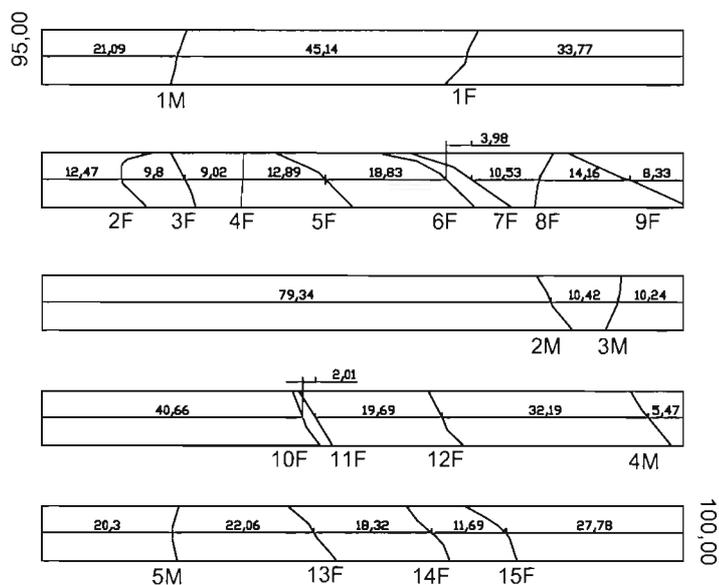
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
90,00	91,00			100	1	1,00
91,00	92,00		12	88	3	0,33
92,00	93,00		10	90	1	1,00
93,00	94,00		10	90	1	1,00
94,00	95,00		6	94	2	0,50

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	26
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1/2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
95,00	96,00			100	1	1,00
96,00	97,00	4	26	70	8	0,13
97,00	98,00			100	0	Compatto
98,00	99,00	2	6	92	3	0,33
99,00	100,00			100	4	0,25

RILIEVO DISCONTINUITA'

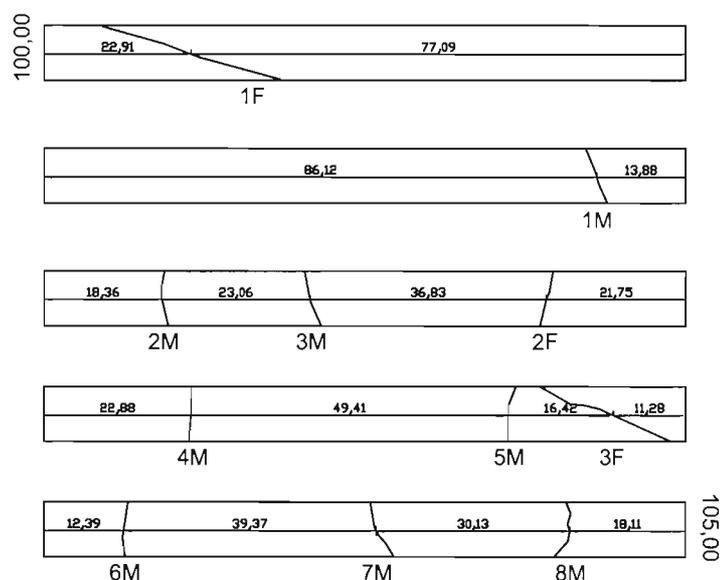
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	27

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
100,00	101,00			100	1	1,00
101,00	102,00			100	0	Compatto
102,00	103,00			100	1	1,00
103,00	104,00			100	1	1,00
104,00	105,00			100	0	Compatto

RILIEVO DISCONTINUITA'

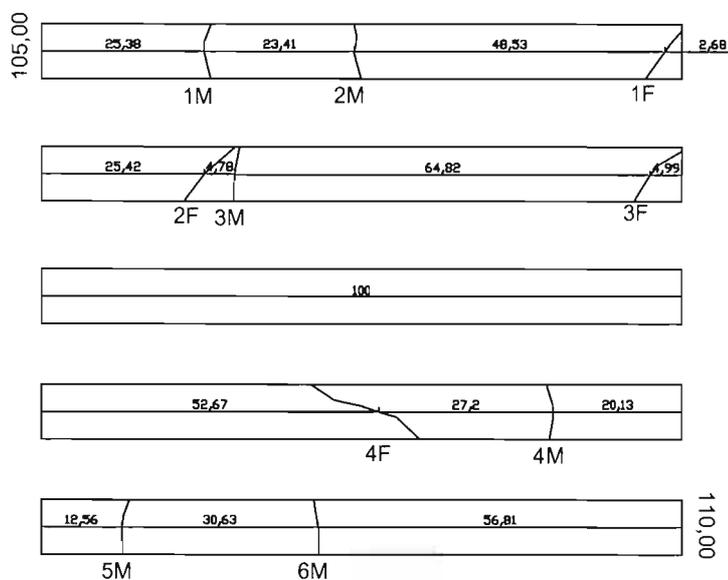
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	28

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
105,00	106,00	3		97	1	1,00
106,00	107,00			100	1	1,00
107,00	108,00			100	0	Compatto
108,00	109,00			100	1	1,00
109,00	110,00			100	0	Compatto

RILIEVO DISCONTINUITA'

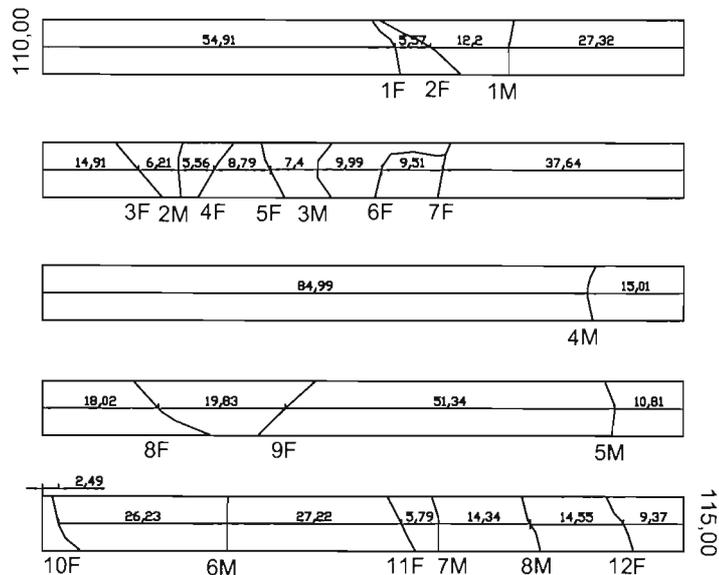
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	29

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

<i>M - giunto meccanico</i>		<i>Livello molto fratturato</i>
<i>S - giunto lungo sup. di strato o scistosità</i>		<i>Livelli intensamente alterati</i>
<i>F - giunto lungo discontinuità tettonica</i>		<i>Roccia</i>

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
110,00	111,00		6	94	2	0,50
111,00	112,00		47	53	5	0,20
112,00	113,00			100	0	Compatto
113,00	114,00			100	2	0,50
114,00	115,00	3	15	82	3	0,33

RILIEVO DISCONTINUITA'

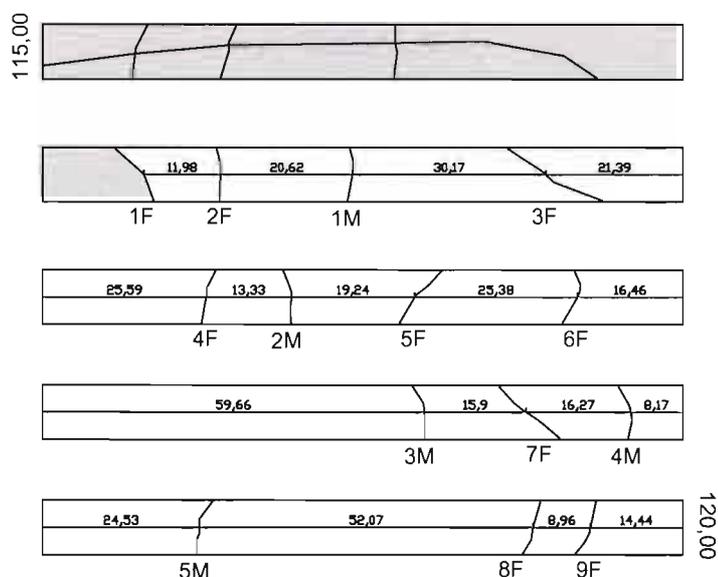
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	30

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
115,00	116,00	100				Fratturato
116,00	117,00	15		85	3	0,33
117,00	118,00			100	2	0,50
118,00	119,00			100	1	1,00
119,00	120,00			100	2	0,50

RILIEVO DISCONTINUITA'

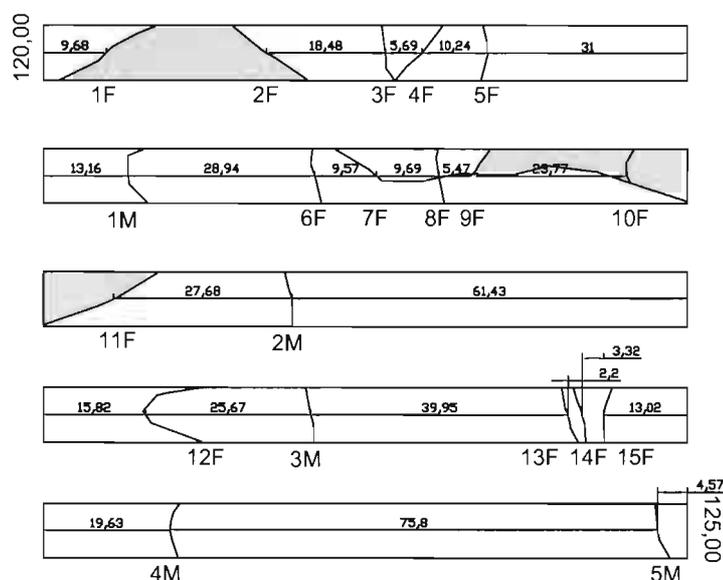
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	31

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

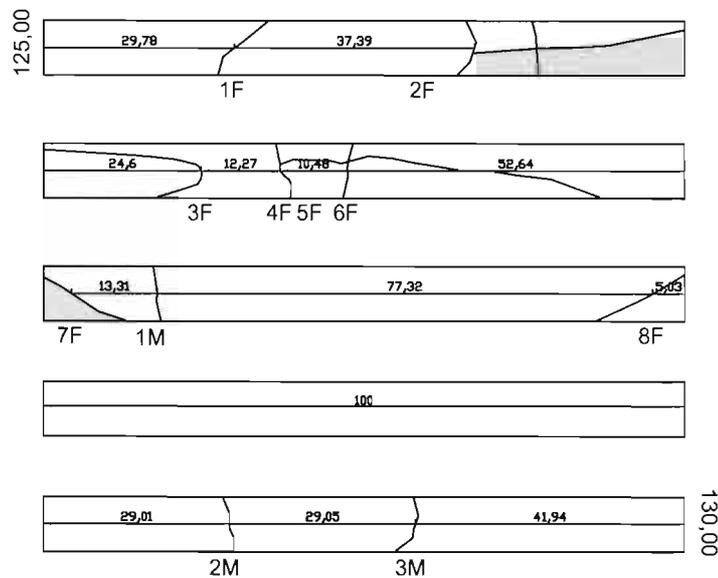
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
120,00	121,00	25	16	59	5	0,20
121,00	122,00	33	25	42	5	0,20
122,00	123,00	11		89	1	1,00
123,00	124,00	5		95	4	0,25
124,00	125,00			100	0	Compatto

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	32
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

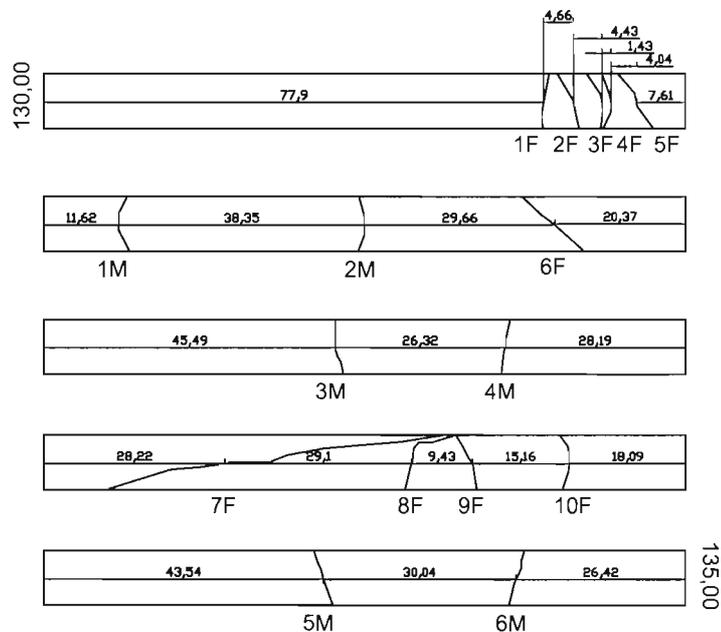
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N°	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm	fratture	
125,00	126,00	32		68	2	0,50
126,00	127,00			100	4	0,25
127,00	128,00	4	6	90	2	0,50
128,00	129,00			100	0	Compatto
129,00	130,00			100	0	Compatto

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	33
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1/2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
130,00	131,00	14	7	79	5	0,20
131,00	132,00			100	1	1,00
132,00	133,00			100	0	Compatto
133,00	134,00			100	4	0,25
134,00	135,00			100	0	Compatto

RILIEVO DISCONTINUITA'

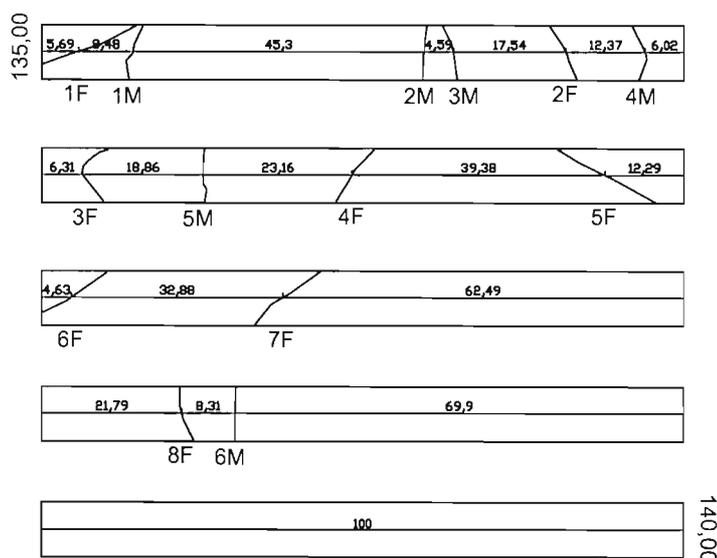
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	34

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
135,00	136,00		6	94	2	0,50
136,00	137,00		7	93	3	0,33
137,00	138,00	5		95	2	0,50
138,00	139,00			100	0	Compatto
139,00	140,00			100	0	Compatto

RILIEVO DISCONTINUITA'

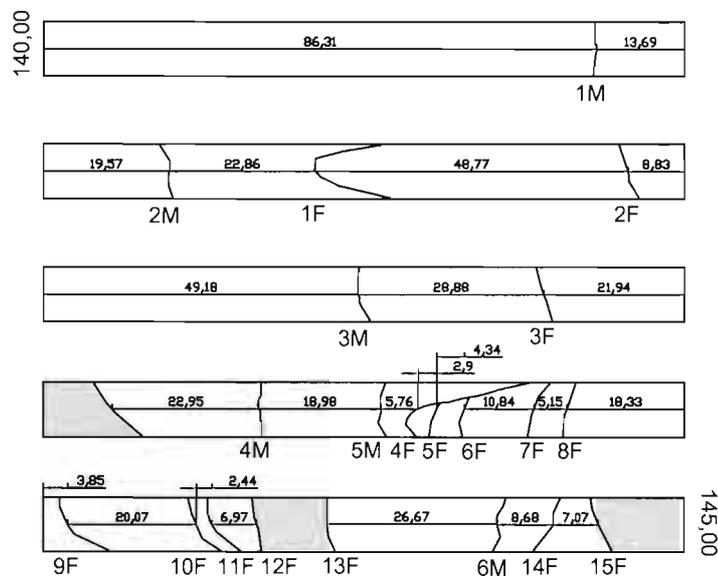
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	35

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

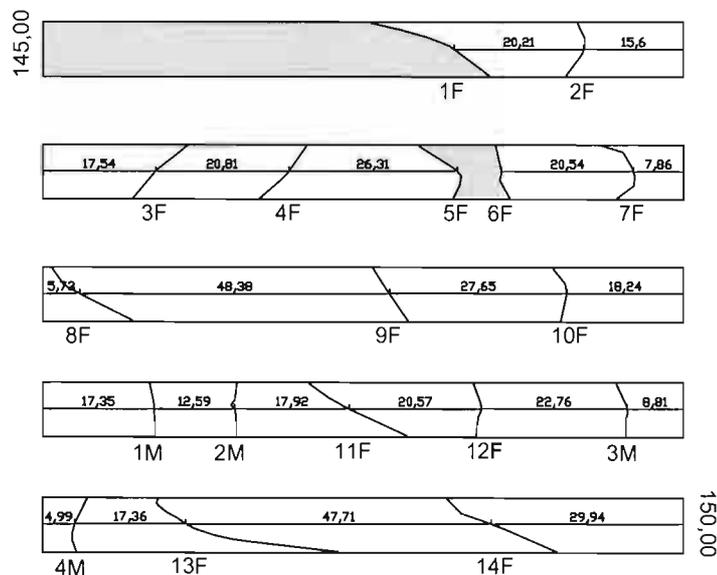
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
140,00	141,00			100	0	Compatto
141,00	142,00			100	2	0,50
142,00	143,00			100	1	1,00
143,00	144,00	17	11	72	4	0,25
144,00	145,00	27	22	51	7	0,14

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	36
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Livello molto fratturato

Livelli intensamente alterati

Roccia

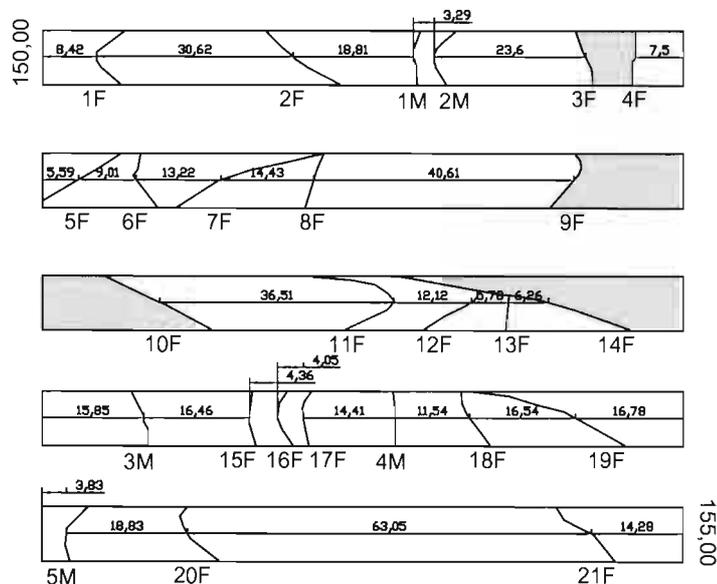
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
145,00	146,00	64		36	2	0,50
146,00	147,00	7	8	85	5	0,20
147,00	148,00		6	94	3	0,33
148,00	149,00			100	2	0,50
149,00	150,00			100	2	0,50

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	37
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
150,00	151,00	7	9	84	4	0,25
151,00	152,00	17	9	74	5	0,20
152,00	153,00	39	12	49	5	0,20
153,00	154,00	8		92	5	0,20
154,00	155,00			100	2	0,50

RILIEVO DISCONTINUITA'

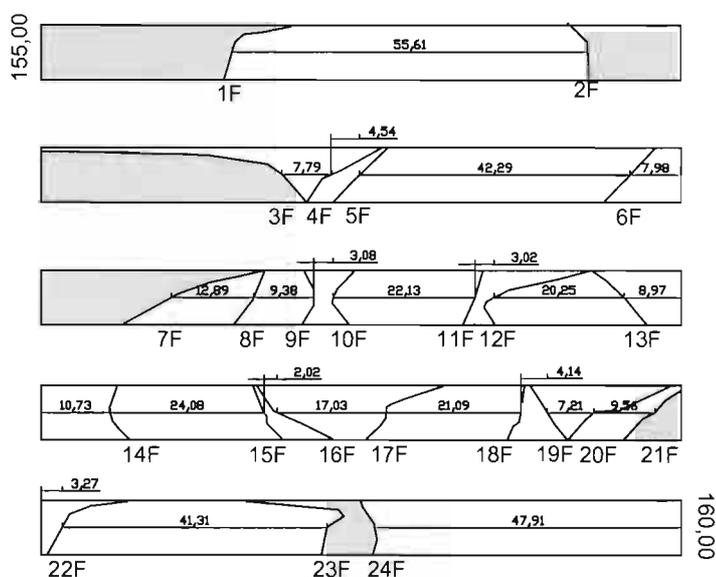
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	38

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 1



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
155,00	156,00	45		55	2	0,50
156,00	157,00	41	15	44	4	0,25
157,00	158,00	26	18	56	7	0,14
158,00	159,00	10	16	74	8	0,13
159,00	160,00	10		90	3	0,33

DESCRIZIONE DELLE DISCONTINUITA' SONDAGGIO: S2 CASSA 38

Pag. 2/2

Discontinuità	Tipo	Profondità	Scabrezza (JRC)	Forma	Alterazione	Inclinazione (°)	Apertura	Riempimento
1	F	155,30	10 - 12	Ondulata	2	84	Aperta	-
2	F	155,85	8 - 10	Ondulata	1	45	Chiusa	-
3	F	156,37	10 - 12	Ondulata	2	56	Aperta	-
4	F	156,44	10 - 12	Ondulata	1	66	Chiusa	-
5	F	156,48	10 - 12	Ondulata	1	44	Chiusa	-
6	F	156,90	8 - 10	Ondulata	1	44	Chiusa	-
7	F	157,20	8 - 10	Ondulata	2	62	Aperta	-
8	F	157,32	10 - 12	Ondulata	1	38	Chiusa	-
9	F	157,42	10 - 12	Ondulata	1	32	Chiusa	-
10	F	157,45	10 - 12	Ondulata	1	38	Chiusa	-
11	F	157,67	8 - 10	Ondulata	1	24	Chiusa	-
12	F	157,70	8 - 10	Ondulata	1	78	Chiusa	-
13	F	157,90	8 - 10	Ondulata	1	40	Chiusa	-
14	F	158,10	8 - 10	Ondulata	1	47	Chiusa	-
15	F	158,35	10 - 12	Ondulata	1	45	Chiusa	-
16	F	158,37	8 - 10	Ondulata	1	67	Chiusa	-
17	F	158,54	10 - 12	Ondulata	1	42	Chiusa	-
18	F	158,75	10 - 12	Ondulata	1	66	Chiusa	-
19	F	158,79	10 - 12	Ondulata	1	50	Chiusa	-
20	F	158,86	8 - 10	Ondulata	1	48	Chiusa	-
21	F	158,96	10 - 12	Ondulata	1	46	Chiusa	-
22	F	159,03	8 - 10	Ondulata	1	69	Chiusa	-
23	F	159,44	12 - 14	Segmentata	1	32	Chiusa	-
24	F	159,49	12 - 14	Ondulata	1	74	Chiusa	-

RILIEVO DISCONTINUITA'

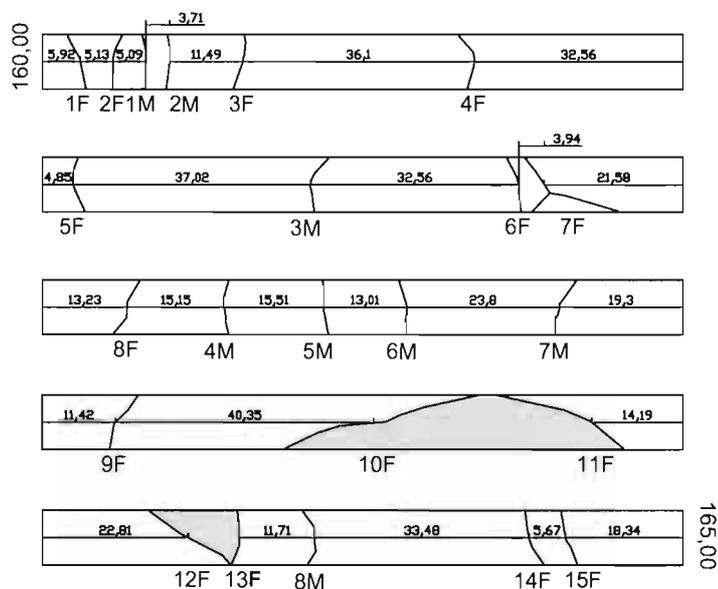
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	39

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
160,00	161,00	4	16	80	4	0,25
161,00	162,00	9		91	3	0,33
162,00	163,00			100	1	1,00
163,00	164,00	34		66	3	0,33
164,00	165,00	8	6	86	4	0,25

DESCRIZIONE DELLE DISCONTINUITA' SONDAGGIO: S2 CASSA 39

Pag. 2/2

Discontinuità	Tipo	Profondità	Scabrezza (JRC)	Forma	Alterazione	Inclinazione (°)	Apertura	Riempimento
1	F	160,06	10 - 12	Ondulata	1	12	Chiusa	-
2	F	160,11	10 - 12	Ondulata	1	Suborizzontale	Chiusa	-
3	F	160,31	10 - 12	Ondulata	1	20	Chiusa	-
4	F	160,67	8 - 10	Ondulata	1	16	Chiusa	-
5	F	161,05	8 - 10	Ondulata	1	6	Chiusa	-
6	F	161,75	10 - 12	Ondulata	2	74	Chiusa	Ox
7	F	161,79	10 - 12	Ondulata	2	40	Chiusa	Ox
8	F	162,13	12 - 14	Ondulata	1	35	Chiusa	-
9	F	163,11	8 - 10	Ondulata	1	72	Chiusa	-
10	F	163,52	12 - 14	Segmentata	3	78	Aperta	Ox / Ag
11	F	163,86	12 - 14	Ondulata	3	67	Aperta	Ox / Ag
12	F	164,23	12 - 14	Ondulata	3	63	Aperta	Ox / Ag
13	F	164,31	12 - 14	Ondulata	3	20	Aperta	Ox / Ag
14	F	164,76	6 - 8	Ondulata	1	33	Chiusa	-
15	F	164,81	6 - 8	Ondulata	1	21	Chiusa	-

RILIEVO DISCONTINUITA'

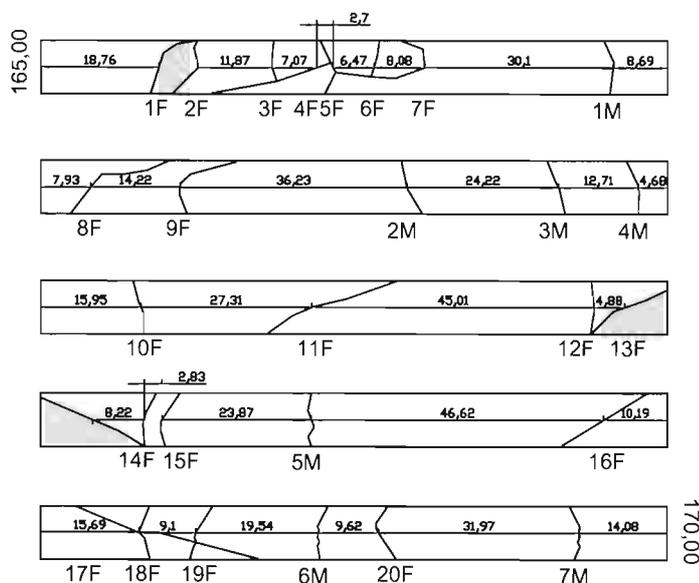
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	40

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1/2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
165,00	166,00	8	21	71	7	0,14
166,00	167,00	5	8	87	2	0,50
167,00	168,00	5	7	88	4	0,25
168,00	169,00	11	8	81	3	0,33
169,00	170,00		18	82	4	0,25

RILIEVO DISCONTINUITA'

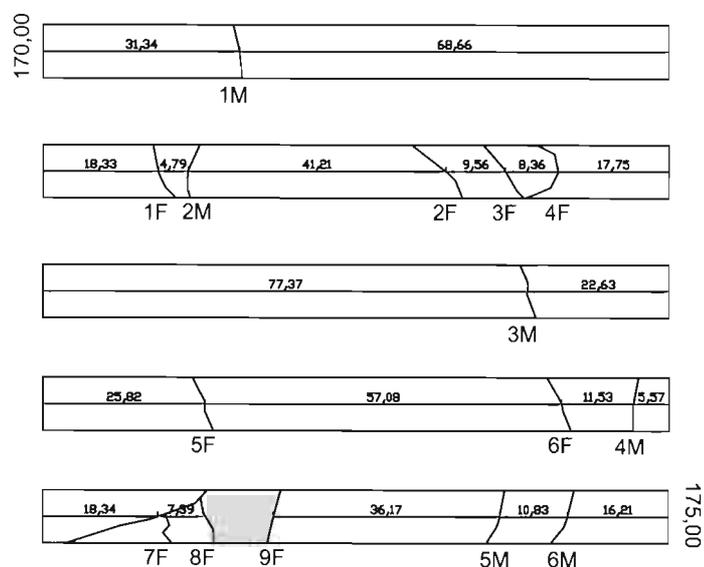
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	41

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1/2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N°	Indice di spaziatura
DA	A	L<5 cm	5<L<10 cm	L> 10 cm	fratture	
170,00	171,00			100	0	Compatto
171,00	172,00	5	18	77	4	0,25
172,00	173,00			100	0	Compatto
173,00	174,00			100	2	0,50
174,00	175,00	11	7	82	3	0,33

RILIEVO DISCONTINUITA'

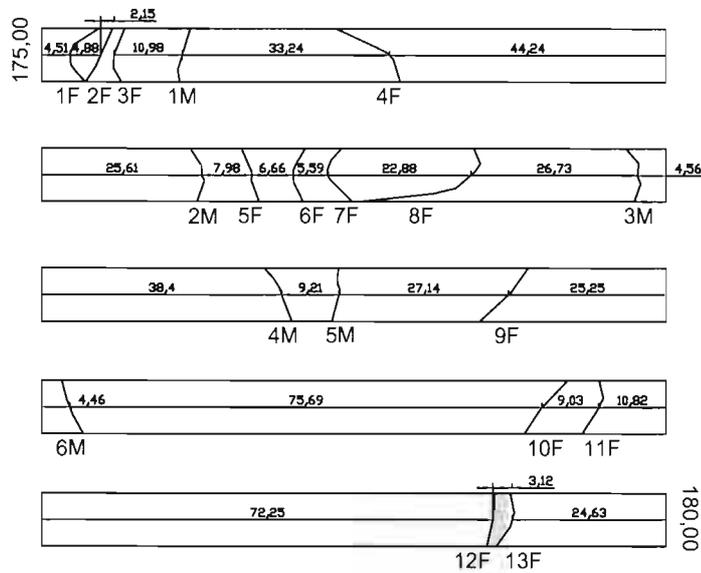
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	42

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1/2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
175,00	176,00	11		89	4	0,25
176,00	177,00		12	88	4	0,25
177,00	178,00			100	1	1,00
178,00	179,00			100	2	0,50
179,00	180,00	3		97	2	0,50

RILIEVO DISCONTINUITA'

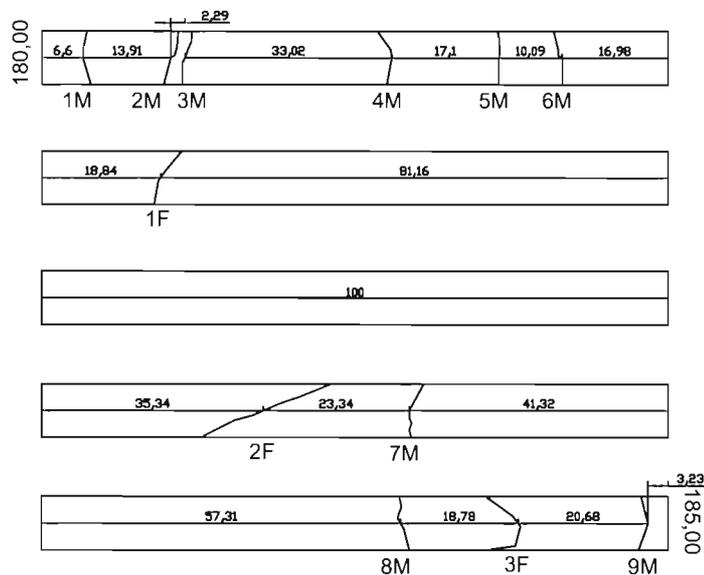
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	43

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1/2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
180,00	181,00			100	0	Compatto
181,00	182,00			100	1	1,00
182,00	183,00			100	0	Compatto
183,00	184,00			100	0	Compatto
184,00	185,00			100	1	1,00

RILIEVO DISCONTINUITA'

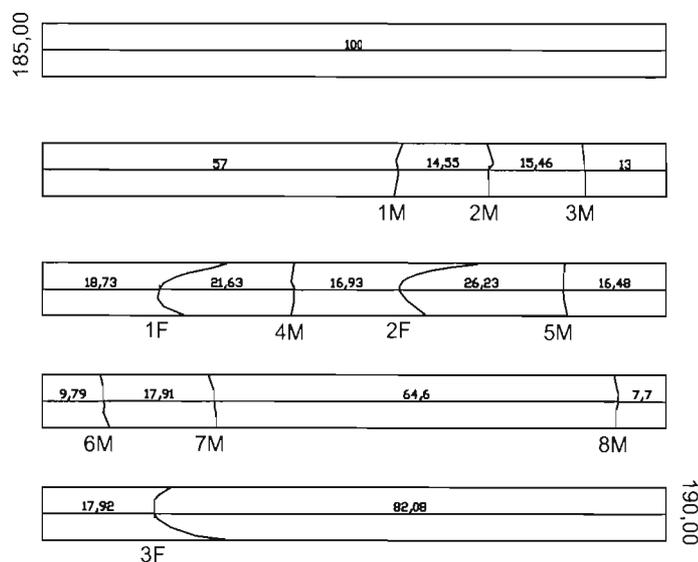
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	44

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1/2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N°	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm	fratture	
185,00	186,00			100	0	Compatto
186,00	187,00			100	0	Compatto
187,00	188,00			100	2	0,50
188,00	189,00			100	0	Compatto
189,00	190,00			100	1	1,00

RILIEVO DISCONTINUITA'

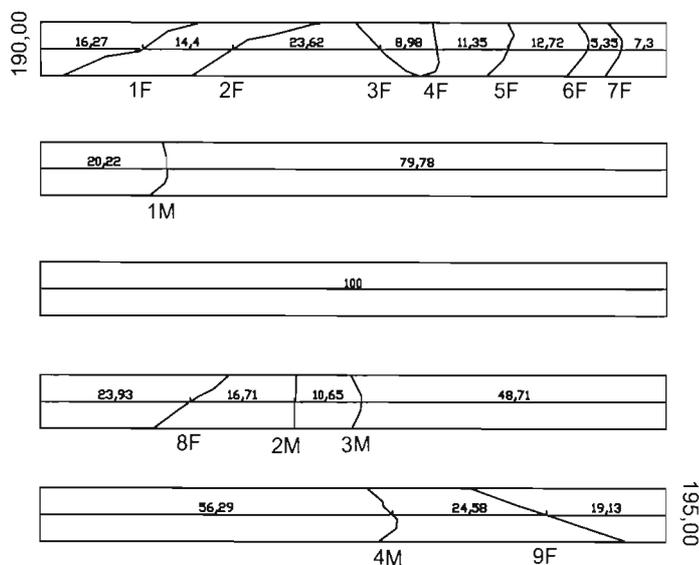
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	45

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1/2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spazatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
190,00	191,00		12	88	7	0,14
191,00	192,00			100	0	Compatto
192,00	193,00			100	0	Compatto
193,00	194,00			100	1	1,00
194,00	195,00			100	1	1,00

RILIEVO DISCONTINUITA'

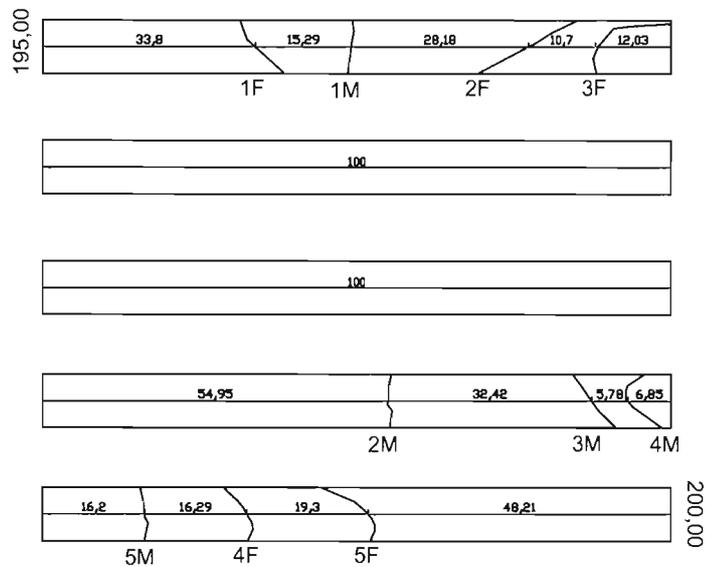
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	46

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1/2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
195,00	196,00			100	2	0,50
196,00	197,00			100	0	Compatto
197,00	198,00			100	0	Compatto
198,00	199,00			100	0	Compatto
199,00	200,00			100	2	0,50

RILIEVO DISCONTINUITA'

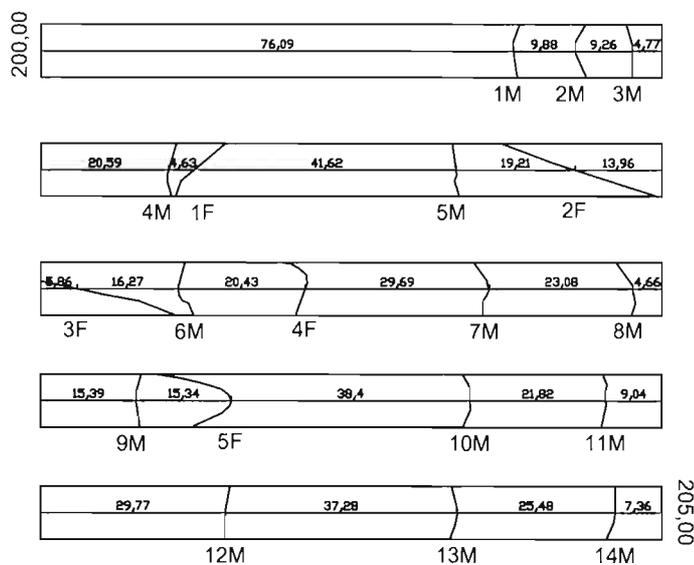
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	47

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1/2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
200,00	201,00			100	0	Compatto
201,00	202,00			100	2	0,50
202,00	203,00		6	94	2	0,50
203,00	204,00			100	1	1,00
204,00	205,00			100	0	Compatto

RILIEVO DISCONTINUITA'

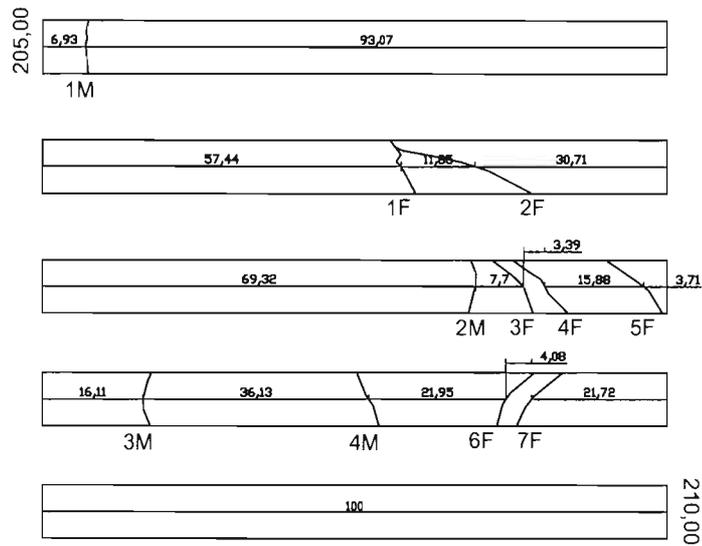
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	48

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
205,00	206,00			100	0	Compatto
206,00	207,00			100	2	0,50
207,00	208,00	4		96	3	0,33
208,00	209,00			100	2	0,50
209,00	210,00			100	0	Compatto

RILIEVO DISCONTINUITA'

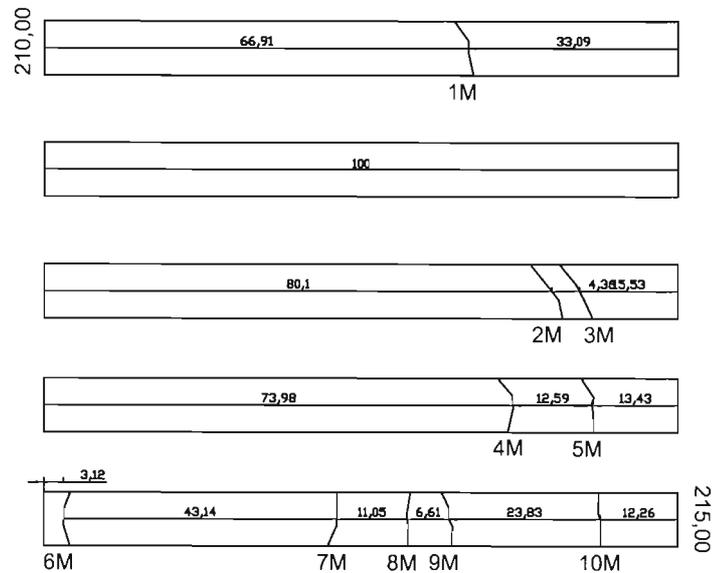
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	49

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 /1



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

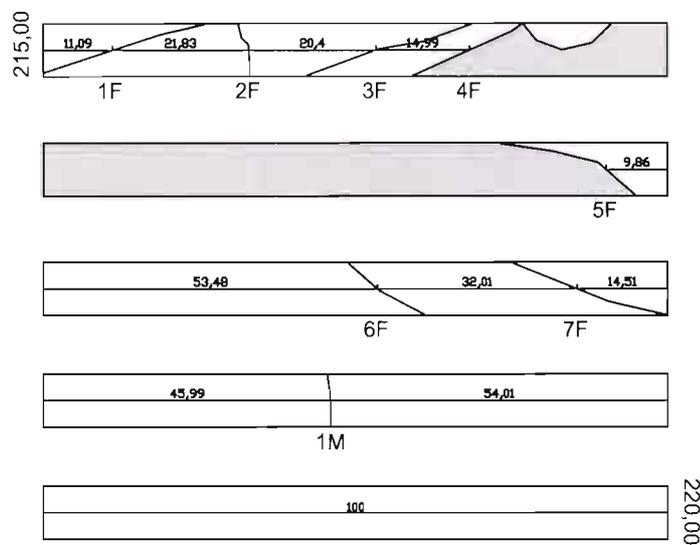
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
210,00	211,00			100	0	Compatto
211,00	212,00			100	0	Compatto
212,00	213,00			100	0	Compatto
213,00	214,00			100	0	Compatto
214,00	215,00			100	0	Compatto

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	50
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1/2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
215,00	216,00	31		69	4	0,25
216,00	217,00	91	9		1	1,00
217,00	218,00			100	2	0,50
218,00	219,00			100	0	Compatto
219,00	220,00			100	0	Compatto

RILIEVO DISCONTINUITA'

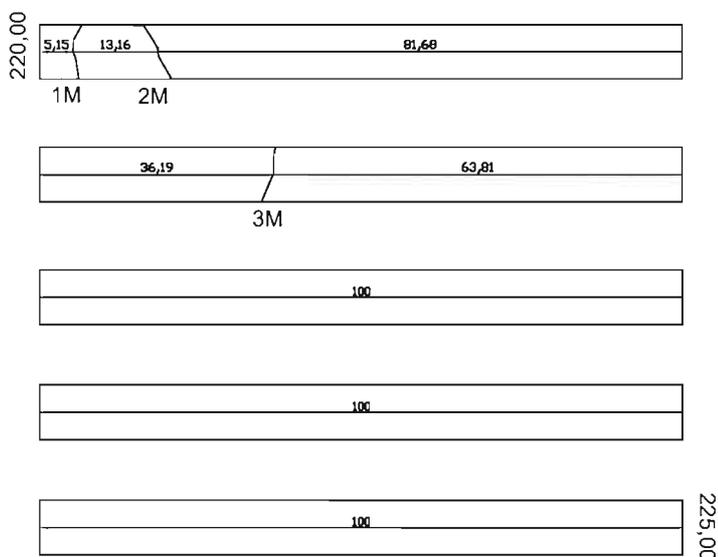
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	51

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 1



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico		Livello molto fratturato
S - giunto lungo sup. di strato o scistosità		Livelli intensamente alterati
F - giunto lungo discontinuità tettonica		Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
220,00	221,00			100	0	Compatto
221,00	222,00			100	0	Compatto
222,00	223,00			100	0	Compatto
223,00	224,00			100	0	Compatto
224,00	225,00			100	0	Compatto

RILIEVO DISCONTINUITA'

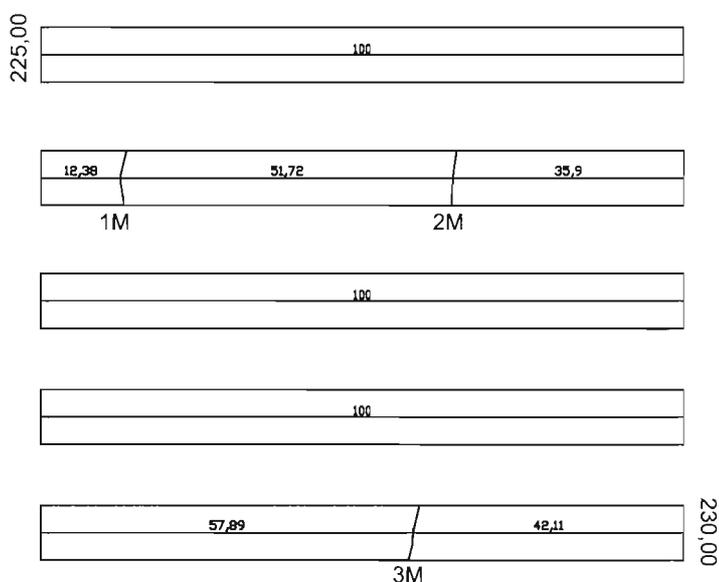
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	52

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 1



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

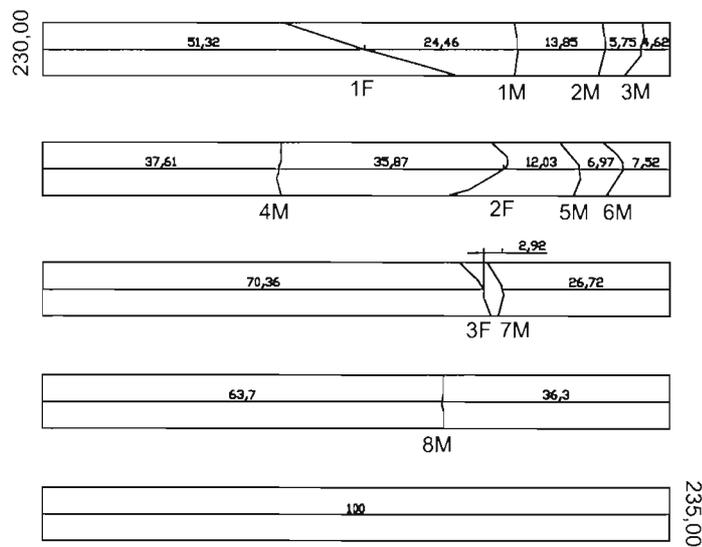
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
225,00	226,00			100	0	Compatto
226,00	227,00			100	0	Compatto
227,00	228,00			100	0	Compatto
228,00	229,00			100	0	Compatto
229,00	230,00			100	0	Compatto

RILIEVO DISCONTINUITA'

Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	53
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico		Livello molto fratturato
S - giunto lungo sup. di strato o scistosità		Livelli intensamente alterati
F - giunto lungo discontinuità tettonica		Roccia

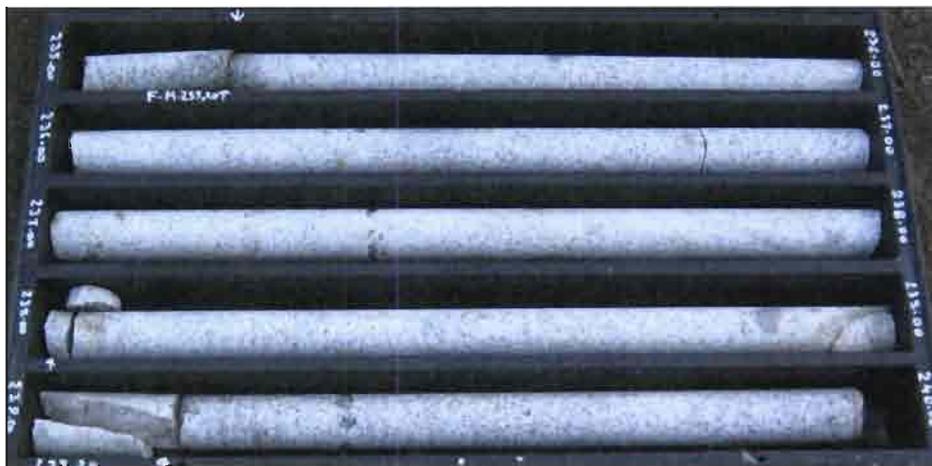
QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
230,00	231,00			100	1	1,00
231,00	232,00			100	1	1,00
232,00	233,00			100	1	1,00
233,00	234,00			100	0	Compatto
234,00	235,00			100	0	Compatto

RILIEVO DISCONTINUITA'

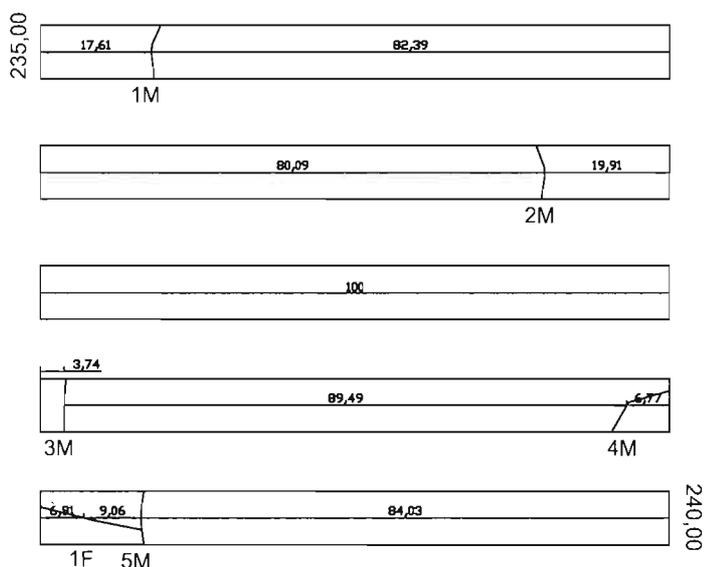
Committente:	ITALFERR SpA	Sondaggio:	S2
Cantiere:	FORTEZZA (BZ)	Cassa:	54

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PAG. 1 / 2



LOG STRATIGRAFICO



LEGENDA

M - giunto meccanico



Livello molto fratturato

S - giunto lungo sup. di strato o scistosità



Livelli intensamente alterati

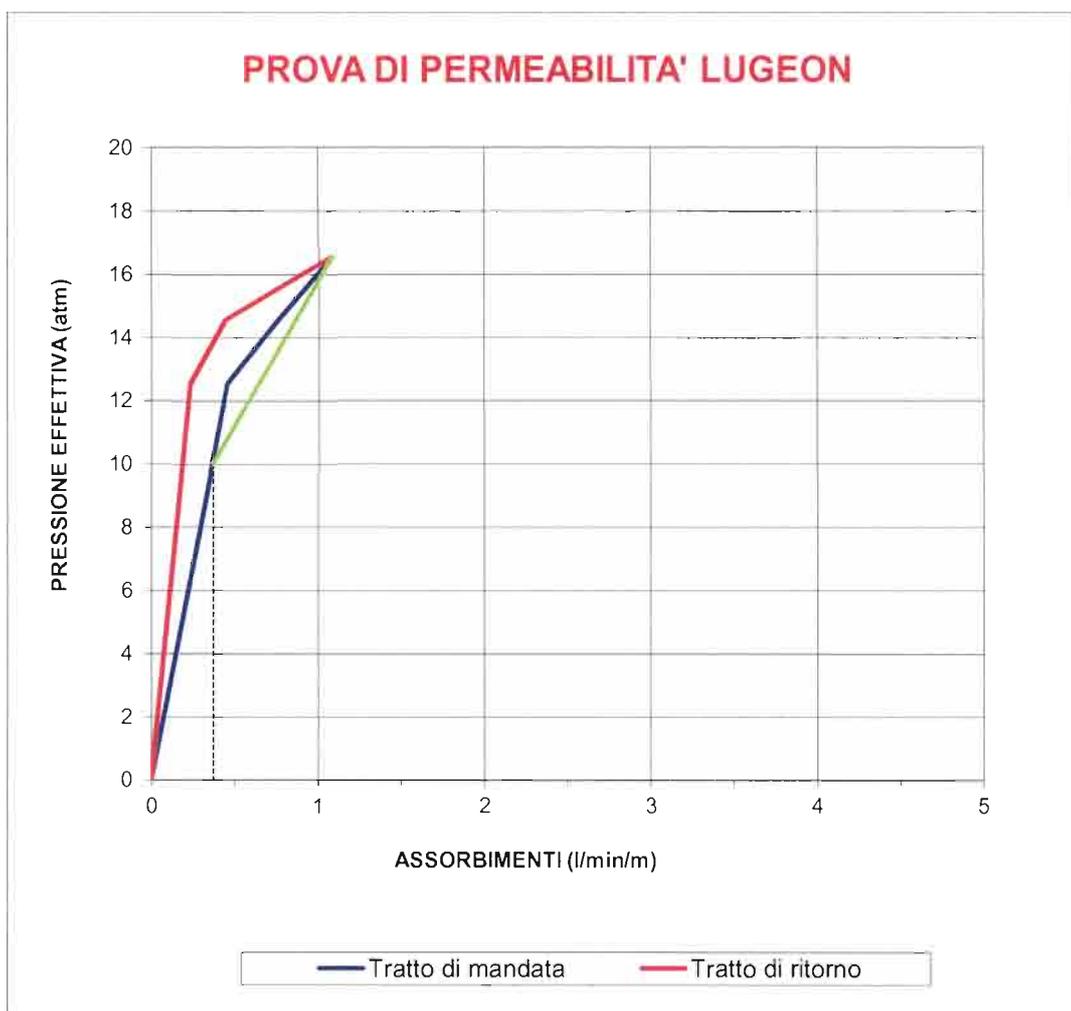
F - giunto lungo discontinuità tettonica



Roccia

QUOTA		Lunghezza spezzoni di carota in %			N° fratture	Indice di spaziatura
DA	A	L < 5 cm	5 < L < 10 cm	L > 10 cm		
235,00	236,00			100	0	Compatto
236,00	237,00			100	0	Compatto
237,00	238,00			100	0	Compatto
238,00	239,00			100	0	Compatto
239,00	240,00		7	93	1	1,00

Allegato C



Sondaggio°

Prova n°

Profondità camera da m

Profondità falda da p.c.

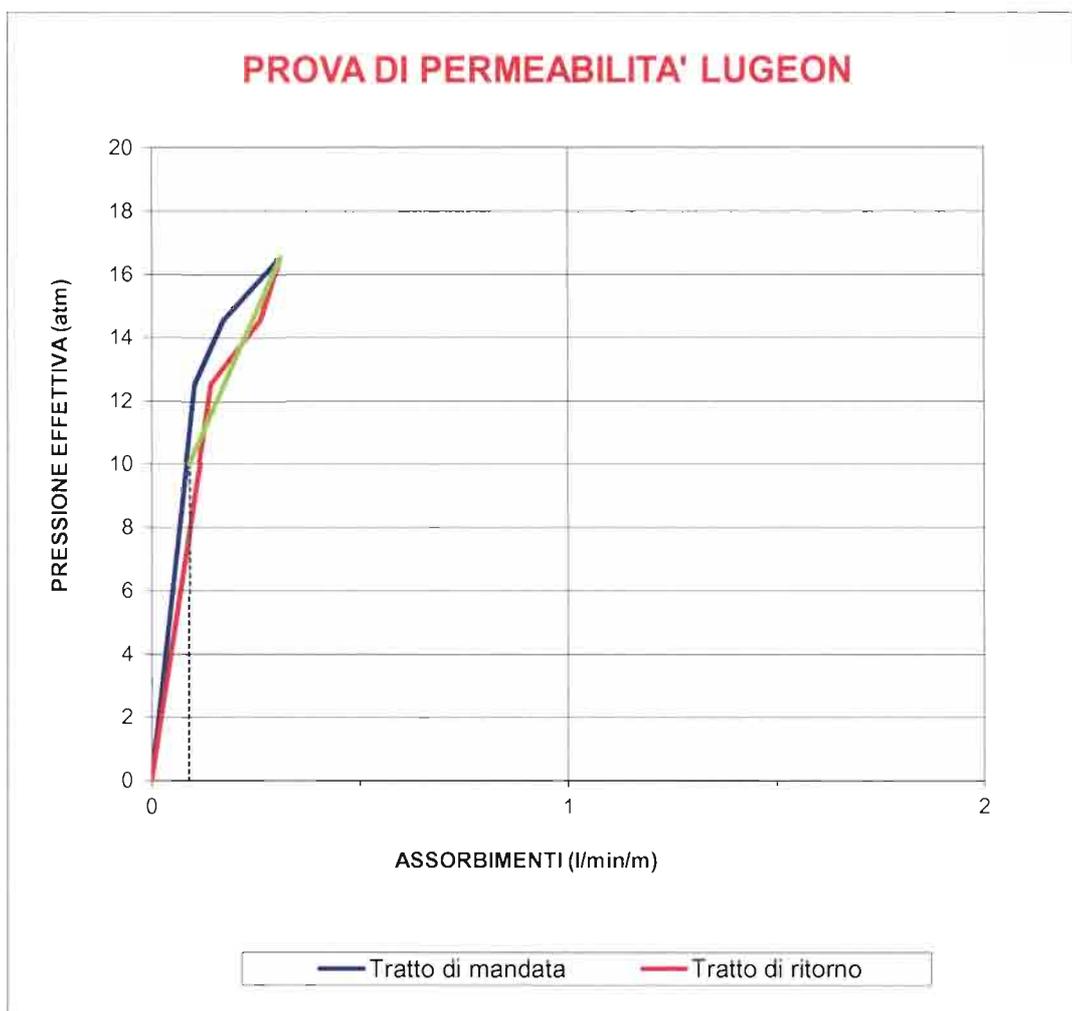
U.L.

Committente: ITALFERR S.p.A.

Località: Fortezza (BZ)

Data:

Documento n°



Sondaggio°

Prova n°

Profondità camera da m

Profondità falda da p.c.

U.L.

Committente: ITALFERR S.p.A.

Località: Fortezza (BZ)

Data:

Documento n°

Decreto Ministeriale n. 5034		Certificato n. 11-143-H	
D.P.R. n. 380/2001 Art. 59			
revisione	data emissione	redatto	approvato
0	08/02/2012	Dott. F. Picchio	Dott. D. Attala

PROVA DI PERMEABILITA' "LUGEON" n° 3

COMMITTENTE: ITALFERR S.p.A. **SONDAGGIO n°:** S2

POSIZIONE: Fortezza (BZ) **DATA:** 13/1/2012

PROFONDITA' CAMERA da m 221,70 a m 226,70

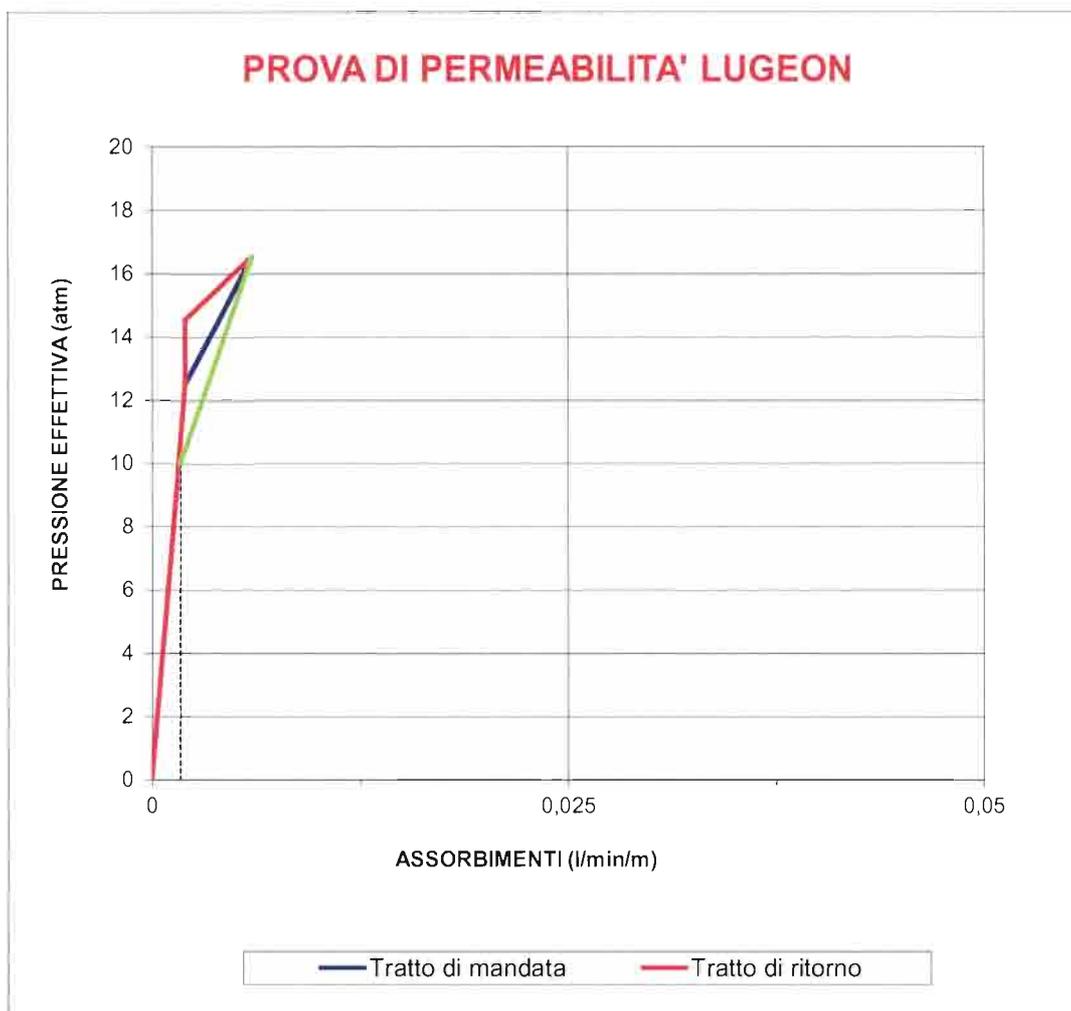
DIAMETRO CAMERA Ø mm 101

QUOTA LIVELLO FALDA DA p.c. m 105,00

PAKER TIPO mm 80

ALTEZZA CAVALLETTO IMMISSIONE ACQUA DA p.c. m 0,50

Atm (colonna acqua ~10 m)	Δt (min)	lettura di partenza (litri)	lettura in condizione di pressione (litri)	Δt (min)	volume acqua immessa (litri)	lettura finale dopo 10' (litri)	volume finale (litri)	Q (l/min)	Assorbimenti l/min/m	pressione corretta Atm
2	10'	203,3	204,6	2'	204,60	204,7	0,1	0,01	0,0020	12,55
				4'	204,60					
				6'	204,70					
				8'	204,70					
4	10'	204,7	205	2'	205,00	205,2	0,2	0,02	0,0040	14,55
				4'	205,10					
				6'	205,10					
				8'	205,20					
6	10'	205,2	206,1	2'	206,20	206,4	0,3	0,03	0,0060	16,55
				4'	206,30					
				6'	206,30					
				8'	206,40					
4	10'	206,4	206,6	2'	206,60	206,7	0,1	0,01	0,0020	14,55
				4'	206,60					
				6'	206,70					
				8'	206,70					
2	10'	206,7	206,8	2'	206,80	206,9	0,1	0,01	0,0020	12,55
				4'	206,80					
				6'	206,90					
				8'	206,90					
				2'						
				4'						
				6'						
				8'						
				2'						
				4'						
				6'						
				8'						



Sondaggio°

Prova n°

Profondità camera da m

Profondità falda da p.c.

U.L.

Committente: ITALFERR S.p.A.

Località: Fortezza (BZ)

Data:

Documento n°

Allegato D

DATI PROVACOMMITTENTE: **ITALFER S.P.A.**PROF. PROVA (m): **235,0**LOCALITA': **FORTEZZA (BZ)**DIAMETRO SONDAGGIO (mm): **101,3**SONDAGGIO: **S2**UTENSILE DI PERFORAZIONE: **CAROTIERE DOPPIO**PROVA N.: **D1**INCLINAZIONE (°): **90**DATA: **20/01/2012**ESECUZ. ED INTERPRETAZIONE: **DOTT. COLOTTI****STRUMENTAZIONE IMPIEGATA**TIPO STRUMENTO: **DILATOMETRO FLESSIBILE DILAROC**CENTRAL.ACQUISIZIONE: **LM 99/16 MOD. DMP 02/95**DIAMETRO GUAINA(mm): **95**SONDA: **N° 14D01**

TIPO GUAINA:

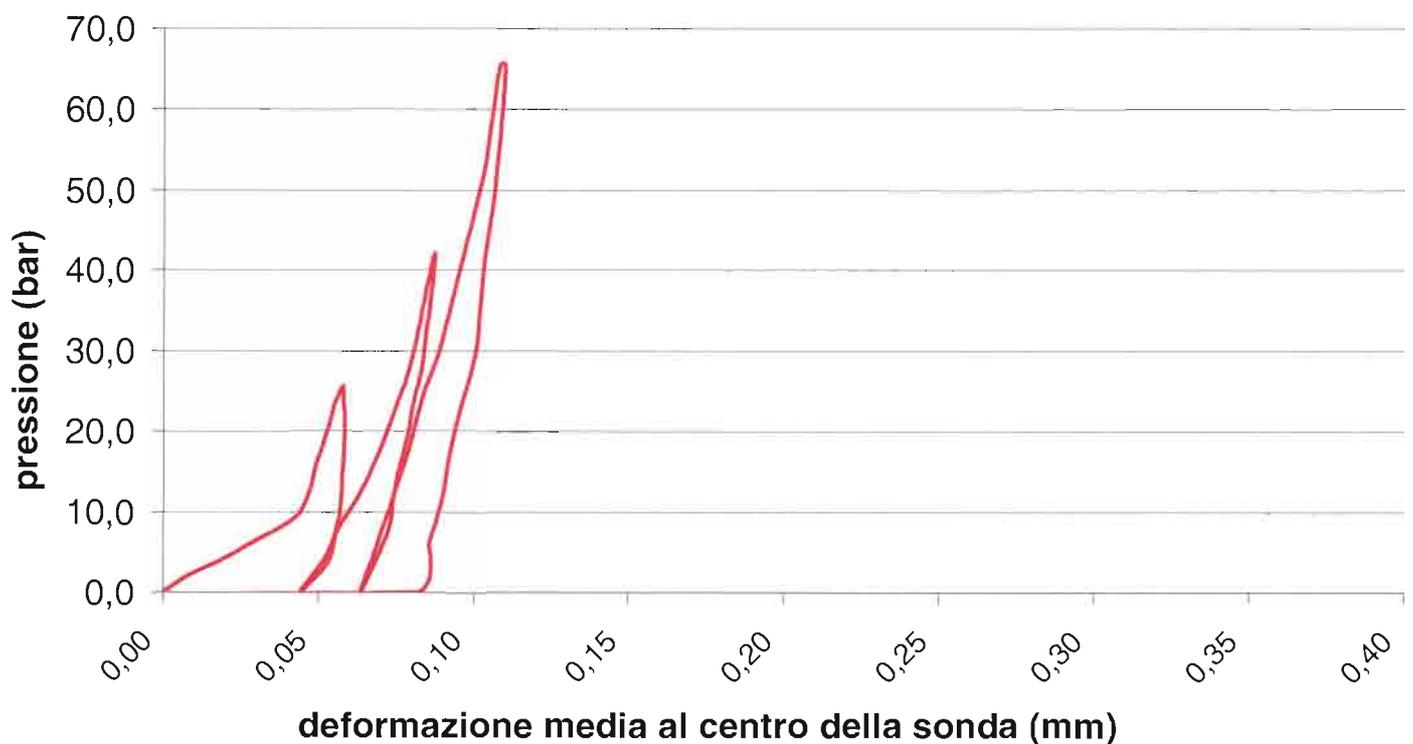
PRESSIONE MAX. (Mpa): **20****DATI LITOLGICI**LITOLOGIA: **FILLADI**RQD (stimato): **100%**

PROFONDITA' FALDA DA p.c.:

GRADO DI ALTERAZIONE:

MODULO DI DEFORMAZIONE: **Ed**
12340 Mpa
CALCOLATO SUL 2° CARICOMODULO ELASTICO: **Ee**
23126 Mpa
CALCOLATO SUL 2° SCARICO**GRAFICO PRESSIONE - DEFORMAZIONE**

(deformazione ricavata dalla media dei tre trasduttori)





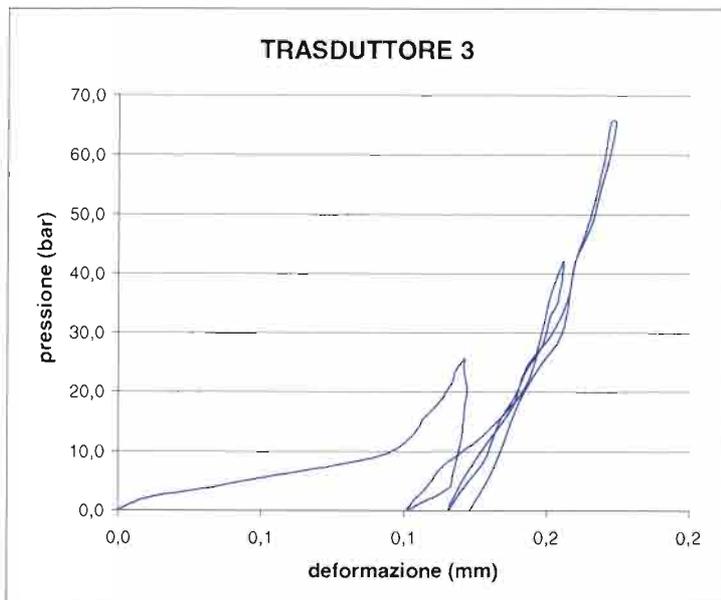
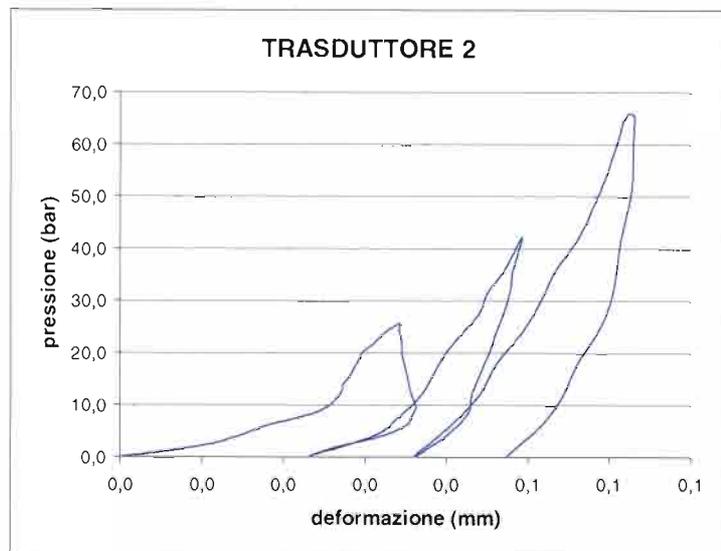
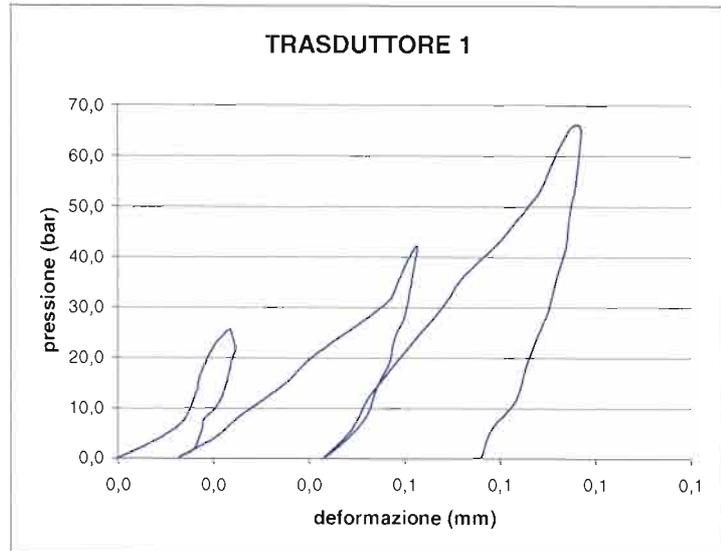
DATA: 20/01/2012

SONDAGGIO: S2

PROF. PROVA (m): 235,0

VALORI REGISTRATI DAI SINGOLI TRASDUTTORI (valori relativi)

Tempo (min)	Pressione (bar)	trasd. 1 (mm)	trasd. 2 (mm)	trasd. 3 (mm)	media (mm)
0,0	18,2	0,000	0,000	0,000	0,000
0,5	20,3	0,005	0,010	0,011	0,007
1,0	21,9	0,008	0,014	0,031	0,013
1,5	24,2	0,012	0,018	0,057	0,019
2,0	25,9	0,014	0,022	0,077	0,023
2,5	27,7	0,015	0,025	0,094	0,026
3,0	30,4	0,016	0,027	0,102	0,027
3,5	32,1	0,017	0,027	0,105	0,028
4,0	33,6	0,017	0,028	0,107	0,029
4,5	36,2	0,018	0,029	0,112	0,030
5,0	38,4	0,019	0,030	0,115	0,032
5,5	40,0	0,020	0,031	0,117	0,033
6,0	41,6	0,021	0,032	0,118	0,034
6,5	43,7	0,023	0,034	0,121	0,037
7,0	42,4	0,024	0,034	0,121	0,038
7,5	39,9	0,024	0,034	0,122	0,038
8,0	38,2	0,024	0,034	0,122	0,038
8,5	36,3	0,024	0,035	0,122	0,038
9,0	34,3	0,023	0,035	0,121	0,037
9,5	31,9	0,022	0,035	0,121	0,037
10,0	30,0	0,022	0,036	0,120	0,036
10,5	27,7	0,020	0,036	0,119	0,035
11,0	25,8	0,018	0,036	0,118	0,033
11,5	24,2	0,018	0,035	0,117	0,032
12,0	22,0	0,017	0,032	0,116	0,030
12,5	19,9	0,016	0,026	0,108	0,027
13,0	18,4	0,013	0,024	0,101	0,023
13,5	22,2	0,020	0,031	0,108	0,033
14,0	25,8	0,025	0,034	0,114	0,038
14,5	30,0	0,031	0,037	0,126	0,044
15,0	33,7	0,036	0,038	0,134	0,049
15,5	37,8	0,040	0,040	0,141	0,053
16,0	42,2	0,046	0,042	0,145	0,058
16,5	45,8	0,052	0,044	0,147	0,062
17,0	49,8	0,057	0,045	0,149	0,065
17,5	54,0	0,059	0,047	0,151	0,067
18,0	60,3	0,063	0,049	0,156	0,070
18,5	53,8	0,062	0,048	0,154	0,069
19,0	50,4	0,061	0,048	0,151	0,068
19,5	46,1	0,060	0,047	0,149	0,067
20,0	42,0	0,058	0,046	0,143	0,065
20,5	37,6	0,057	0,045	0,139	0,064
21,0	33,8	0,055	0,044	0,134	0,062
21,5	30,3	0,053	0,043	0,131	0,061
22,0	26,4	0,052	0,043	0,128	0,059
22,5	22,0	0,048	0,040	0,121	0,055
23,0	18,3	0,043	0,036	0,116	0,050
23,5	23,8	0,049	0,040	0,121	0,056
24,0	30,1	0,053	0,044	0,130	0,061
24,5	35,8	0,057	0,046	0,139	0,065
25,0	42,1	0,063	0,049	0,143	0,069
25,5	48,1	0,068	0,052	0,152	0,074
26,0	53,9	0,072	0,053	0,157	0,077
26,5	60,3	0,079	0,056	0,160	0,082
27,0	66,0	0,084	0,058	0,164	0,085
27,5	71,4	0,089	0,059	0,167	0,088
28,0	78,2	0,092	0,061	0,171	0,090
28,5	83,6	0,095	0,062	0,172	0,093
29,0	83,6	0,097	0,063	0,174	0,094
29,5	78,1	0,097	0,063	0,172	0,094
30,0	72,0	0,096	0,063	0,169	0,093
30,5	66,4	0,095	0,062	0,166	0,092
31,0	60,1	0,094	0,062	0,160	0,090
31,5	53,9	0,092	0,061	0,158	0,089
32,0	47,6	0,090	0,060	0,155	0,088
32,5	42,2	0,088	0,059	0,147	0,085
33,0	36,1	0,085	0,056	0,140	0,082
33,5	29,6	0,083	0,054	0,135	0,079
34,0	24,1	0,078	0,052	0,130	0,075
34,5	18,2	0,076	0,047	0,123	0,071
35,0					
35,5					
36,0					
36,5					





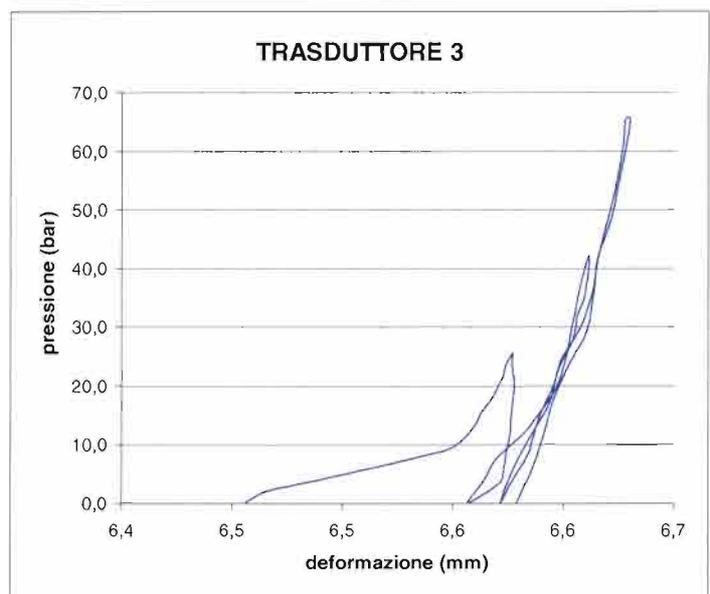
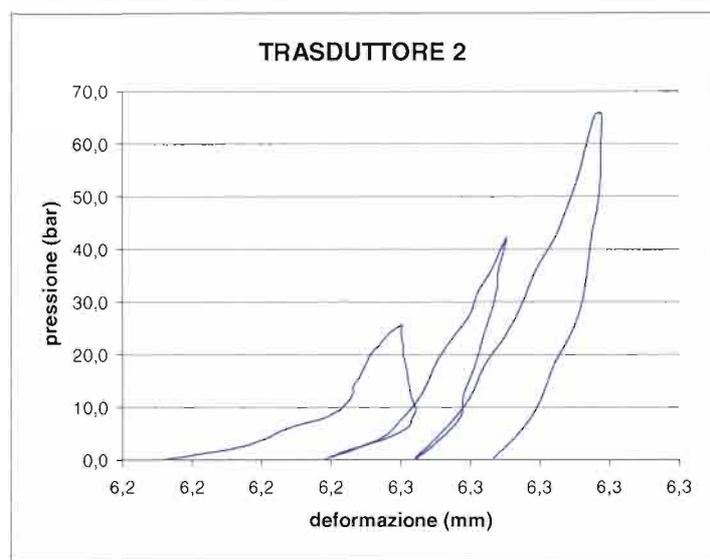
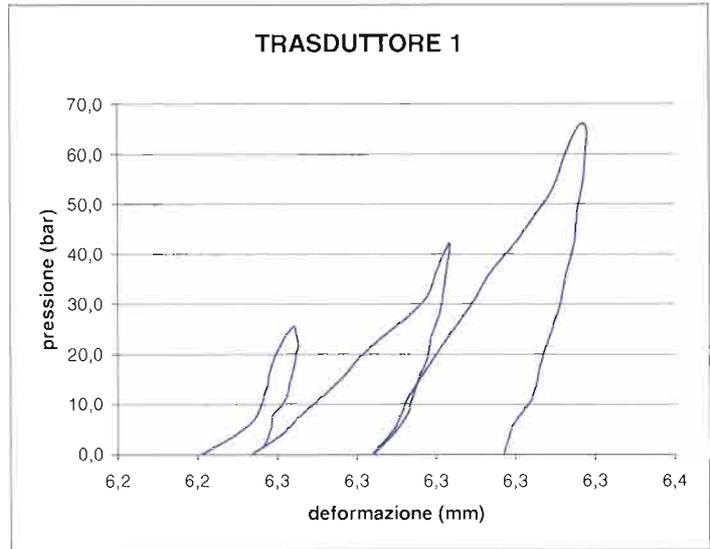
DATA: 20/01/2012

SONDAGGIO: S2

PROF. PROVA (m): 235,0

VALORI REGISTRATI DAI SINGOLI TRASDUTTORI
(valori assoluti)

Tempo (min)	Pressione (bar)	trasd. 1 (mm)	trasd. 2 (mm)	trasd. 3 (mm)	media (mm)
0,0	18,2	6,241	6,216	6,456	6,302
0,5	20,3	6,246	6,226	6,466	6,311
1,0	21,9	6,249	6,230	6,487	6,320
1,5	24,2	6,253	6,234	6,513	6,331
2,0	25,9	6,255	6,238	6,533	6,339
2,5	27,7	6,256	6,241	6,550	6,346
3,0	30,4	6,257	6,243	6,558	6,349
3,5	32,1	6,258	6,243	6,561	6,351
4,0	33,6	6,258	6,244	6,563	6,352
4,5	36,2	6,259	6,245	6,568	6,354
5,0	38,4	6,260	6,246	6,571	6,355
5,5	40,0	6,261	6,247	6,573	6,357
6,0	41,6	6,262	6,248	6,574	6,358
6,5	43,7	6,264	6,250	6,577	6,360
7,0	42,4	6,265	6,250	6,577	6,361
7,5	39,9	6,266	6,250	6,578	6,361
8,0	38,2	6,265	6,250	6,578	6,361
8,5	36,3	6,265	6,251	6,577	6,361
9,0	34,3	6,264	6,251	6,577	6,360
9,5	31,9	6,263	6,251	6,576	6,360
10,0	30,0	6,263	6,252	6,576	6,360
10,5	27,7	6,261	6,252	6,575	6,359
11,0	25,8	6,259	6,252	6,574	6,358
11,5	24,2	6,259	6,251	6,573	6,357
12,0	22,0	6,258	6,248	6,572	6,356
12,5	19,9	6,257	6,242	6,564	6,351
13,0	18,4	6,254	6,239	6,557	6,347
13,5	22,2	6,261	6,247	6,564	6,354
14,0	25,8	6,266	6,250	6,570	6,359
14,5	30,0	6,272	6,253	6,582	6,365
15,0	33,7	6,277	6,254	6,590	6,370
15,5	37,8	6,281	6,256	6,597	6,374
16,0	42,2	6,288	6,258	6,601	6,378
16,5	45,8	6,293	6,260	6,603	6,382
17,0	49,8	6,298	6,261	6,605	6,384
17,5	54,0	6,300	6,263	6,607	6,386
18,0	60,3	6,304	6,265	6,612	6,390
18,5	53,8	6,303	6,264	6,610	6,389
19,0	50,4	6,302	6,264	6,607	6,387
19,5	46,1	6,301	6,263	6,605	6,386
20,0	42,0	6,299	6,262	6,599	6,383
20,5	37,6	6,298	6,261	6,595	6,381
21,0	33,8	6,296	6,260	6,590	6,379
21,5	30,3	6,295	6,259	6,587	6,377
22,0	26,4	6,293	6,259	6,584	6,375
22,5	22,0	6,289	6,256	6,577	6,371
23,0	18,3	6,284	6,252	6,572	6,366
23,5	23,8	6,290	6,256	6,577	6,371
24,0	30,1	6,294	6,260	6,586	6,376
24,5	35,8	6,298	6,262	6,594	6,381
25,0	42,1	6,304	6,265	6,599	6,386
25,5	48,1	6,309	6,268	6,608	6,391
26,0	53,9	6,313	6,269	6,613	6,395
26,5	60,3	6,320	6,272	6,616	6,399
27,0	66,0	6,325	6,274	6,620	6,403
27,5	71,4	6,330	6,275	6,623	6,406
28,0	78,2	6,333	6,277	6,627	6,408
28,5	83,6	6,336	6,278	6,628	6,410
29,0	83,6	6,338	6,279	6,630	6,412
29,5	78,1	6,338	6,279	6,628	6,411
30,0	72,0	6,337	6,279	6,625	6,410
30,5	66,4	6,336	6,278	6,622	6,408
31,0	60,1	6,335	6,277	6,616	6,406
31,5	53,9	6,333	6,277	6,614	6,404
32,0	47,6	6,331	6,276	6,611	6,403
32,5	42,2	6,329	6,275	6,603	6,399
33,0	36,1	6,326	6,272	6,596	6,395
33,5	29,6	6,324	6,270	6,591	6,392
34,0	24,1	6,319	6,268	6,586	6,388
34,5	18,2	6,317	6,263	6,579	6,383
35,0					
35,5					
36,0					
36,5					





DATA: 20/01/2012

SONDAGGIO: S2

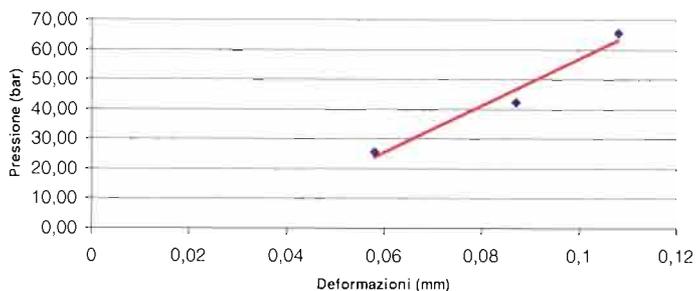
PROF. PROVA (m): 235,0

MODULI DI DEFORMAZIONE E MODULI ELASTICI CALCOLATI PER OGNI TRASDUTTORE E SULLA DEFORMAZIONE MEDIA

CICLO DI CARICO	MODULO DI PRIMO CARICO Ed (Mpa)								CICLO DI CARICO	MODULO DI DEFORMAZIONE Ed (Mpa)							
	TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA			TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA	
	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)
2°	24,0	42,1	24,0	42,1	24,0	42,1	24,0	42,1	1°	0,0	25,5	0,0	25,5	0,0	25,5	0,0	25,5
	13484	32746	20838	20838	14041	9498	2669	5568									
3°	42,1	65,4	42,1	65,4	42,1	65,4	42,1	65,4	2°	0,2	42,1	0,2	42,1	0,2	42,1	0,2	42,1
	18442	49179	24589	26825	10613	21225	9648	12340									
3°	0,1	65,4	0,1	65,4	0,1	65,4	0,1	65,4	3°	0,1	65,4	0,1	65,4	0,1	65,4	0,1	65,4
	15903	31806	14767	18795													

CICLO DI RICARICO	MODULO DI RICARICO Ed (Mpa)								CICLO DI SCARICO	MODULO ELASTICO Ee (Mpa)							
	TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA			TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA	
	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)
2°	0,2	24,0	0,2	24,0	0,2	24,0	0,2	24,0	1°	25,5	0,2	25,5	0,2	25,5	0,2	25,5	0,2
	9133	16745	6850	9419	32040	32040	16020	22886									
3°	0,1	42,1	0,1	42,1	0,1	42,1	0,1	42,1	2°	42,1	0,1	42,1	0,1	42,1	0,1	42,1	0,1
	14775	26595	12088	16118	26595	40915	13297	23126									
3°	65,4	0,0	65,4	0,0	65,4	0,0	65,4	0,0	3°	65,4	0,0	65,4	0,0	65,4	0,0	65,4	0,0
	39440	51764	16240	28560													

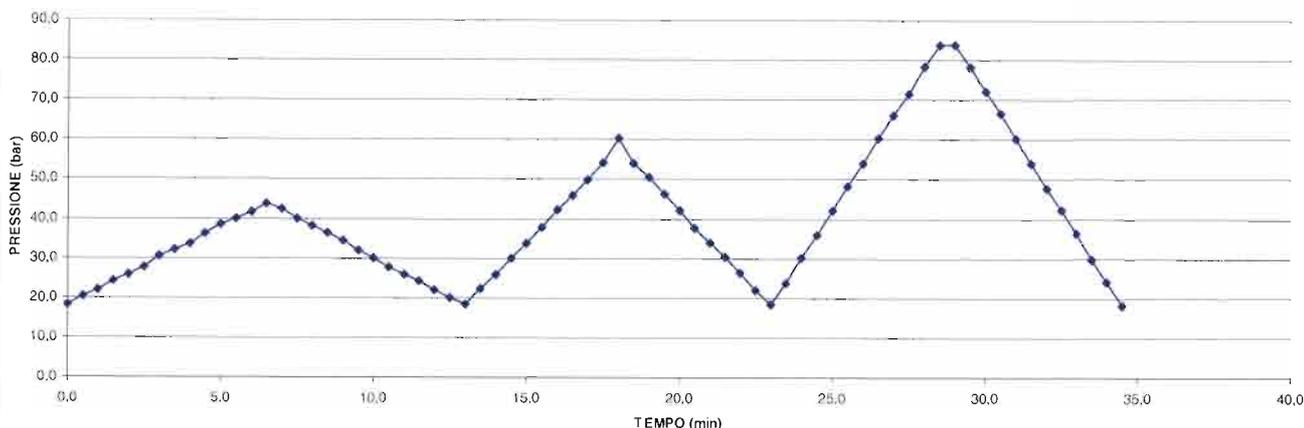
INTERPOLAZIONE PICCHI MASSIMI



MODULO RICAIVATO DALL'INTERPOLAZIONE DEI VALORI MASSIMI DI PRESSIONE RAGGIUNTI AD OGNI CICLO

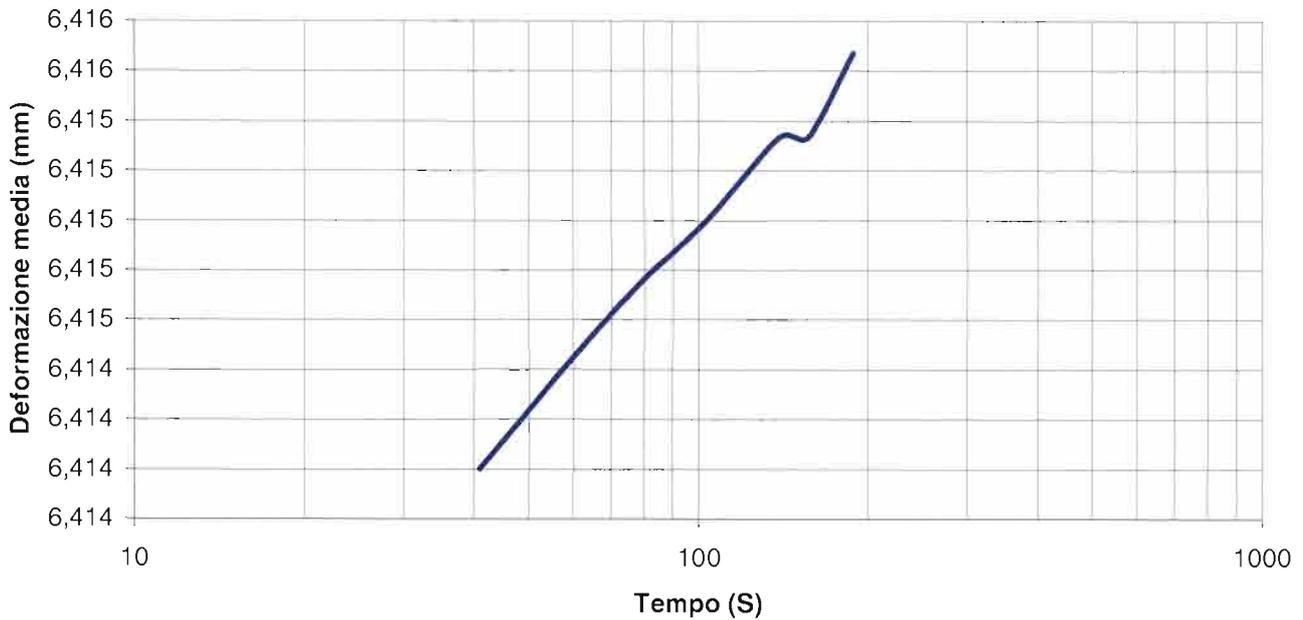
Ed= **9931** Mpa

DIAGRAMMA PRESSIONE - TEMPO

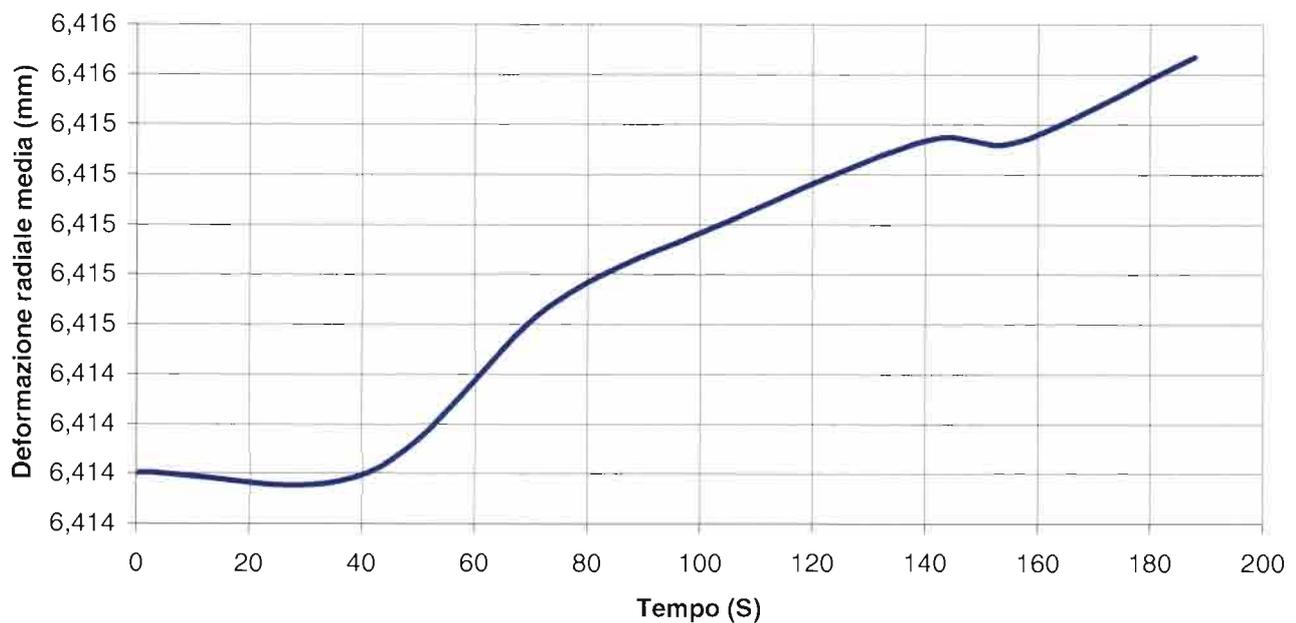


PROVA DI CREEP

DEFORMAZIONE RADIALE MEDIA - LOG TEMPO (s)

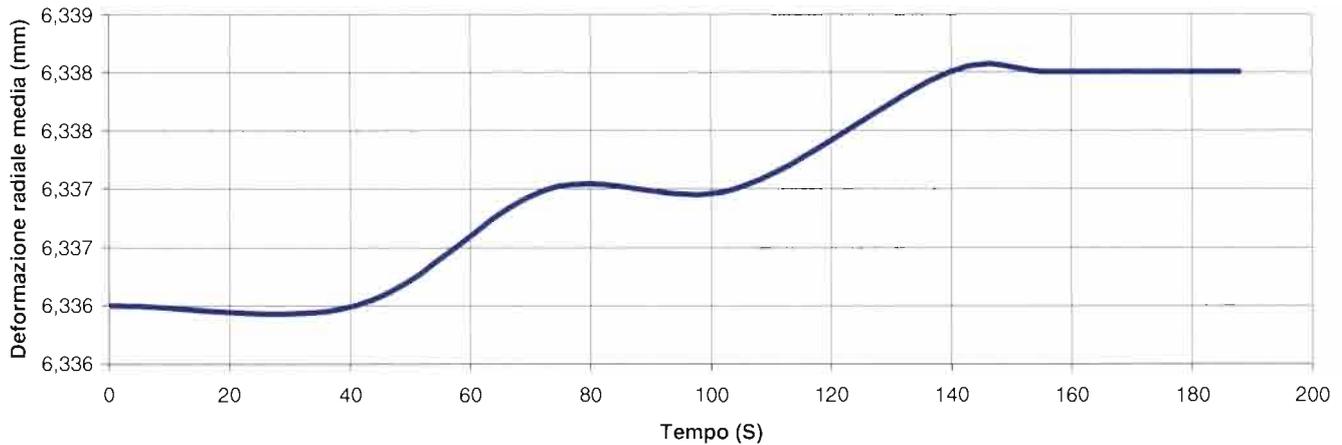


DEFORMAZIONE RADIALE MEDIA -TEMPO (s)

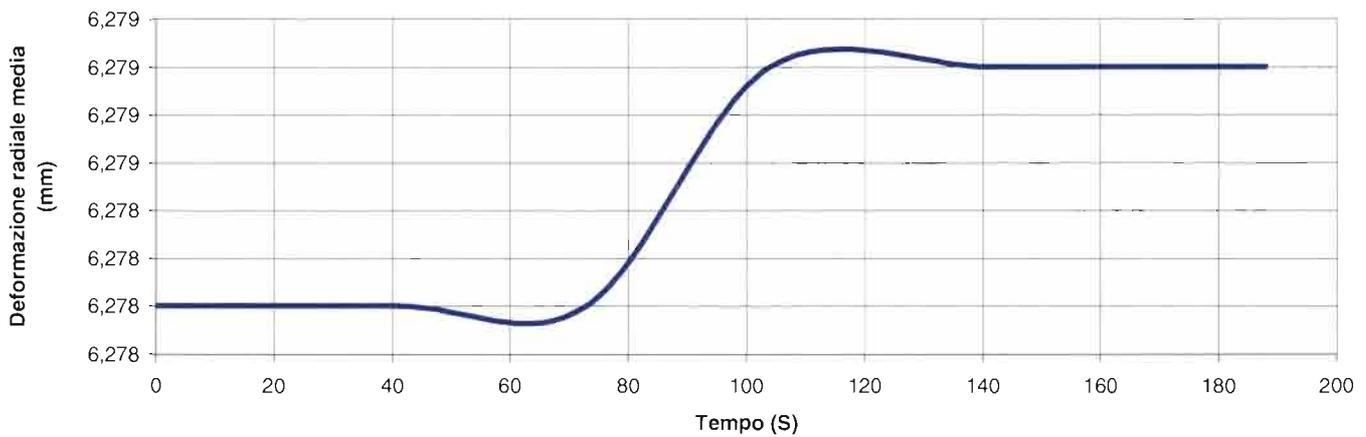


PROVA DI CREEP

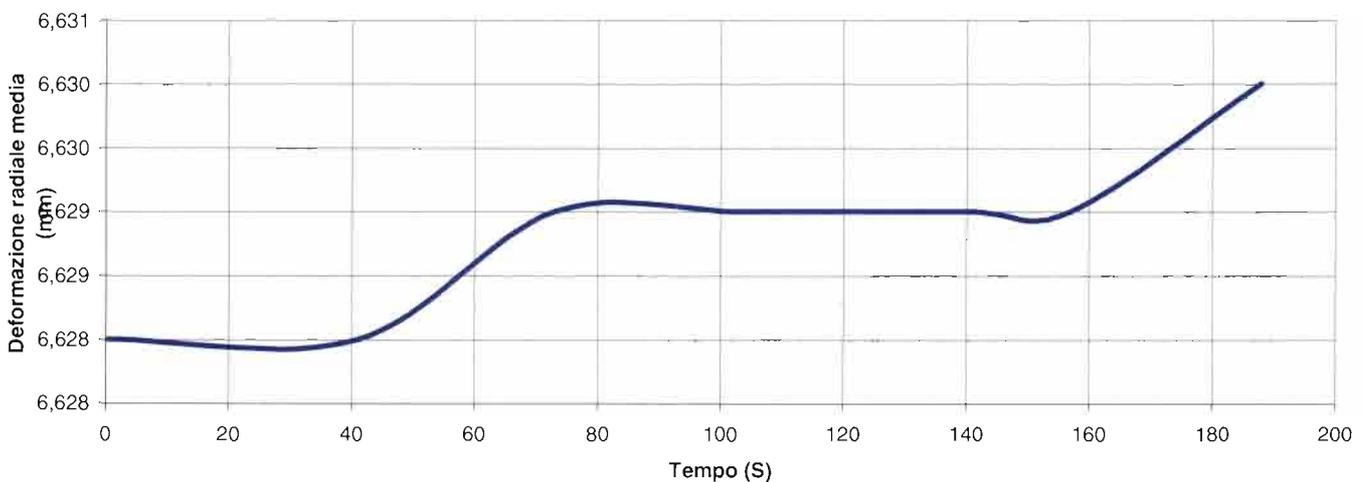
DEFORMAZIONE RADIALE TRASDUTTORE D1 (mm) -TEMPO (s)



DEFORMAZIONE RADIALE TRASDUTTORE D2 (mm) -TEMPO (s)



DEFORMAZIONE RADIALE TRASDUTTORE D3 (mm) -TEMPO (s)



DATI PROVA

COMMITTENTE: ITALFER S.P.A.

PROF. PROVA (m): 190,0

LOCALITA': FORTEZZA (BZ)

DIAMETRO SONDAGGIO (mm): 101,2

SONDAGGIO: S2

UTENSILE DI PERFORAZIONE: CAROTIERE DOPPIO

PROVA N.: D2

INCLINAZIONE (°): 90

DATA: 20/01/2012

ESECUZ. ED INTERPRETAZIONE: DOTT. COLOTTI

STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

TIPO STRUMENTO: DILATOMETRO FLESSIBILE DILAROC

CENTRAL.ACQUISIZIONE: LM 99/16 MOD. DMP 02/95

DIAMETRO GUAINA(mm): 95

SONDA: N° 14D01

TIPO GUAINA:

PRESSIONE MAX. (Mpa): 20

DATI LITOLGICI

LITOLOGIA: FILLADI

RQD (stimato): 90%

PROFONDITA' FALDA DA p.c.:

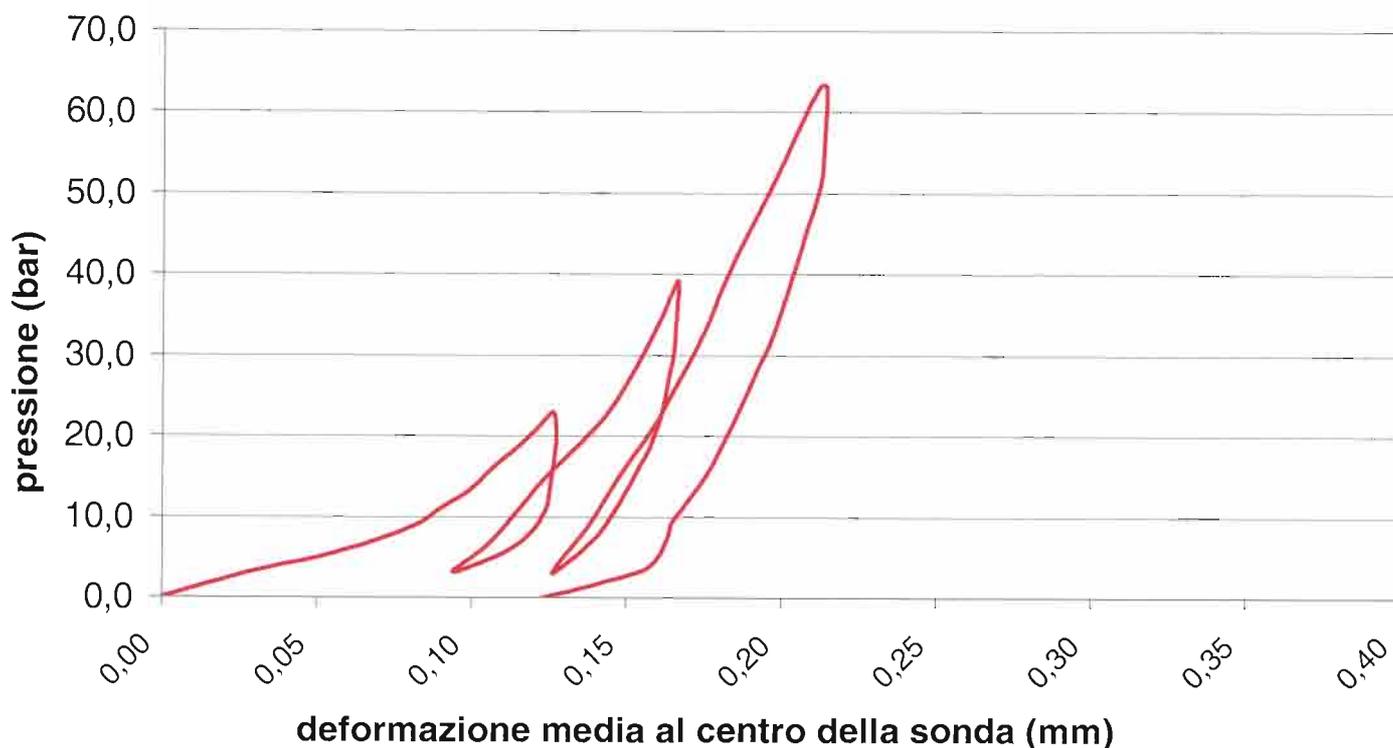
GRADO DI ALTERAZIONE:

MODULO DI DEFORMAZIONE: **Ed**
6237 Mpa
CALCOLATO SUL 2° CARICO

MODULO ELASTICO: **Ee**
11137 Mpa
CALCOLATO SUL 2° SCARICO

GRAFICO PRESSIONE - DEFORMAZIONE

(deformazione ricavata dalla media dei tre trasduttori)





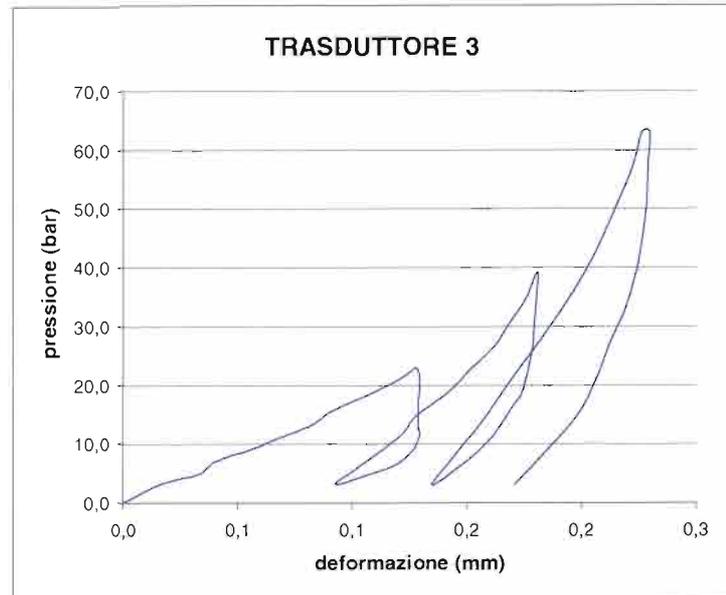
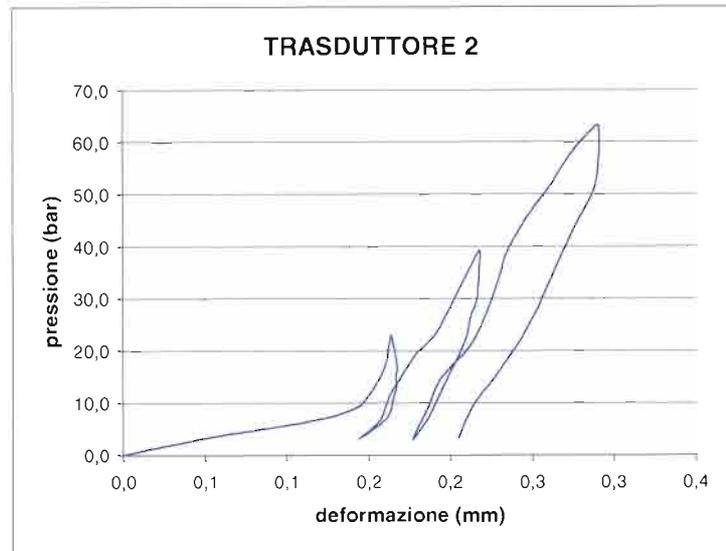
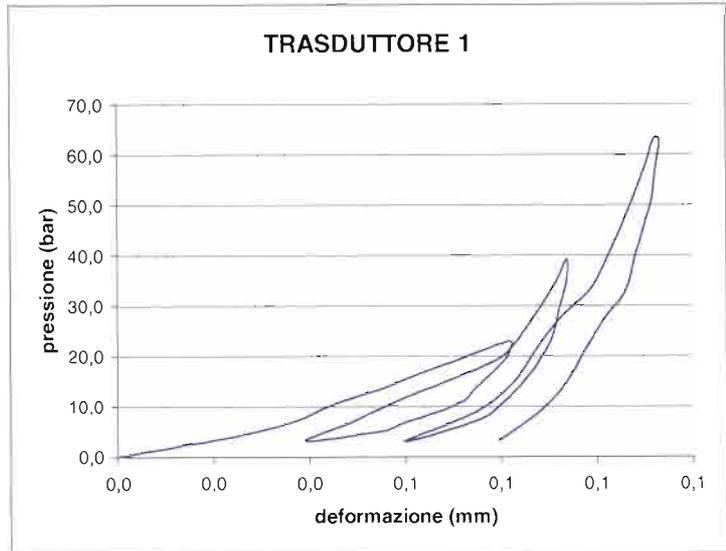
DATA: 20/01/2012

SONDAGGIO: S2

PROF. PROVA (m): 190,0

VALORI REGISTRATI DAI SINGOLI TRASDUTTORI (valori relativi)

Tempo (min)	Pressione (bar)	trasd. 1 (mm)	trasd. 2 (mm)	trasd. 3 (mm)	media (mm)
0,0	11,1	0,000	0,000	0,000	0,000
0,5	14,4	0,020	0,051	0,017	0,024
1,0	16,0	0,029	0,084	0,033	0,039
1,5	18,1	0,037	0,123	0,040	0,050
2,0	20,2	0,042	0,143	0,056	0,062
2,5	22,0	0,047	0,149	0,067	0,070
3,0	24,3	0,054	0,154	0,082	0,081
3,5	26,4	0,060	0,158	0,090	0,088
4,0	28,2	0,065	0,160	0,099	0,095
4,5	30,1	0,070	0,162	0,110	0,102
5,0	32,3	0,076	0,163	0,121	0,109
5,5	34,0	0,082	0,164	0,128	0,115
6,0	31,8	0,082	0,166	0,129	0,115
6,5	30,5	0,081	0,166	0,129	0,115
7,0	27,6	0,078	0,167	0,129	0,113
7,5	26,1	0,076	0,167	0,129	0,112
8,0	23,9	0,074	0,167	0,129	0,110
8,5	22,2	0,072	0,166	0,129	0,109
9,0	19,9	0,067	0,164	0,126	0,103
9,5	17,7	0,059	0,160	0,120	0,095
10,0	16,1	0,055	0,153	0,109	0,089
10,5	14,2	0,039	0,144	0,092	0,069
11,0	17,6	0,048	0,157	0,104	0,081
11,5	22,4	0,059	0,163	0,121	0,096
12,0	25,7	0,068	0,169	0,127	0,105
12,5	30,2	0,079	0,179	0,143	0,119
13,0	33,7	0,083	0,190	0,152	0,125
13,5	37,6	0,086	0,197	0,162	0,131
14,0	41,7	0,089	0,204	0,169	0,136
14,5	45,9	0,092	0,211	0,176	0,141
15,0	50,2	0,094	0,218	0,181	0,144
15,5	46,3	0,094	0,218	0,180	0,144
16,0	40,9	0,092	0,216	0,179	0,143
16,5	37,8	0,092	0,213	0,179	0,142
17,0	33,8	0,090	0,210	0,177	0,140
17,5	29,6	0,088	0,205	0,174	0,136
18,0	28,0	0,087	0,202	0,171	0,134
18,5	22,3	0,081	0,193	0,161	0,126
19,0	18,2	0,075	0,187	0,150	0,118
19,5	14,1	0,060	0,177	0,135	0,101
20,0	20,1	0,075	0,186	0,147	0,118
20,5	25,8	0,083	0,195	0,158	0,127
21,0	32,1	0,087	0,212	0,169	0,136
21,5	38,3	0,092	0,222	0,181	0,144
22,0	44,2	0,099	0,229	0,192	0,152
22,5	50,1	0,102	0,235	0,201	0,158
23,0	56,2	0,105	0,246	0,209	0,163
23,5	62,3	0,108	0,261	0,216	0,169
24,0	68,4	0,110	0,273	0,222	0,174
24,5	74,1	0,112	0,289	0,226	0,179
25,0	74,1	0,113	0,291	0,230	0,181
25,5	68,2	0,113	0,291	0,229	0,180
26,0	62,1	0,112	0,288	0,228	0,179
26,5	55,9	0,110	0,278	0,226	0,175
27,0	50,3	0,108	0,269	0,224	0,172
27,5	43,7	0,106	0,260	0,219	0,168
28,0	38,2	0,102	0,252	0,212	0,162
28,5	32,0	0,098	0,240	0,206	0,156
29,0	26,2	0,094	0,228	0,199	0,150
29,5	20,4	0,089	0,214	0,186	0,141
30,0	14,2	0,080	0,205	0,171	0,129
30,5					
31,0					
31,5					
32,0					
32,5					
33,0					
33,5					
34,0					
34,5					
35,0					
35,5					
36,0					
36,5					





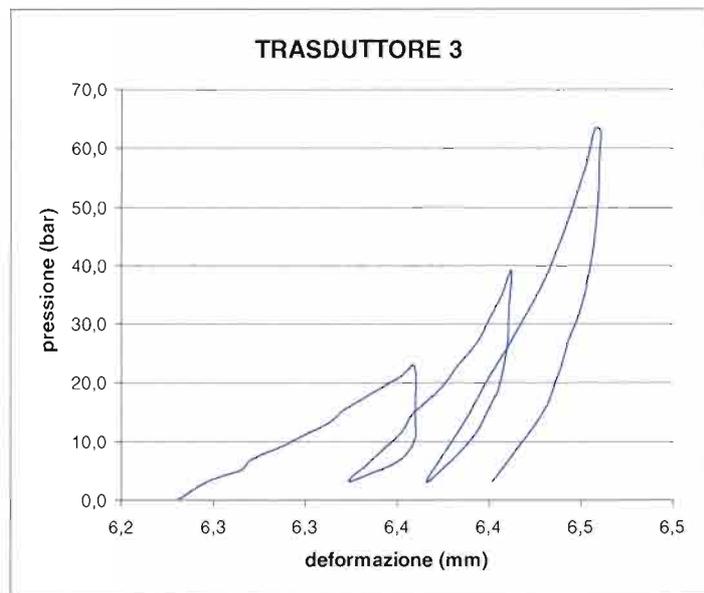
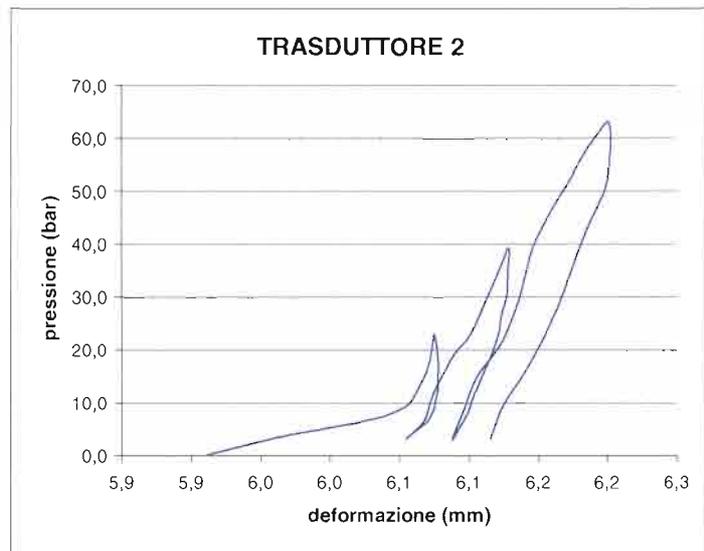
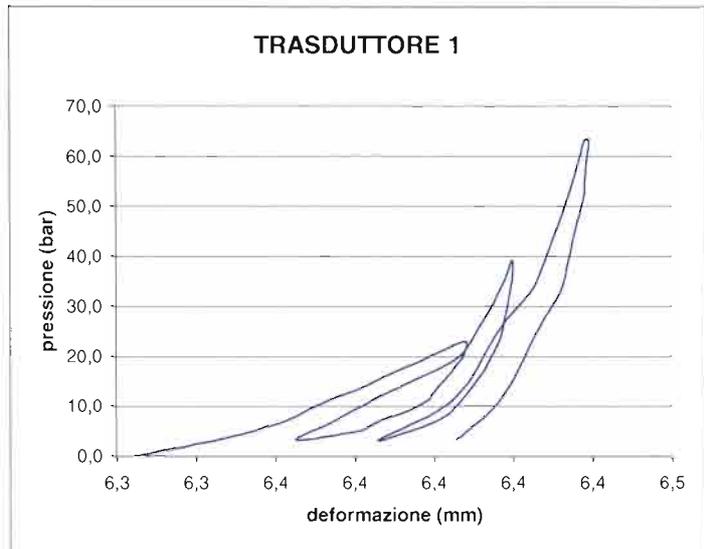
DATA: 20/01/2012

SONDAGGIO: S2

PROF. PROVA (m): 190,0

VALORI REGISTRATI DAI SINGOLI TRASDUTTORI
(valori assoluti)

Tempo (min)	Pressione (bar)	trasd. 1 (mm)	trasd. 2 (mm)	trasd. 3 (mm)	media (mm)
0,0	11,1	6,326	5,911	6,231	6,151
0,5	14,4	6,346	5,962	6,249	6,181
1,0	16,0	6,355	5,995	6,264	6,201
1,5	18,1	6,363	6,034	6,272	6,220
2,0	20,2	6,368	6,054	6,288	6,234
2,5	22,0	6,373	6,060	6,299	6,241
3,0	24,3	6,381	6,065	6,314	6,250
3,5	26,4	6,386	6,069	6,321	6,256
4,0	28,2	6,391	6,071	6,331	6,261
4,5	30,1	6,397	6,073	6,342	6,267
5,0	32,3	6,402	6,074	6,353	6,273
5,5	34,0	6,408	6,075	6,359	6,277
6,0	31,8	6,408	6,077	6,361	6,278
6,5	30,5	6,407	6,078	6,361	6,278
7,0	27,6	6,404	6,078	6,360	6,277
7,5	26,1	6,402	6,078	6,360	6,277
8,0	23,9	6,400	6,078	6,360	6,276
8,5	22,2	6,398	6,077	6,361	6,275
9,0	19,9	6,393	6,075	6,358	6,272
9,5	17,7	6,385	6,071	6,351	6,266
10,0	16,1	6,381	6,064	6,340	6,259
10,5	14,2	6,365	6,055	6,324	6,245
11,0	17,6	6,374	6,068	6,336	6,256
11,5	22,4	6,385	6,074	6,352	6,267
12,0	25,7	6,394	6,080	6,359	6,274
12,5	30,2	6,405	6,090	6,374	6,286
13,0	33,7	6,409	6,101	6,383	6,294
13,5	37,6	6,412	6,108	6,393	6,301
14,0	41,7	6,415	6,115	6,400	6,307
14,5	45,9	6,418	6,122	6,407	6,312
15,0	50,2	6,420	6,129	6,412	6,317
15,5	46,3	6,420	6,129	6,412	6,317
16,0	40,9	6,418	6,127	6,411	6,316
16,5	37,8	6,418	6,124	6,410	6,314
17,0	33,8	6,416	6,121	6,408	6,312
17,5	29,6	6,414	6,116	6,405	6,308
18,0	28,0	6,413	6,113	6,402	6,306
18,5	22,3	6,407	6,104	6,393	6,298
19,0	18,2	6,401	6,098	6,381	6,290
19,5	14,1	6,386	6,088	6,366	6,277
20,0	20,1	6,401	6,097	6,378	6,289
20,5	25,8	6,409	6,106	6,390	6,298
21,0	32,1	6,413	6,124	6,401	6,310
21,5	38,3	6,418	6,133	6,413	6,318
22,0	44,2	6,425	6,140	6,423	6,326
22,5	50,1	6,428	6,146	6,433	6,333
23,0	56,2	6,431	6,157	6,441	6,340
23,5	62,3	6,434	6,172	6,447	6,348
24,0	68,4	6,436	6,184	6,454	6,356
24,5	74,1	6,438	6,200	6,458	6,363
25,0	74,1	6,439	6,202	6,461	6,365
25,5	68,2	6,439	6,202	6,460	6,365
26,0	62,1	6,438	6,199	6,460	6,363
26,5	55,9	6,436	6,189	6,458	6,358
27,0	50,3	6,434	6,180	6,455	6,354
27,5	43,7	6,432	6,171	6,450	6,348
28,0	38,2	6,428	6,163	6,444	6,342
28,5	32,0	6,424	6,151	6,438	6,335
29,0	26,2	6,420	6,139	6,430	6,327
29,5	20,4	6,415	6,125	6,417	6,316
30,0	14,2	6,406	6,116	6,402	6,305
30,5					
31,0					
31,5					
32,0					
32,5					
33,0					
33,5					
34,0					
34,5					
35,0					
35,5					
36,0					
36,5					





DATA: 20/01/2012

SONDAGGIO: S2

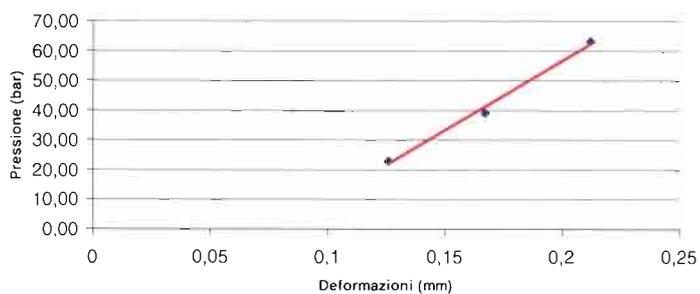
PROF. PROVA (m): 190,0

MODULI DI DEFORMAZIONE E MODULI ELASTICI CALCOLATI PER OGNI TRASDUTTORE E SULLA DEFORMAZIONE MEDIA

CICLO DI CARICO	MODULO DI PRIMO CARICO E_d (Mpa)								CICLO DI CARICO	MODULO DI DEFORMAZIONE E_d (Mpa)							
	TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA			TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA	
	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)
2°	22,6	39,1	22,6	39,1	22,6	39,1	22,6	39,1	1°	0,0	22,9	0,0	22,9	0,0	22,9	0,0	22,9
	18972		7453		7196		9074			3532		1766		2263		2299	
3°	39,0	63,0	39,0	63,0	39,0	63,0	39,0	63,0	2°	3,1	39,1	3,1	39,1	3,1	39,1	3,1	39,1
	30356		5621		12142		10119			8279		6153		5116		6237	
3°	3,0	63,0	3,0	63,0	3,0	63,0	3,0	63,0	3°	3,0	63,0	3,0	63,0	3,0	63,0	3,0	63,0
	14594		6776		8339		8824			14594		6776		8339		8824	

CICLO DI RICARICO	MODULO DI RICARICO E_d (Mpa)								CICLO DI SCARICO	MODULO ELASTICO E_e (Mpa)							
	TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA			TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA	
	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)
2°	3,1	22,6	3,1	22,6	3,1	22,6	3,1	22,6	1°	22,9	3,1	22,9	3,1	22,9	3,1	22,9	3,1
	5605		5362		4111		4933			5824		12522		6957		7826	
3°	3,0	39,0	3,0	39,0	3,0	39,0	3,0	39,0	2°	39,1	3,0	39,1	3,0	39,1	3,0	39,1	3,0
	10841		7851		6899		8131			13429		11137		9926		11137	
3°	63,0	3,1	63,0	3,1	63,0	3,1	63,0	3,1	3°	63,0	3,1	63,0	3,1	63,0	3,1	63,0	3,1
	22958		8810		12841		12627			22958		8810		12841		12627	

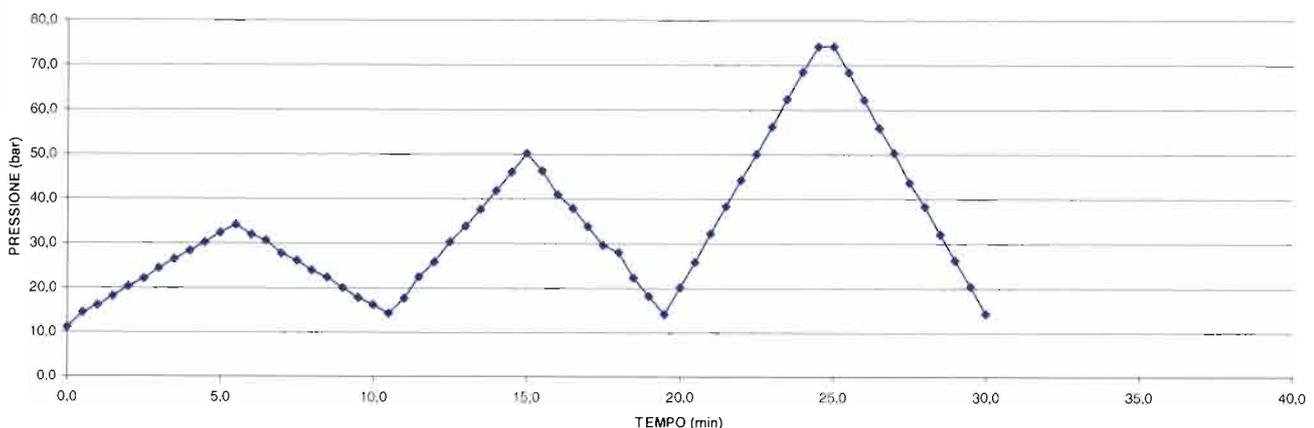
INTERPOLAZIONE PICCHI MASSIMI



MODULO RICAIVATO DALL'INTERPOLAZIONE DEI VALORI MASSIMI DI PRESSIONE RAGGIUNTI AD OGNI CICLO

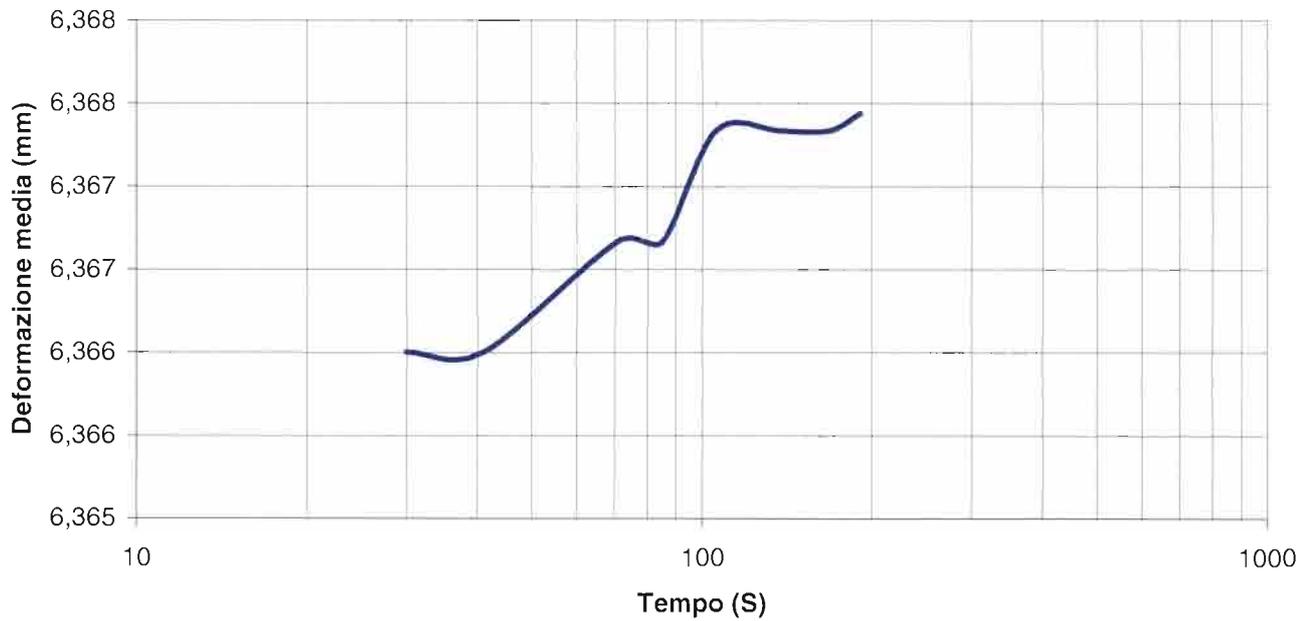
$E_d =$ **5911** Mpa

DIAGRAMMA PRESSIONE - TEMPO

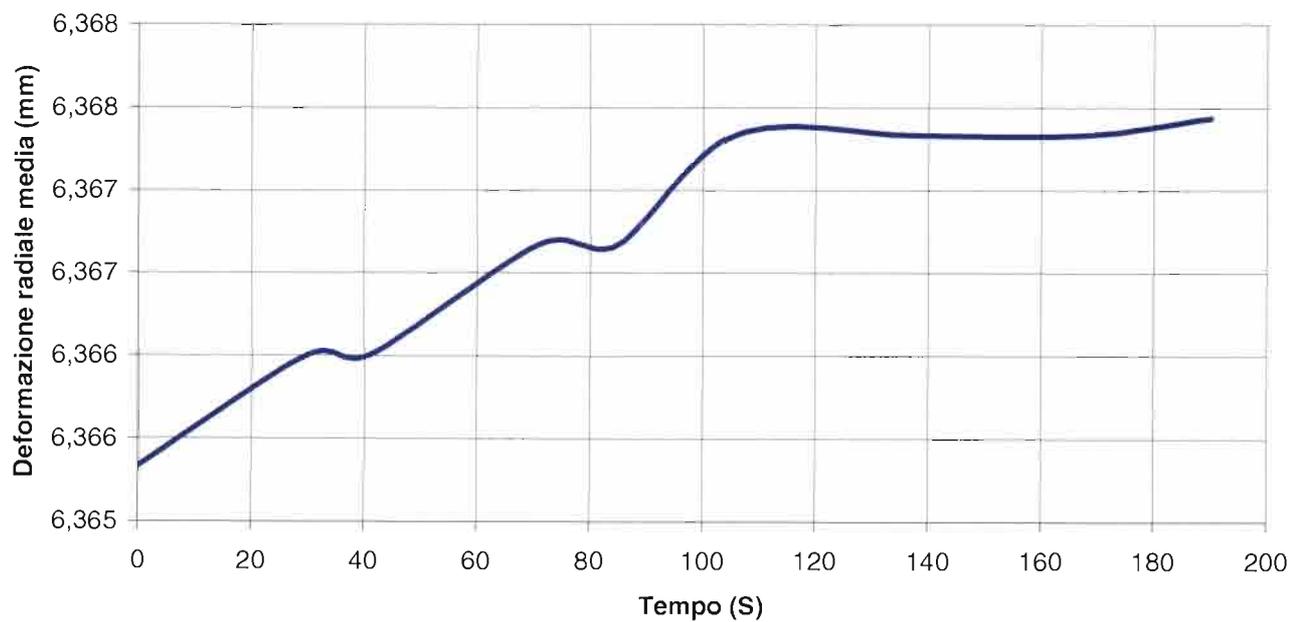


PROVA DI CREEP

DEFORMAZIONE RADIALE MEDIA - LOG TEMPO (s)

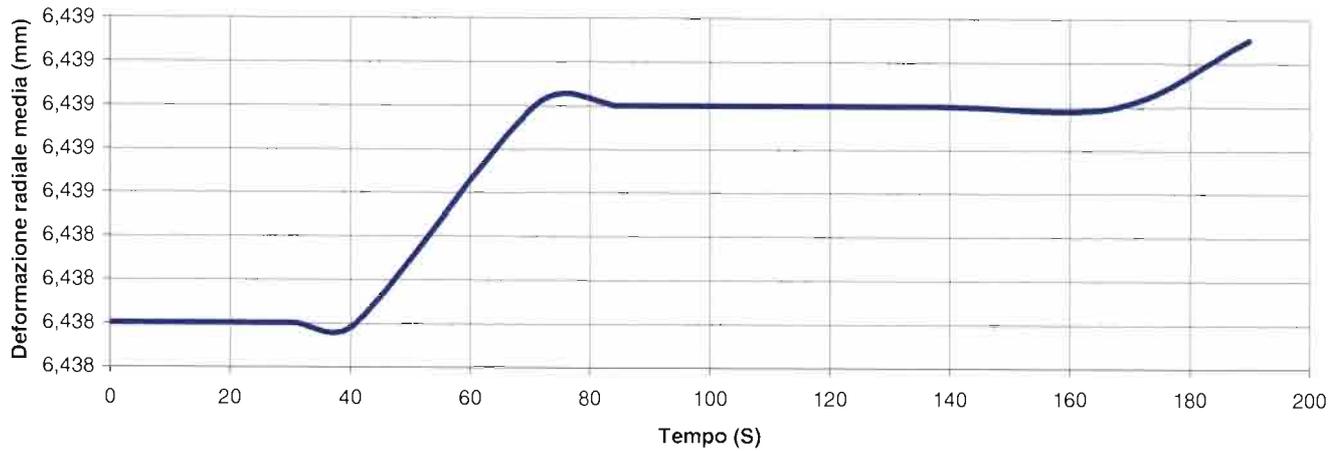


DEFORMAZIONE RADIALE MEDIA -TEMPO (s)

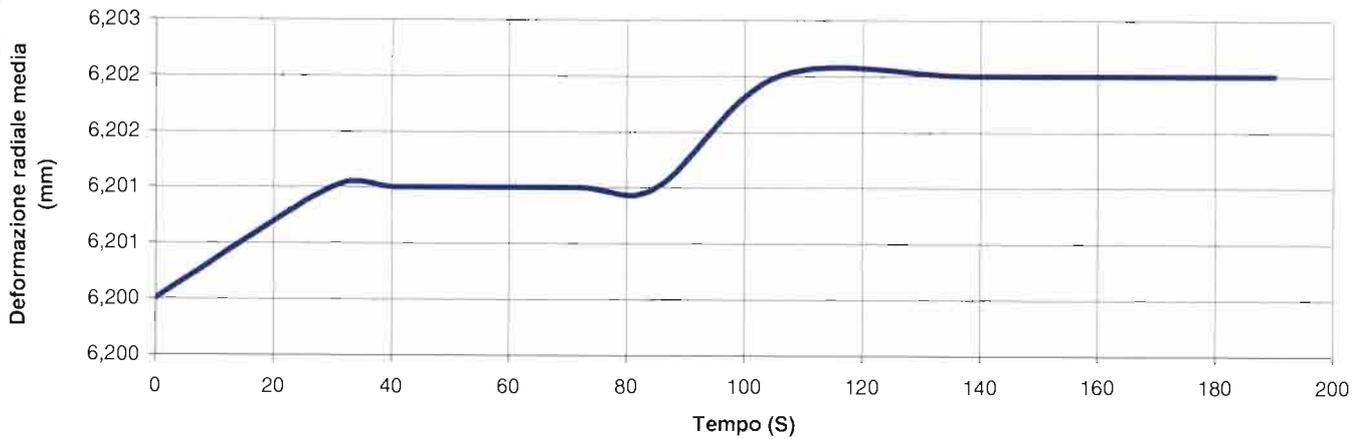


PROVA DI CREEP

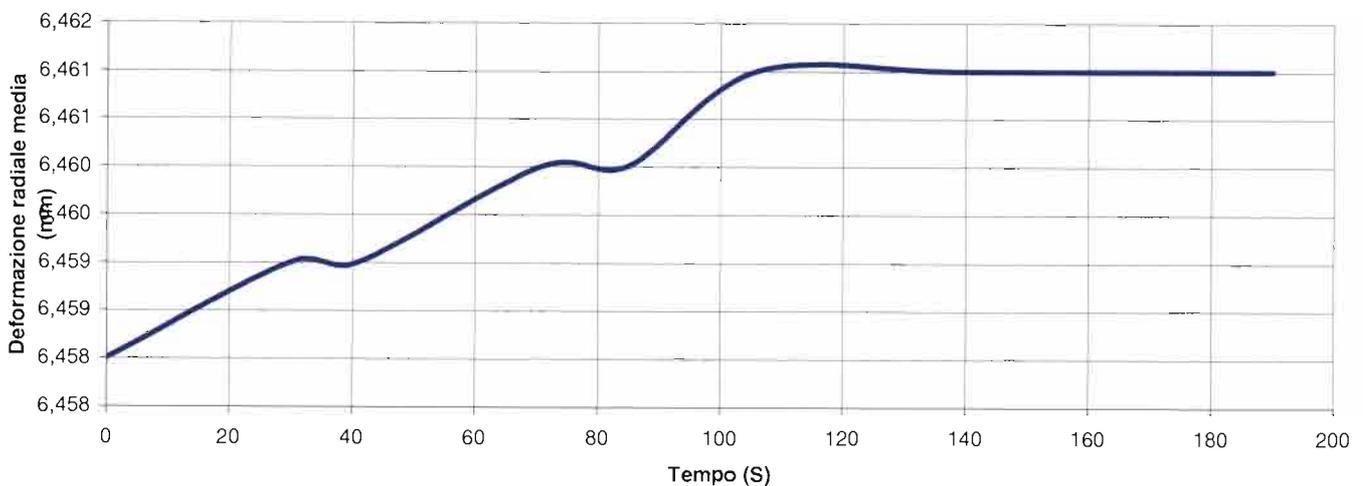
DEFORMAZIONE RADIALE TRASDUTTORE D1 (mm) -TEMPO (s)



DEFORMAZIONE RADIALE TRASDUTTORE D2 (mm) -TEMPO (s)



DEFORMAZIONE RADIALE TRASDUTTORE D3 (mm) -TEMPO (s)



Allegato E

HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

HF IN SITU STRESS DETERMINATION REPORT: DATA ANALYSIS (DA) AND STRESS FIELD CALCULATION (SFC)



JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012
NUMBER OF TESTS: 3

#	TEST	BOREHOLE	zh [m]	z [m]	LITHOLOGY
1	HF1	S2	238.5	238.5	GRANITO
2	HF2	S2	219	219	GRANITO
3	HF3	S2	192	192	GRANITO

zh: test position - distance from the borehole collar z: test overburden
HF2: DOUBLE IMPRESSION TEST DELTAz = -0.2 m

HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

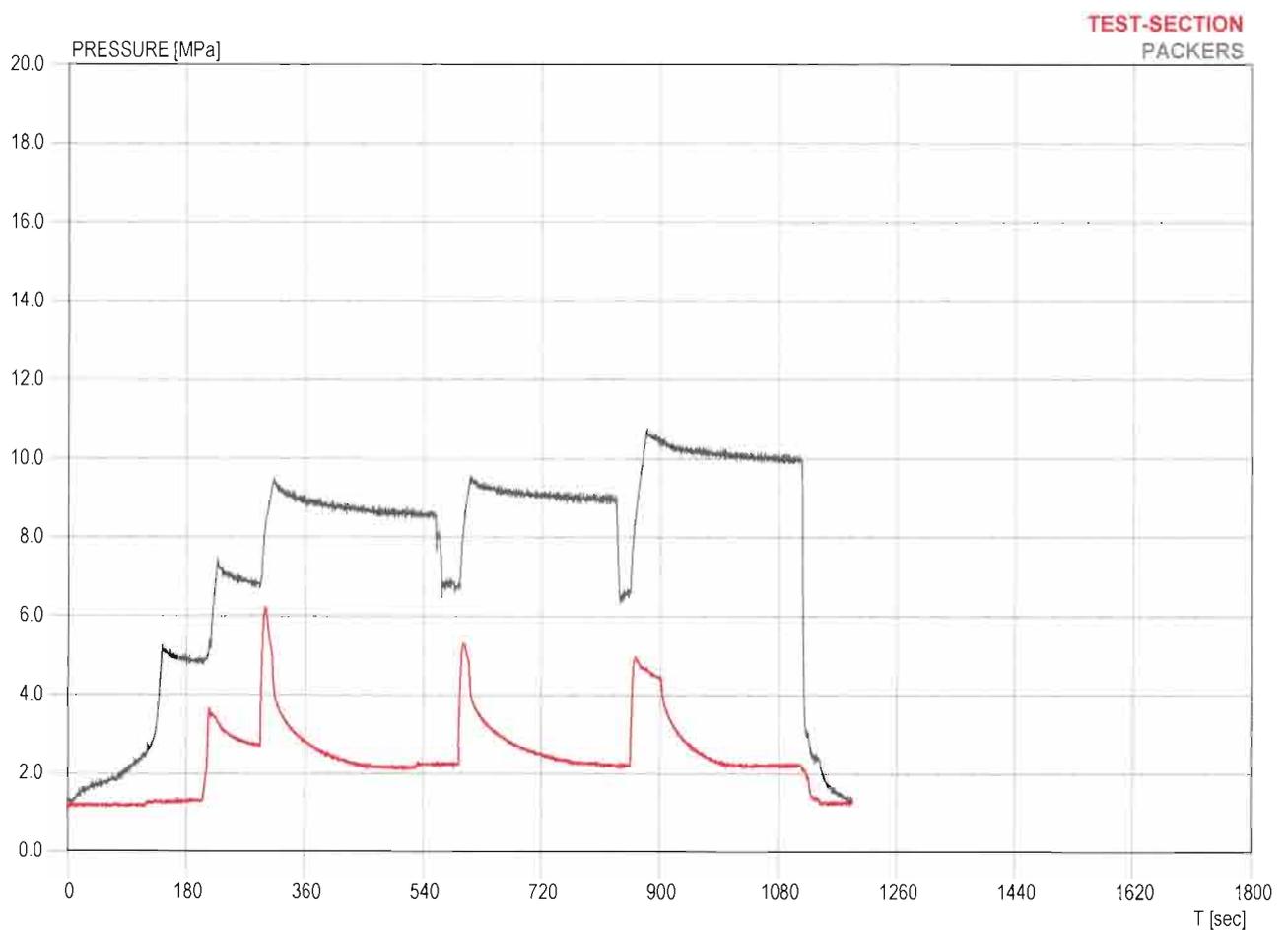
JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF1

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 238.5

PRESSURE-TIME PLOT



HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

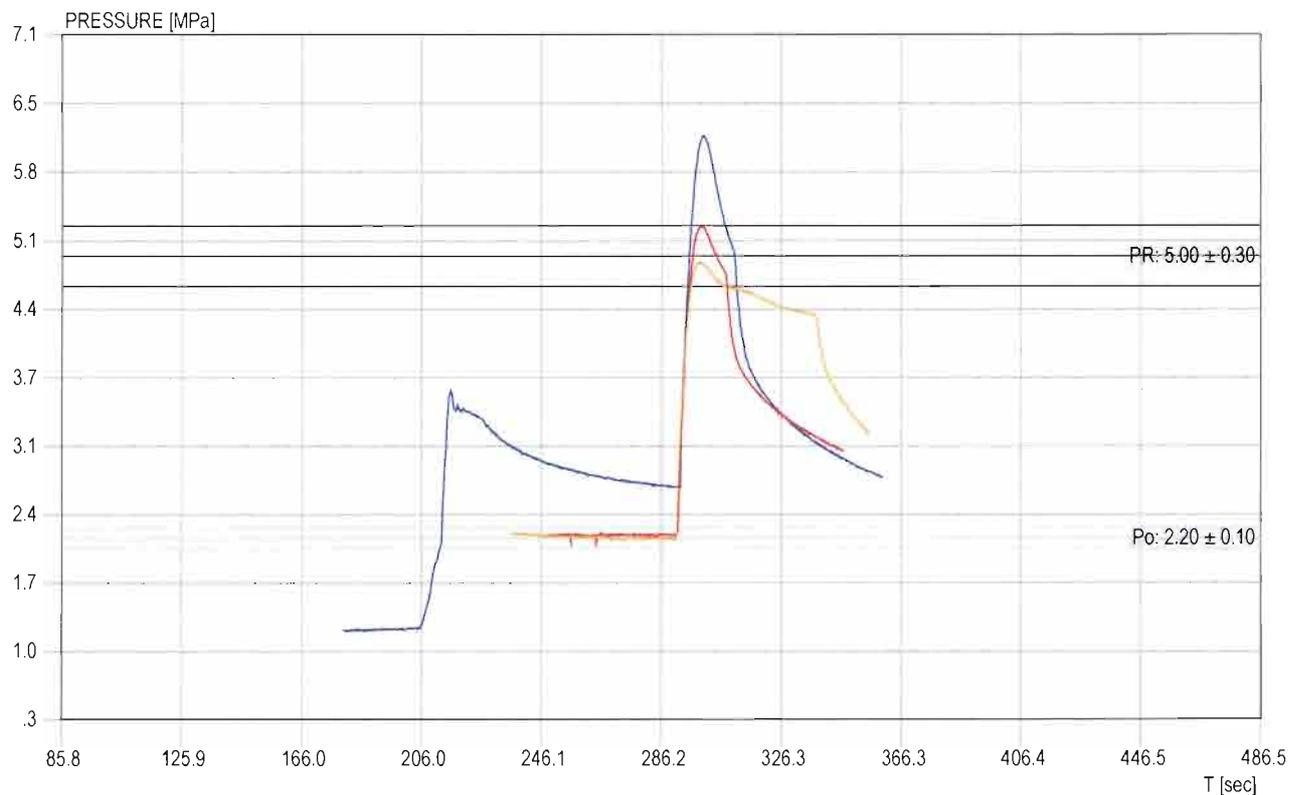
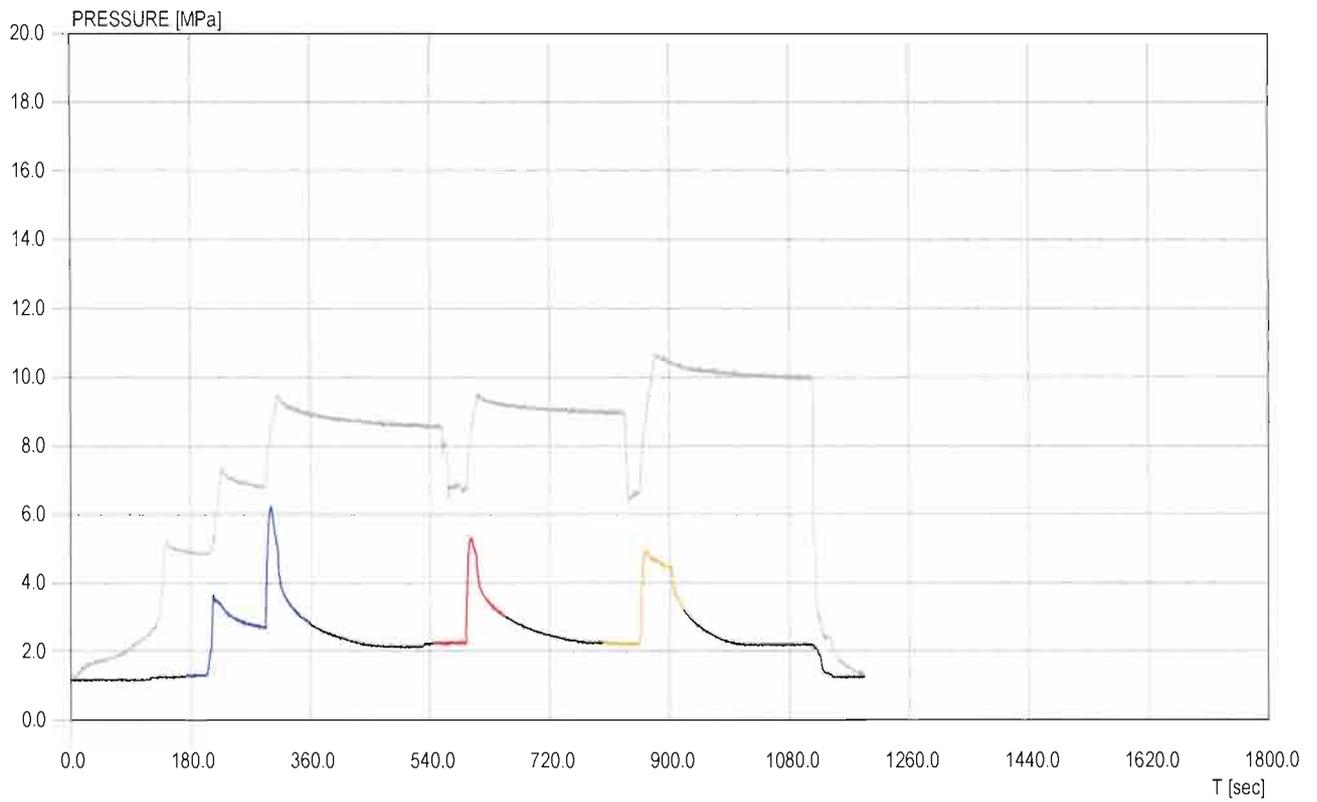
JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF1

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 238.5

Pr/Po ANALYSIS



HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF1

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 238.5

Ps ANALYSIS

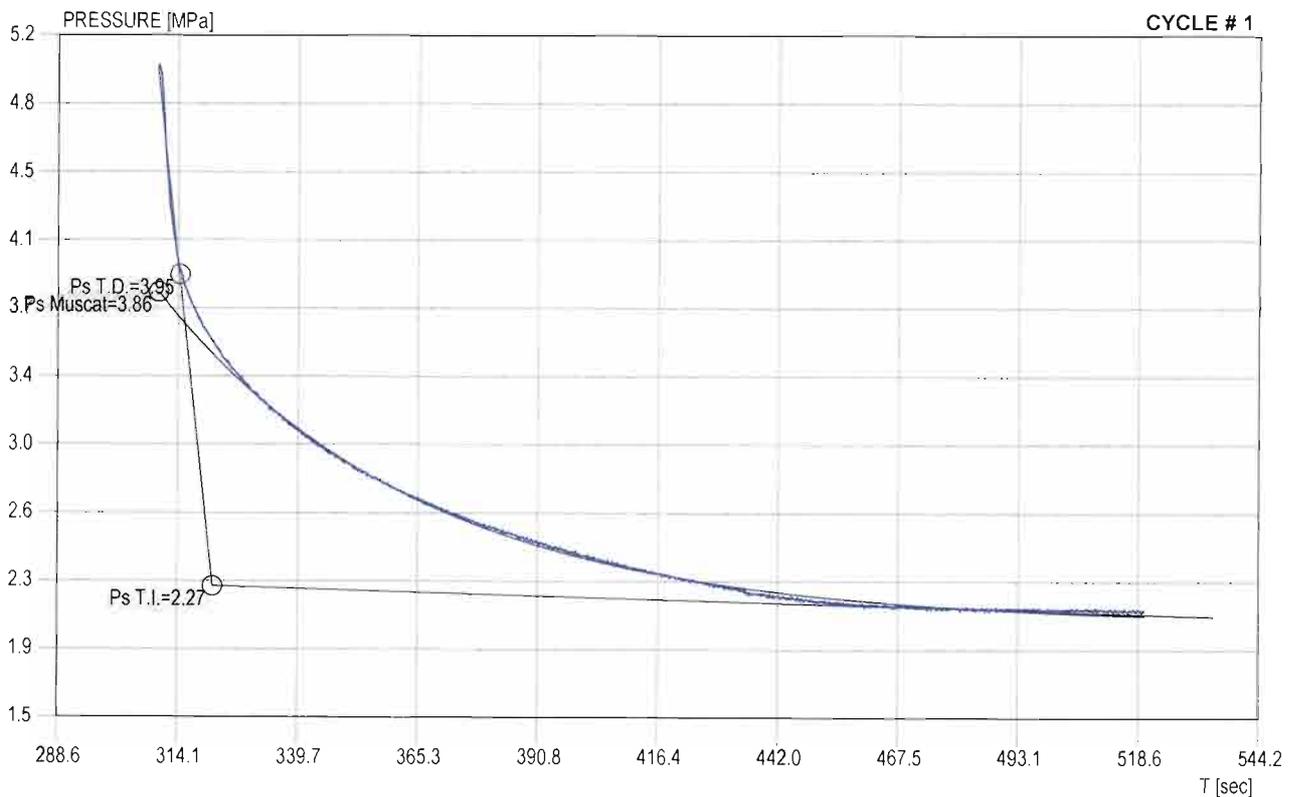
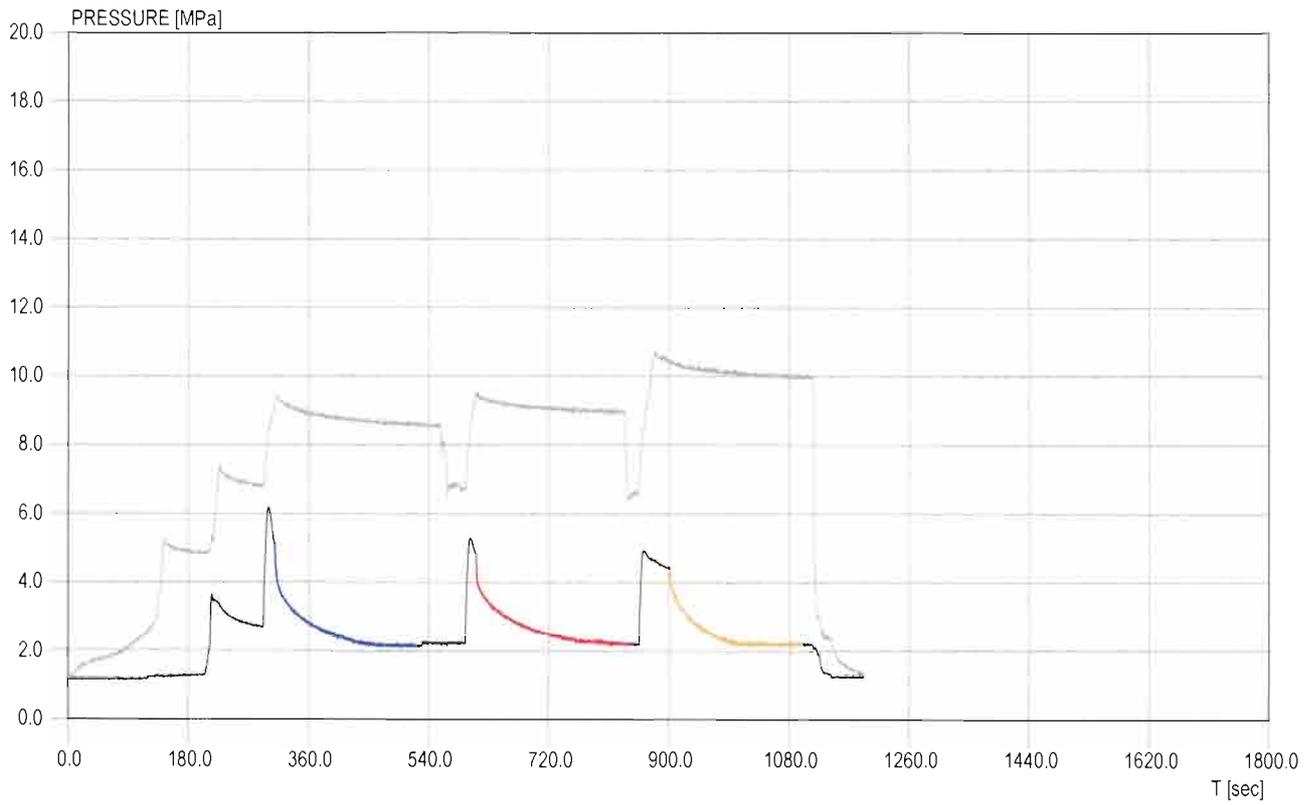


Figure 4 / 24

HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

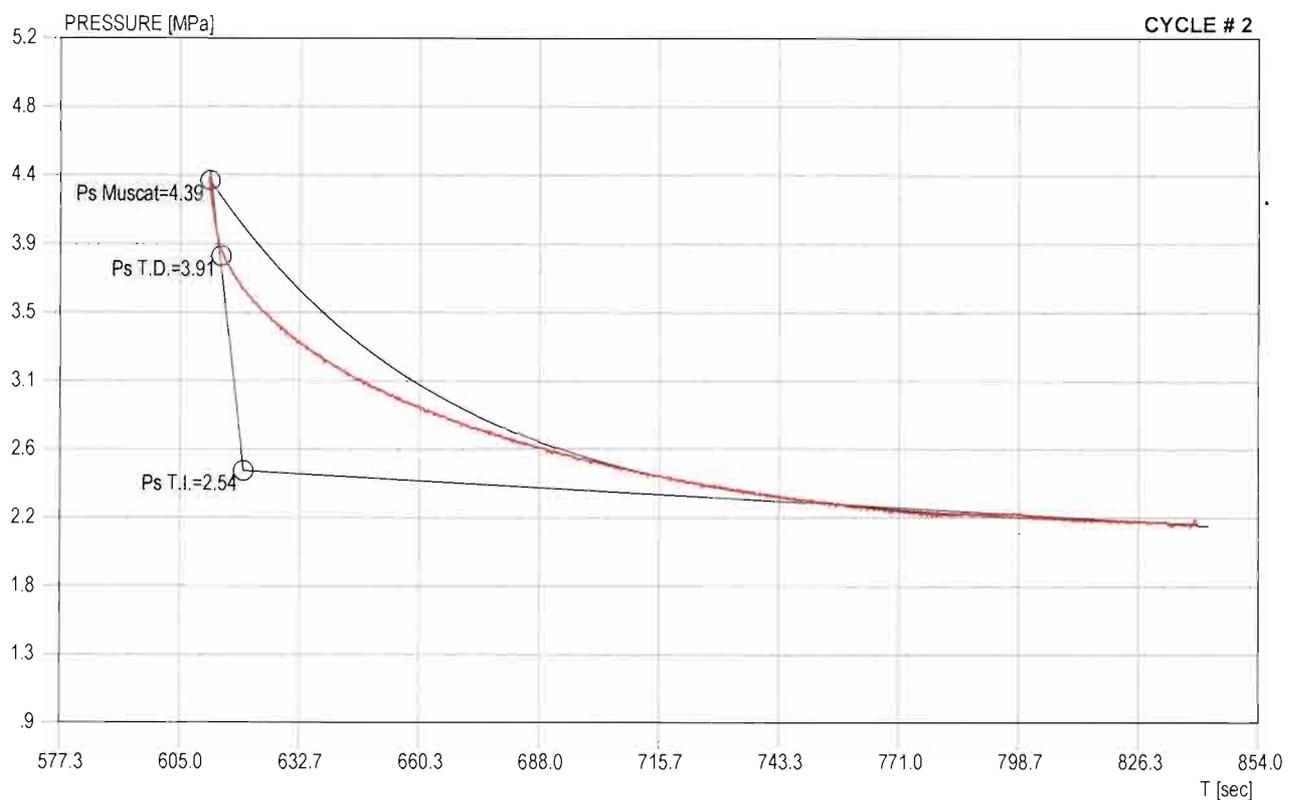
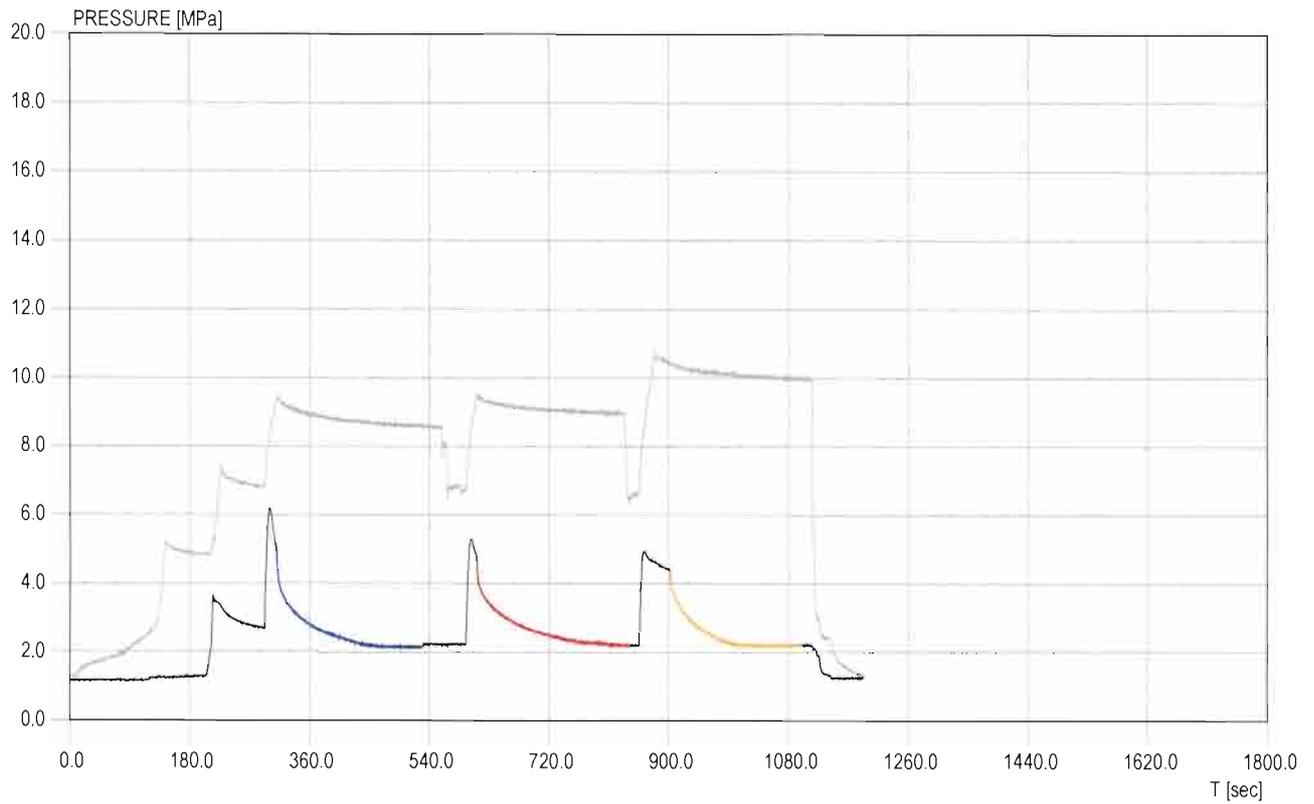
JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF1

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 238.5

Ps ANALYSIS



HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF1

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 238.5

Ps ANALYSIS

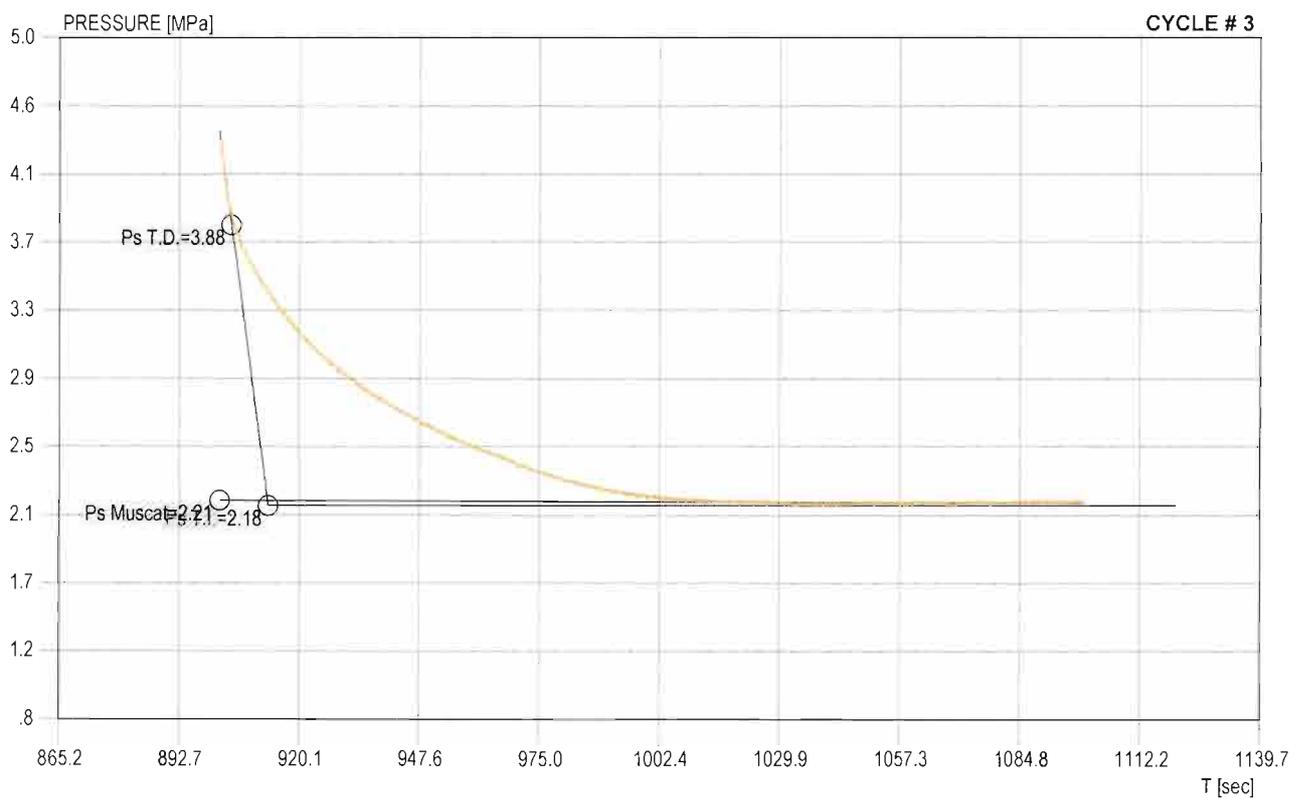
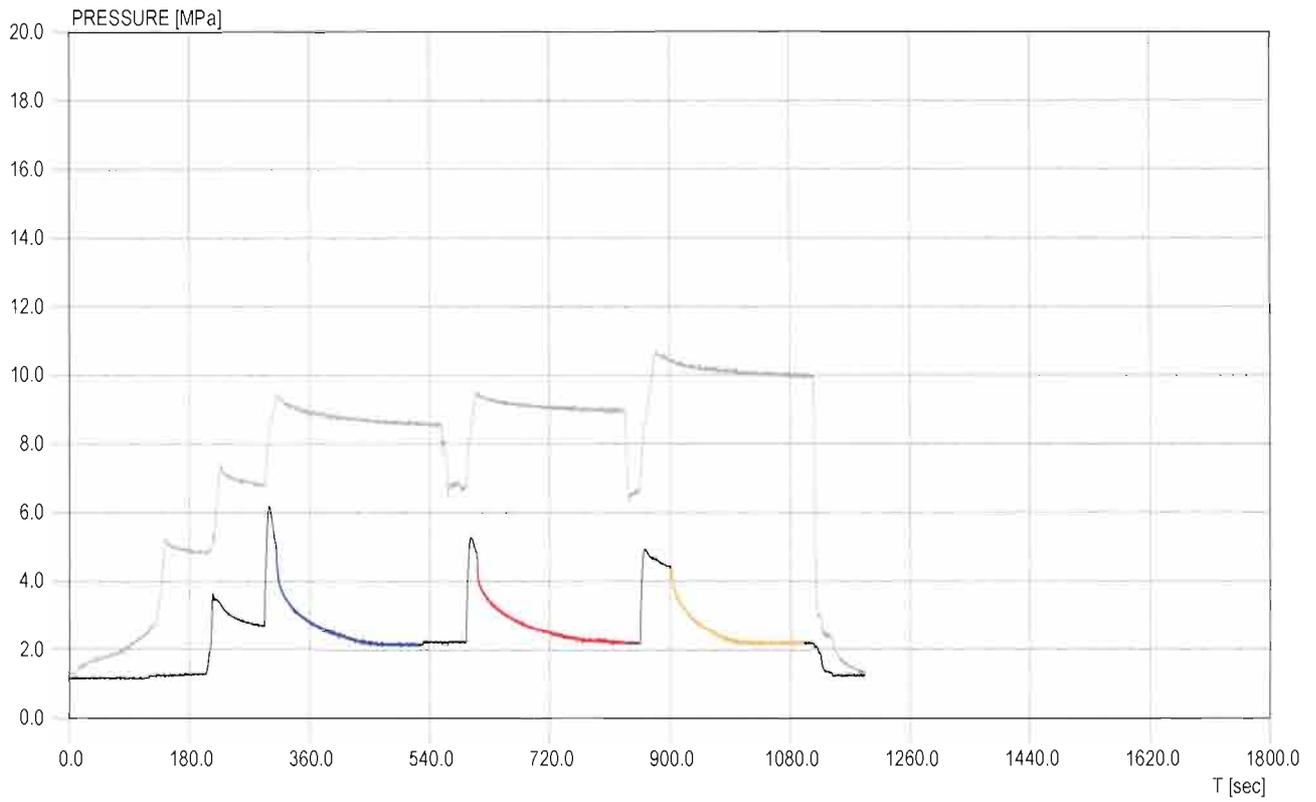


Figure 6 / 24

HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF1

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 238.5

LOCAL ORIENTATION OF THE BOREHOLE S2

trend [°]: 0 ± 1
 plunge [°]: 90 ± 1

IMPRESSION PACKER ROTATION IN THE BOREHOLE REFERENCE SYSTEM

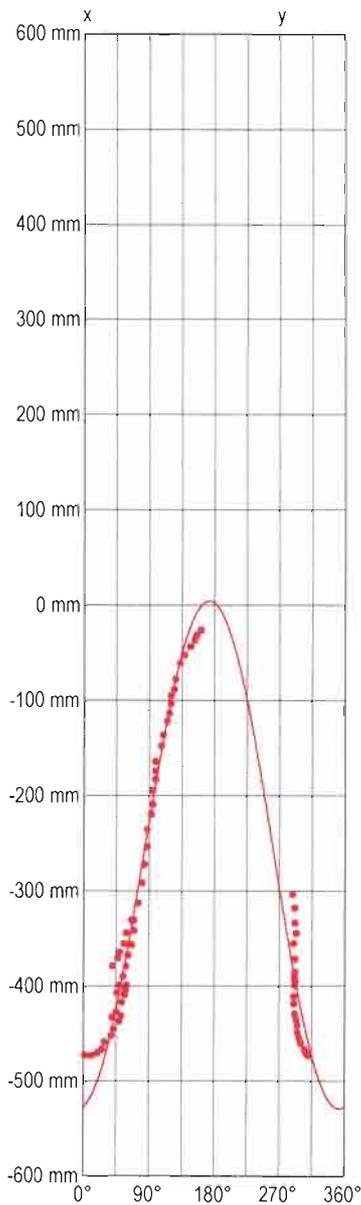
alpha [°]: 195.5 ± 1

IMPRESSION PACKER DEFORMATION

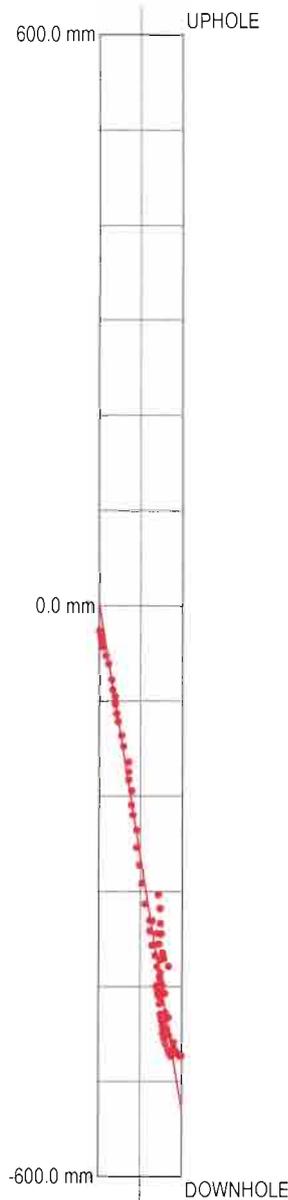
borehole Diam. [mm]: 101
 deflated packer Diam. [mm]: 87.85
 deflated packer Length [mm]: 1200
 packer longitudinal contraction [%]: 2.50

IMPRESSION PACKER ANALYSIS

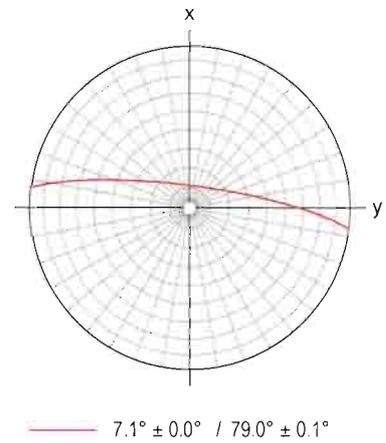
PACKER SURFACE PLANE DEVELOP



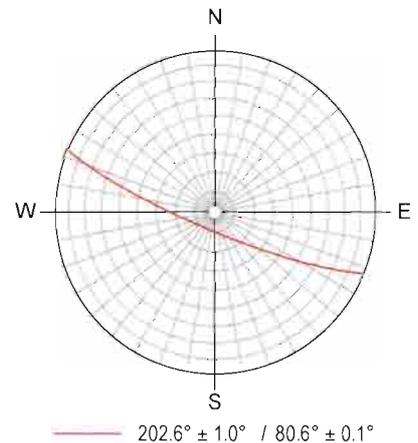
PACKER LATERAL VIEW



FRAC. ORIENTATION IN THE PACKER SYSTEM
 Schmidt Lower Emisphere



FRAC. ORIENTATION IN THE GLOBAL SYSTEM
 Schmidt Lower Emisphere



HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

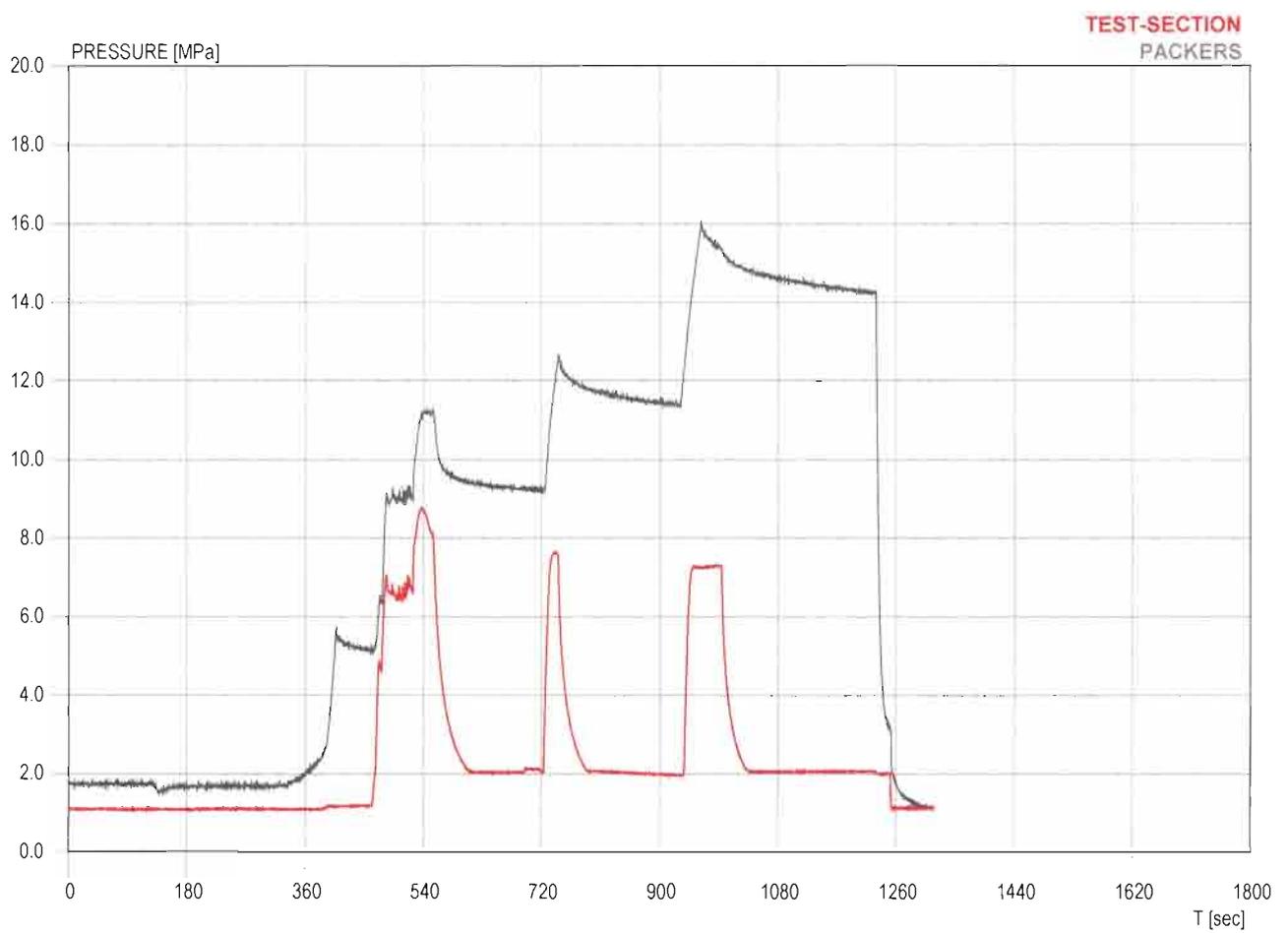
JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF2

BOREHOLE: S2

POSITION (m): 219

PRESSURE-TIME PLOT



HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF2

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 219

Pr/Po ANALYSIS

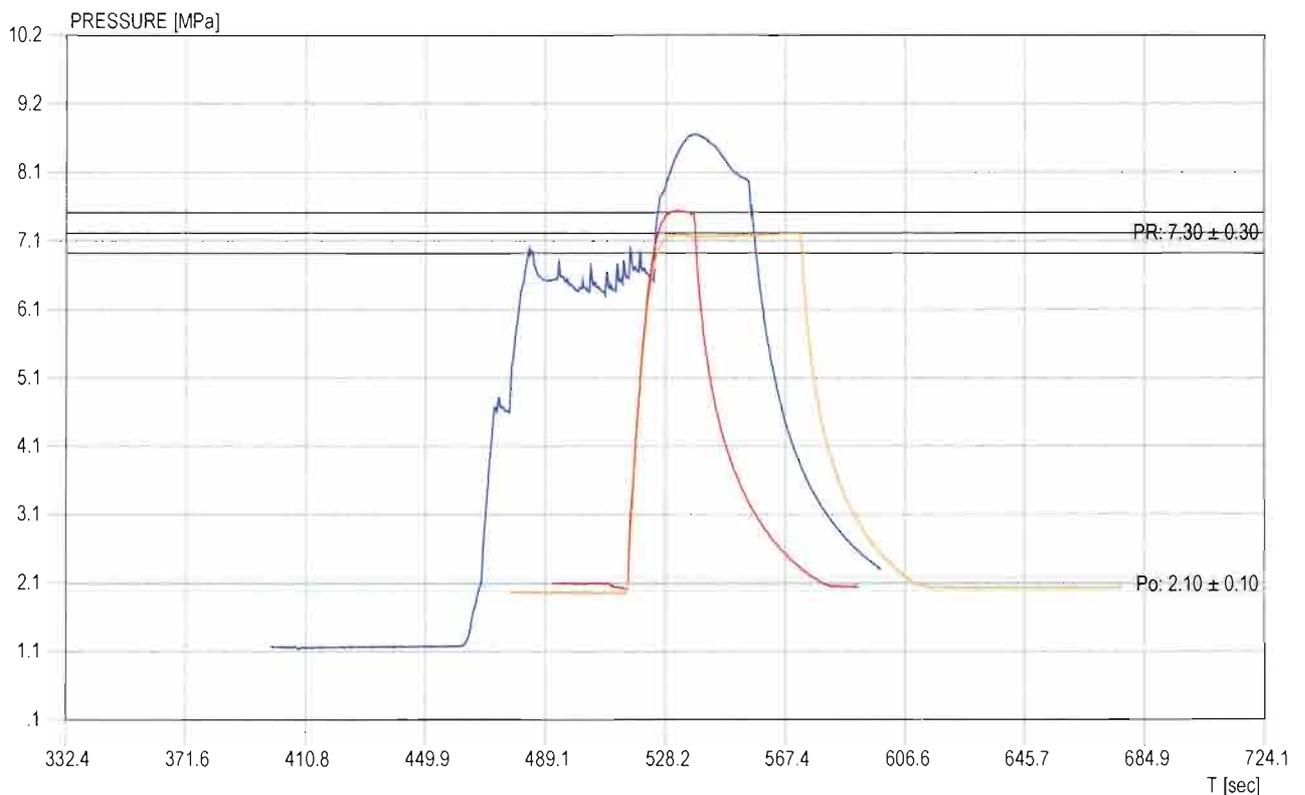
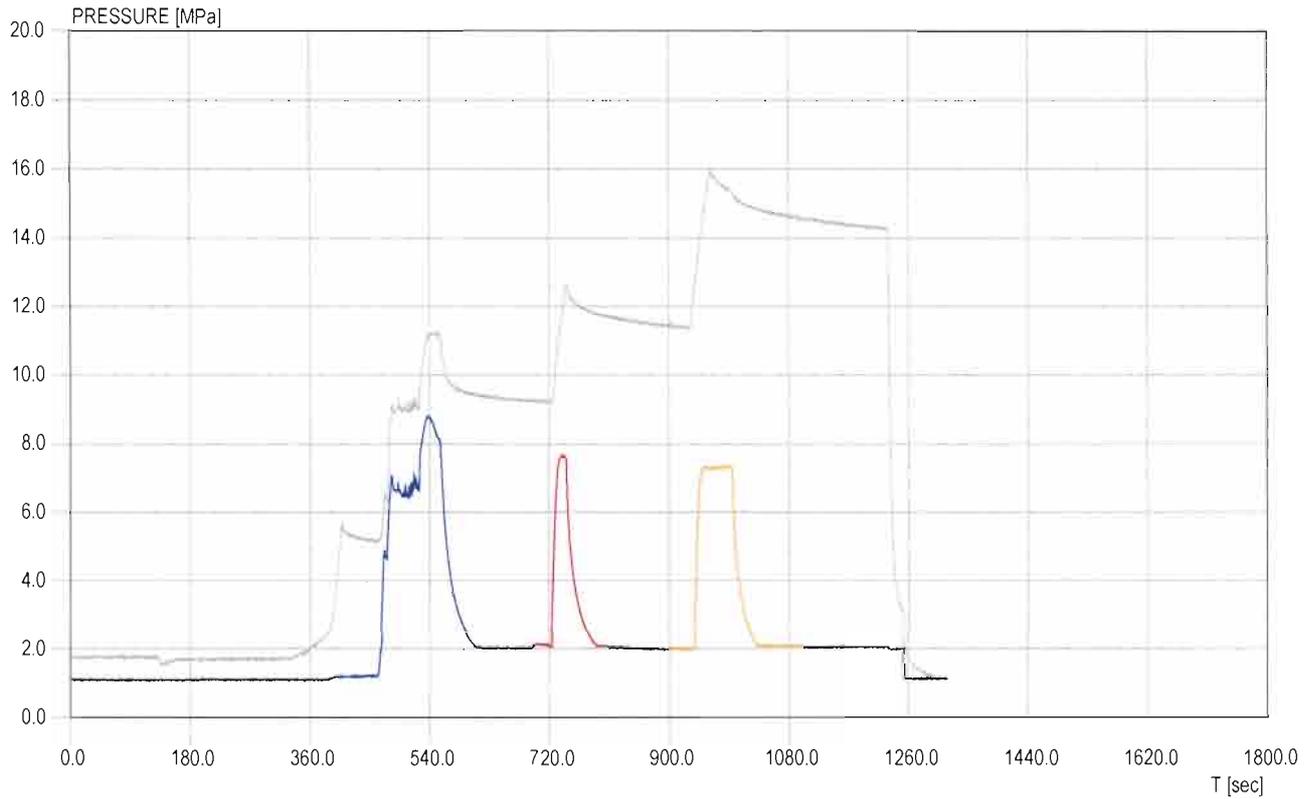


Figure 9 / 24

HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF2

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 219

Ps ANALYSIS

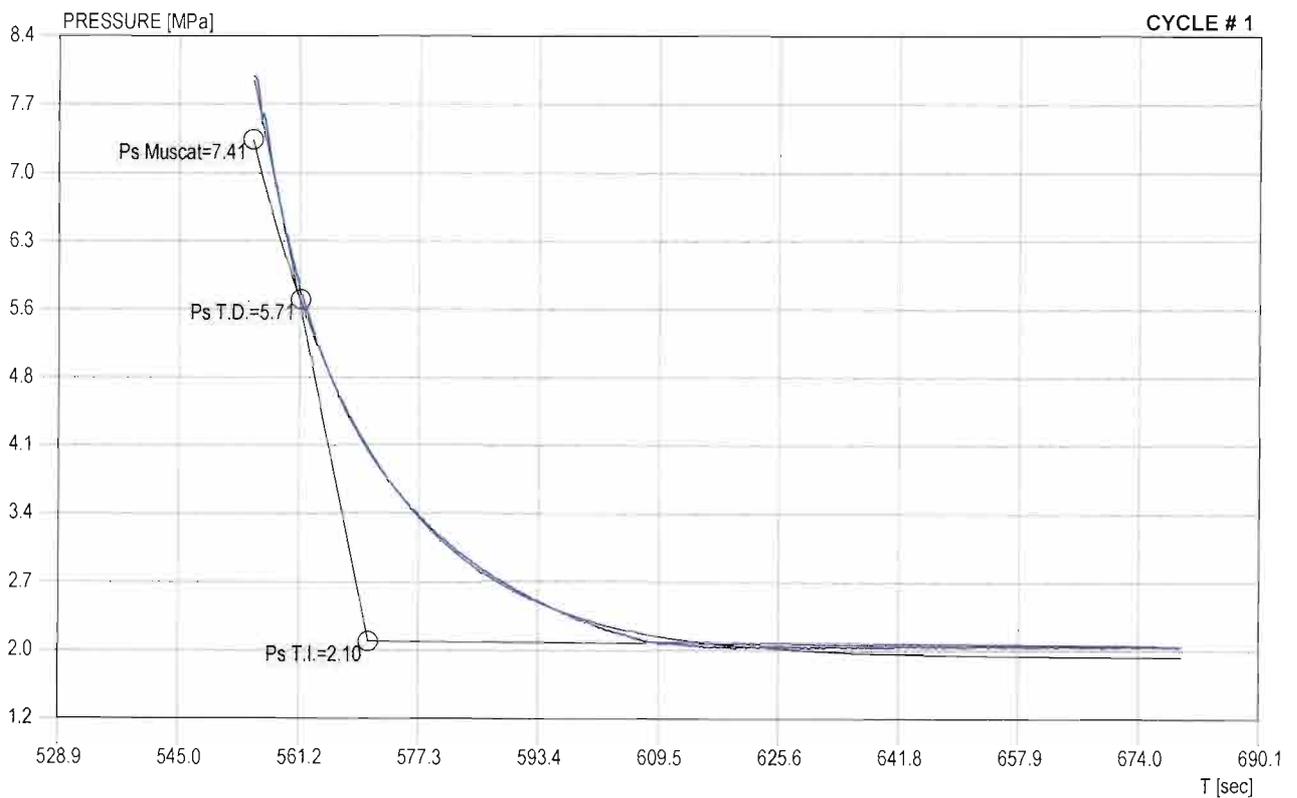
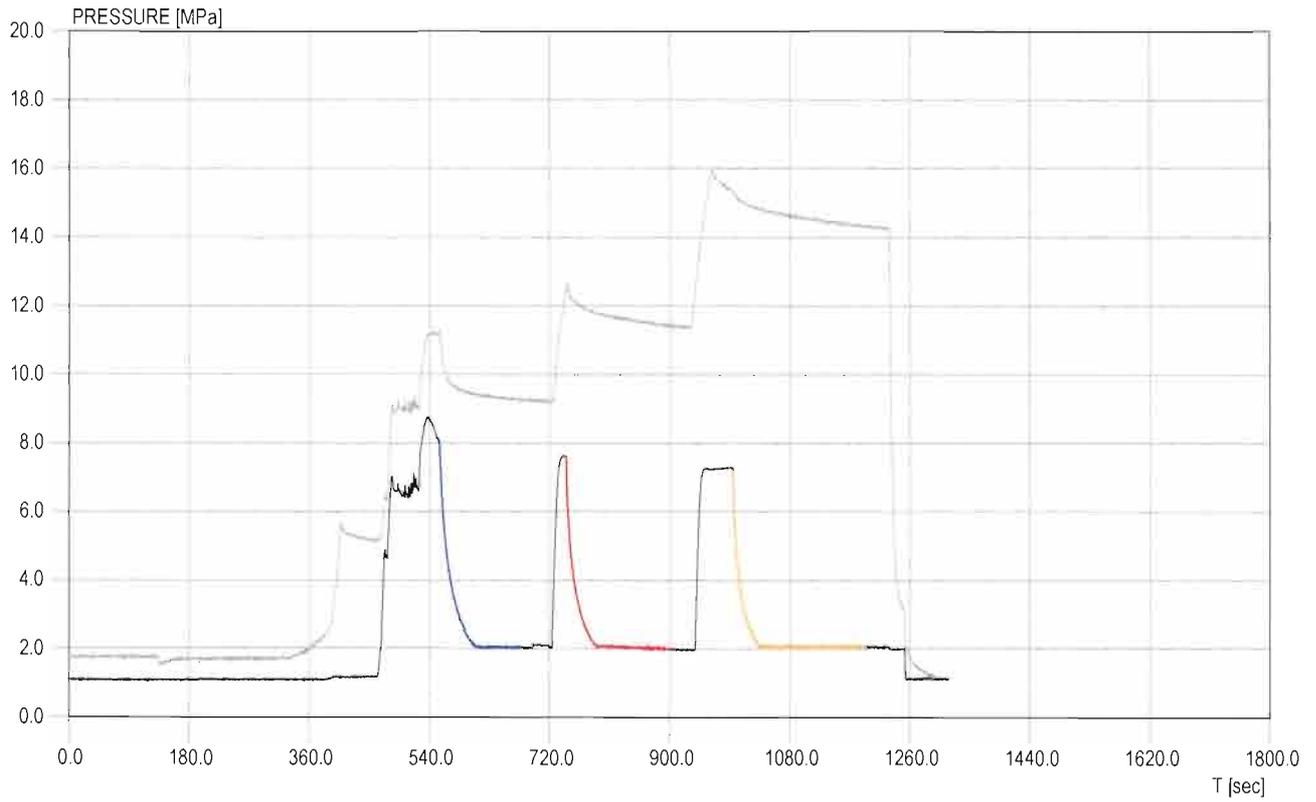


Figure 10 / 24

HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

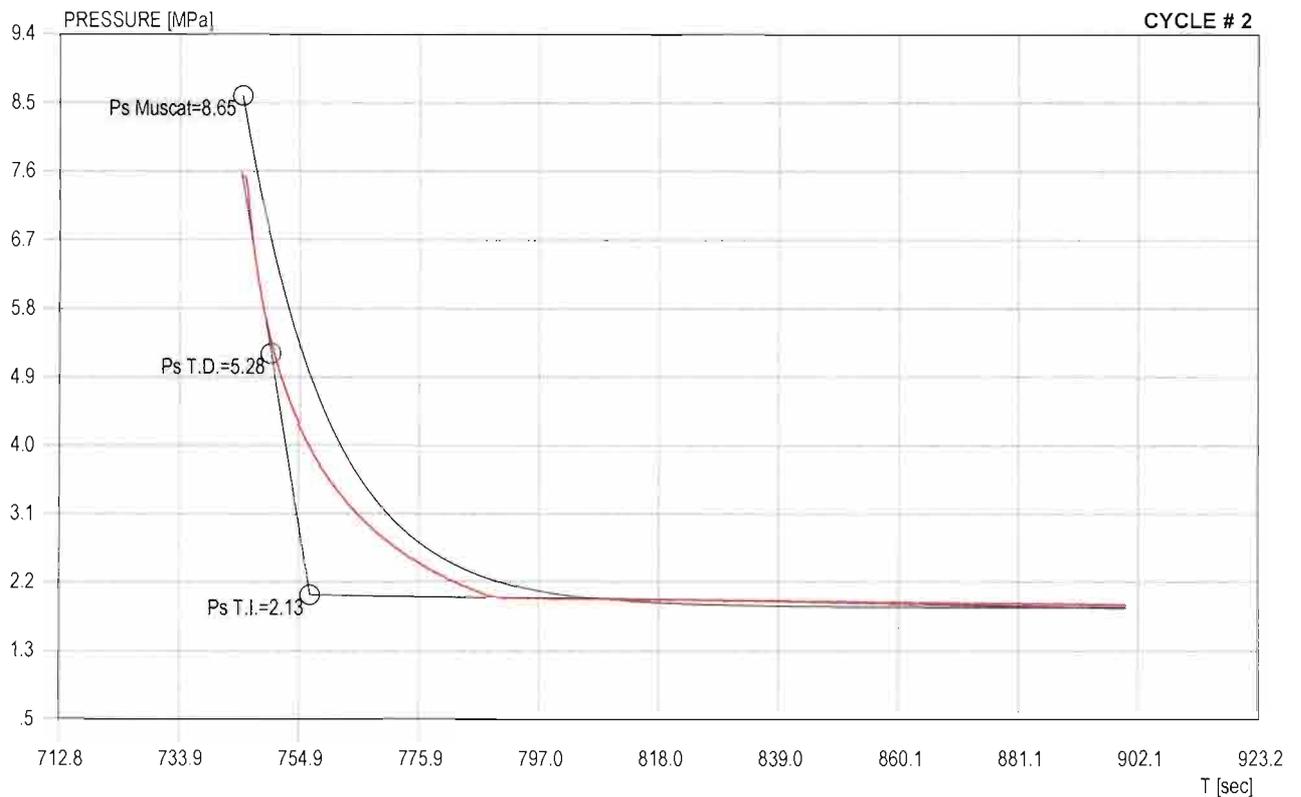
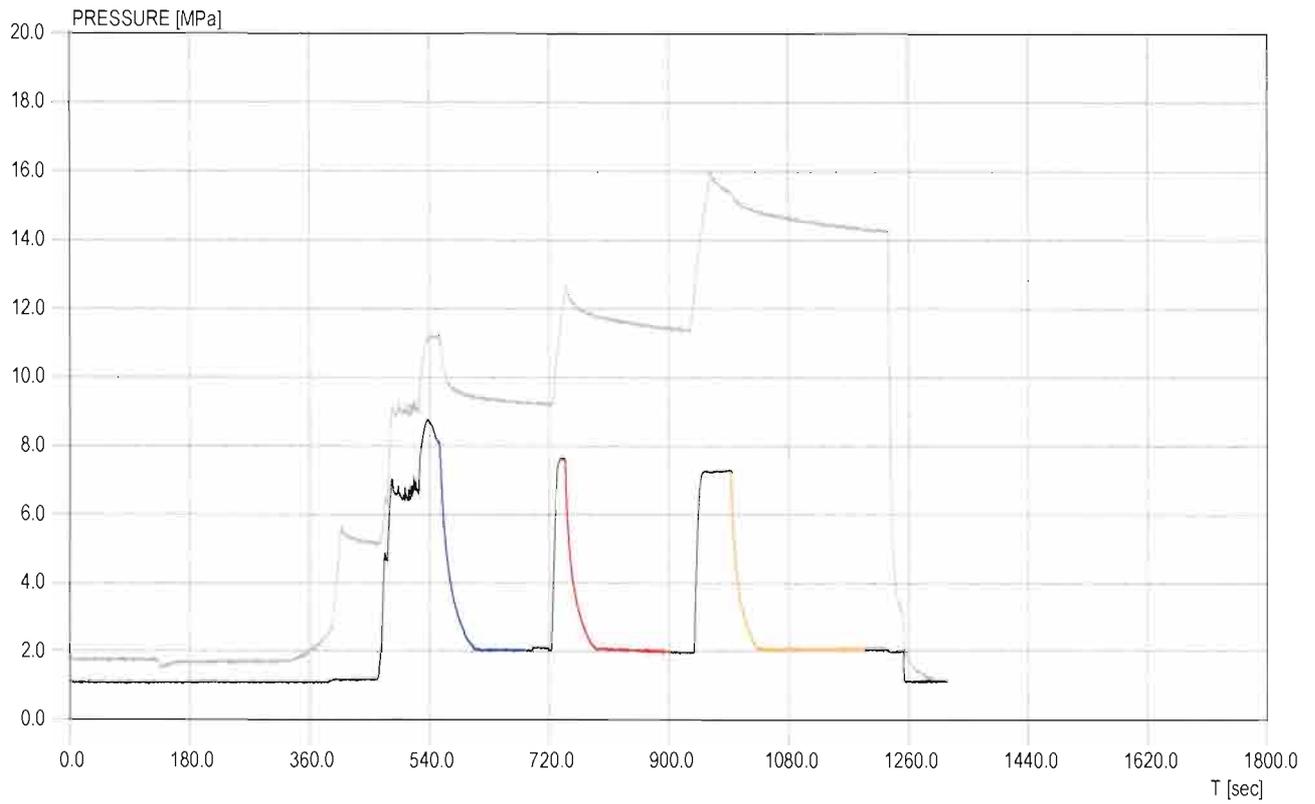
JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF2

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 219

Ps ANALYSIS



HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF2
BOREHOLE: S2
POSITION [m]: 219

Ps ANALYSIS

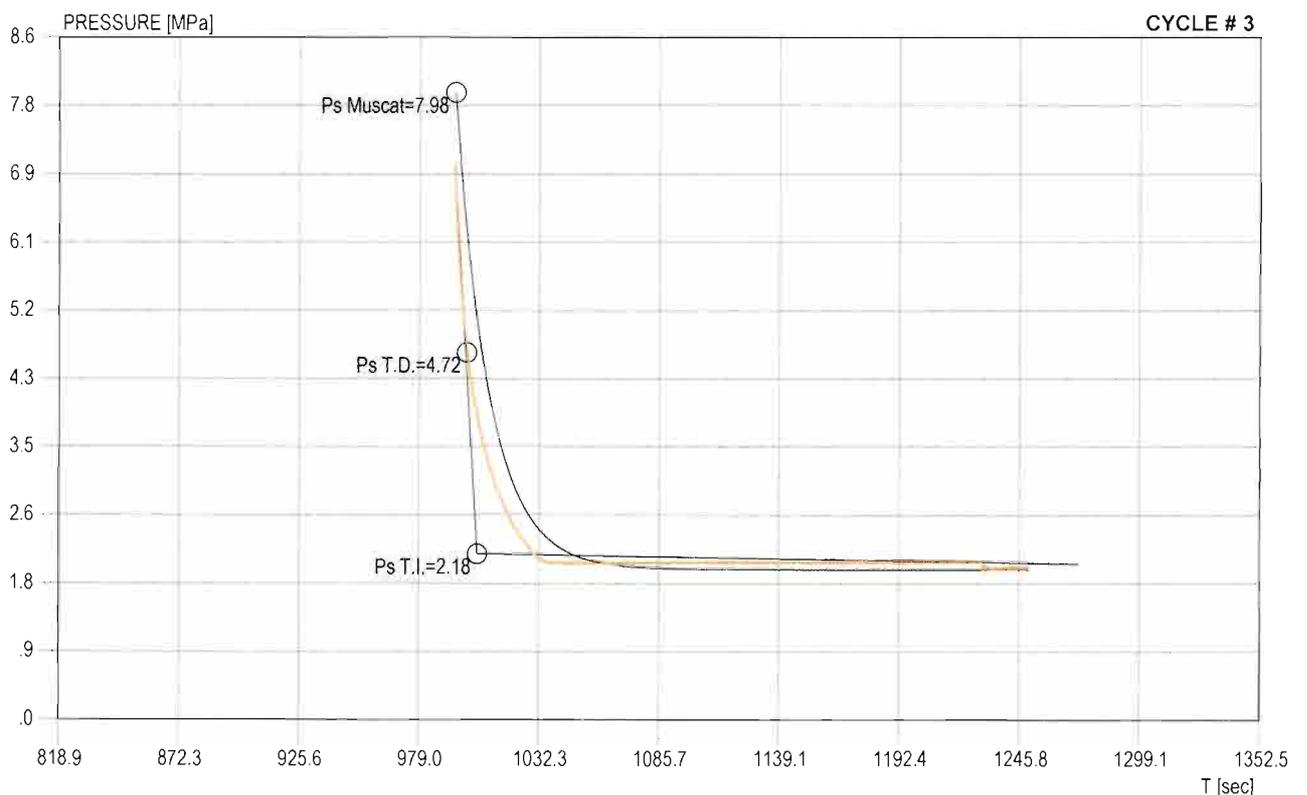
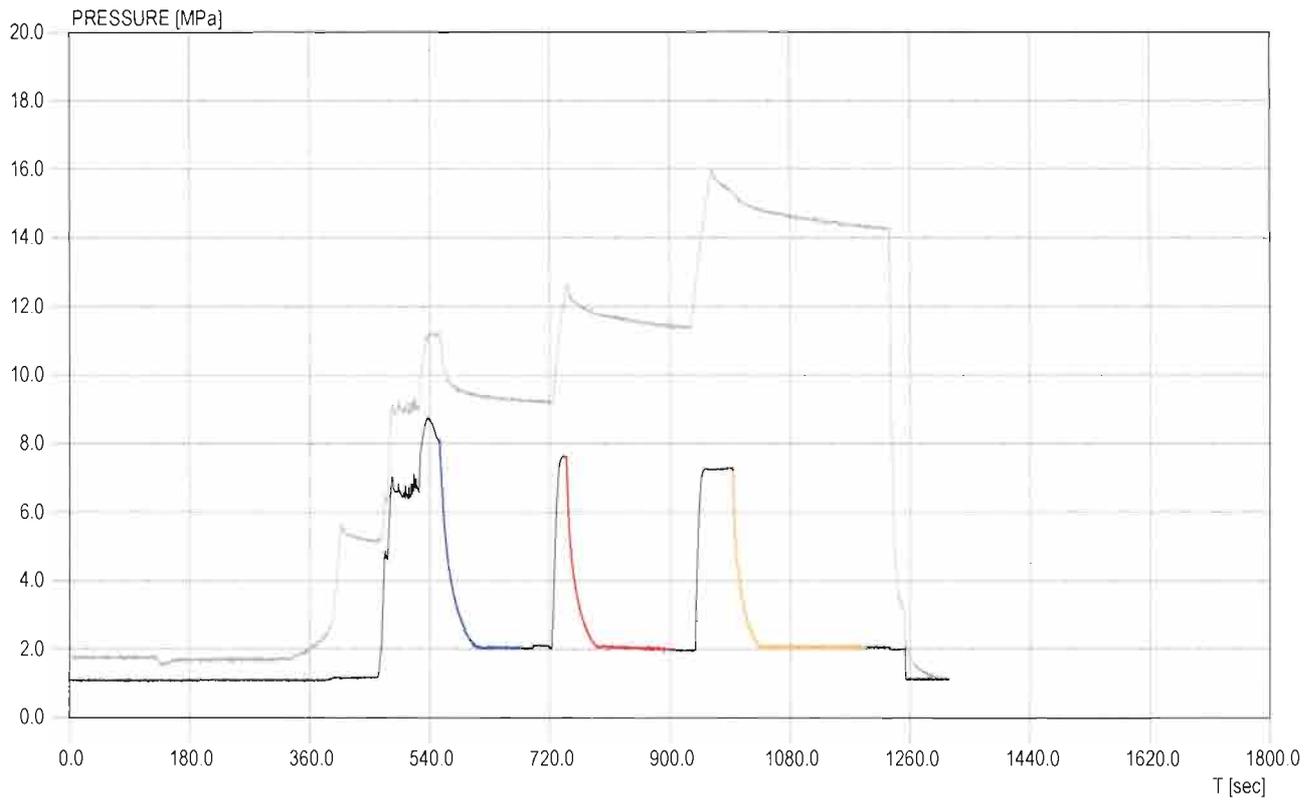


Figure 12 / 24

HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF2

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 219

LOCAL ORIENTATION OF THE BOREHOLE S2

trend [°]: 0 ± 1
 plunge [°]: 90 ± 1

IMPRESSION PACKER ROTATION IN THE BOREHOLE REFERENCE SYSTEM

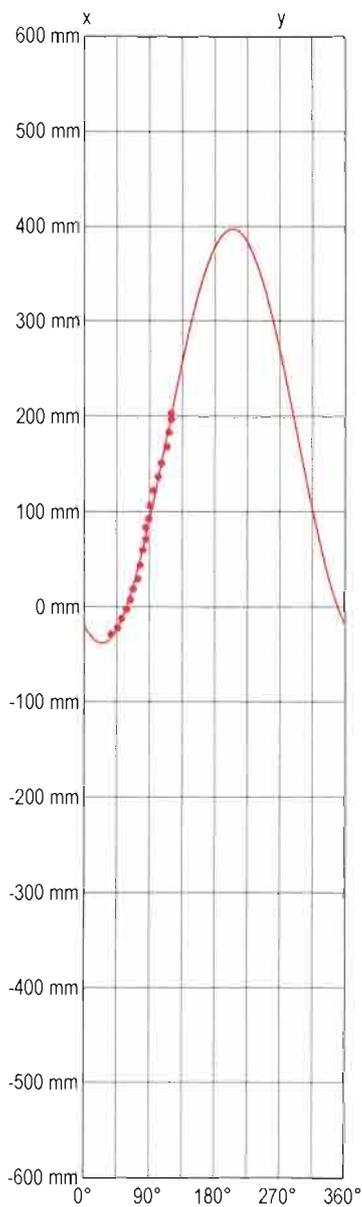
alpha [°]: 206.8 ± 1

IMPRESSION PACKER DEFORMATION

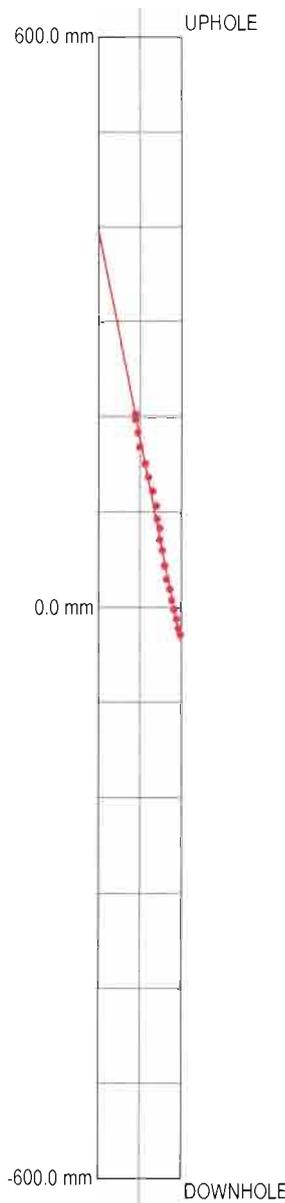
borehole Diam. [mm]: 101
 deflated packer Diam. [mm]: 87.85
 deflated packer Length [mm]: 1200
 packer longitudinal contraction [%]: 2.50

IMPRESSION PACKER ANALYSIS

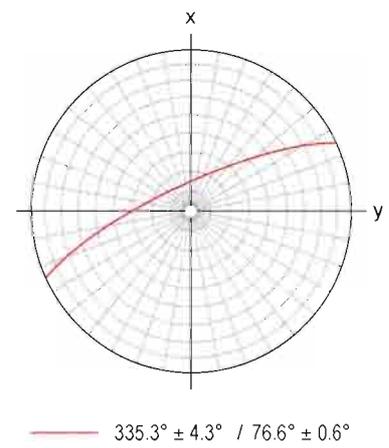
PACKER SURFACE PLANE DEVELOP



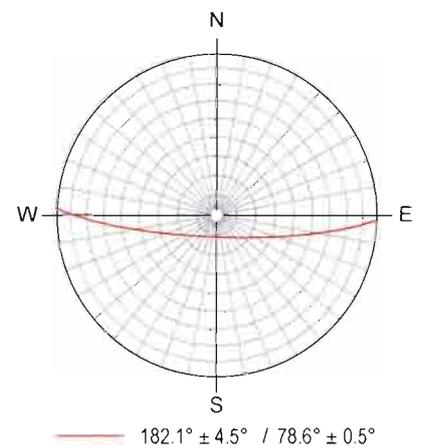
PACKER LATERAL VIEW



FRAC. ORIENTATION IN THE PACKER SYSTEM
 Schmidt Lower Emisphere



FRAC. ORIENTATION IN THE GLOBAL SYSTEM
 Schmidt Lower Emisphere



HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

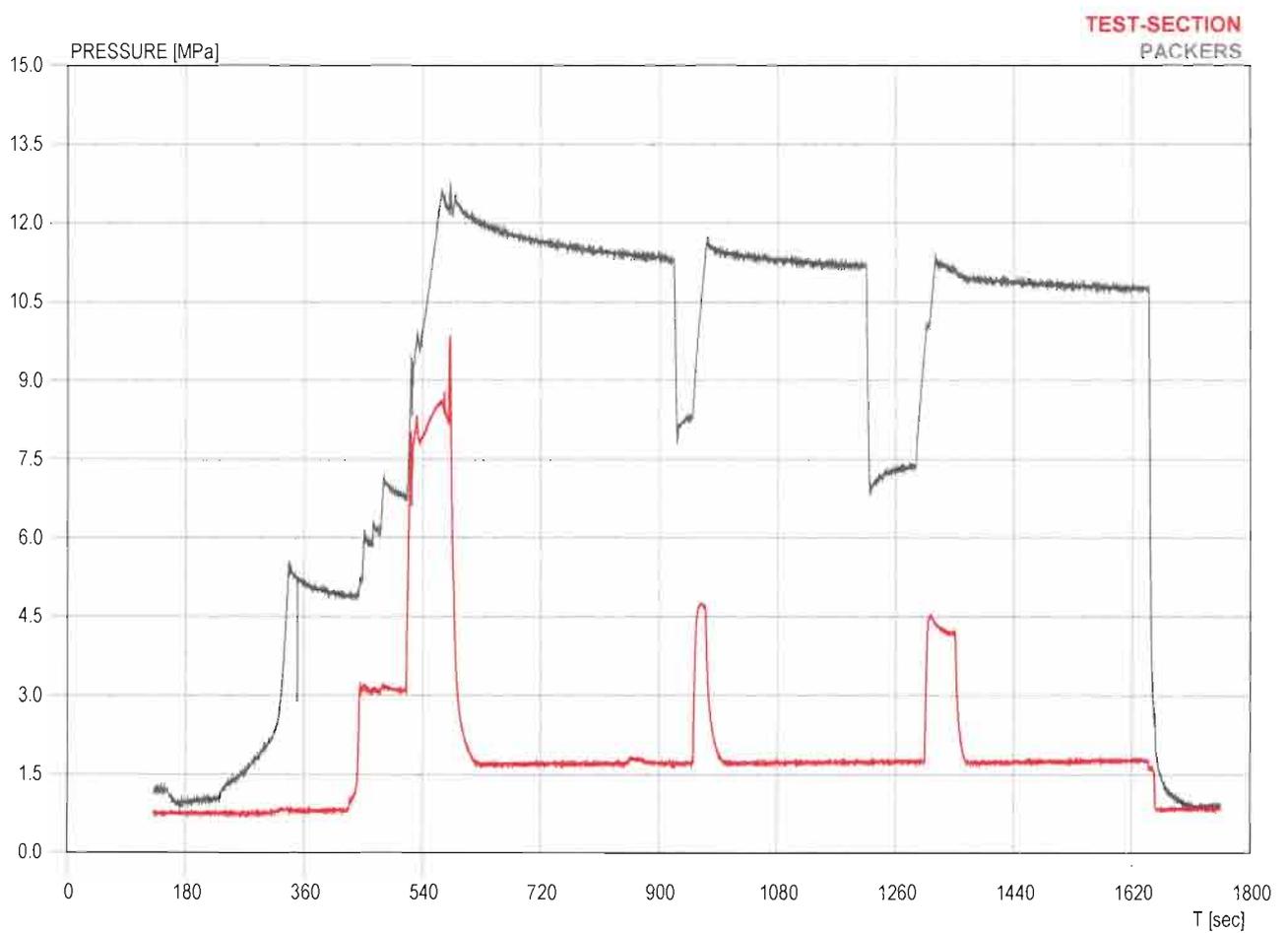
JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF3

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 192

PRESSURE-TIME PLOT



HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

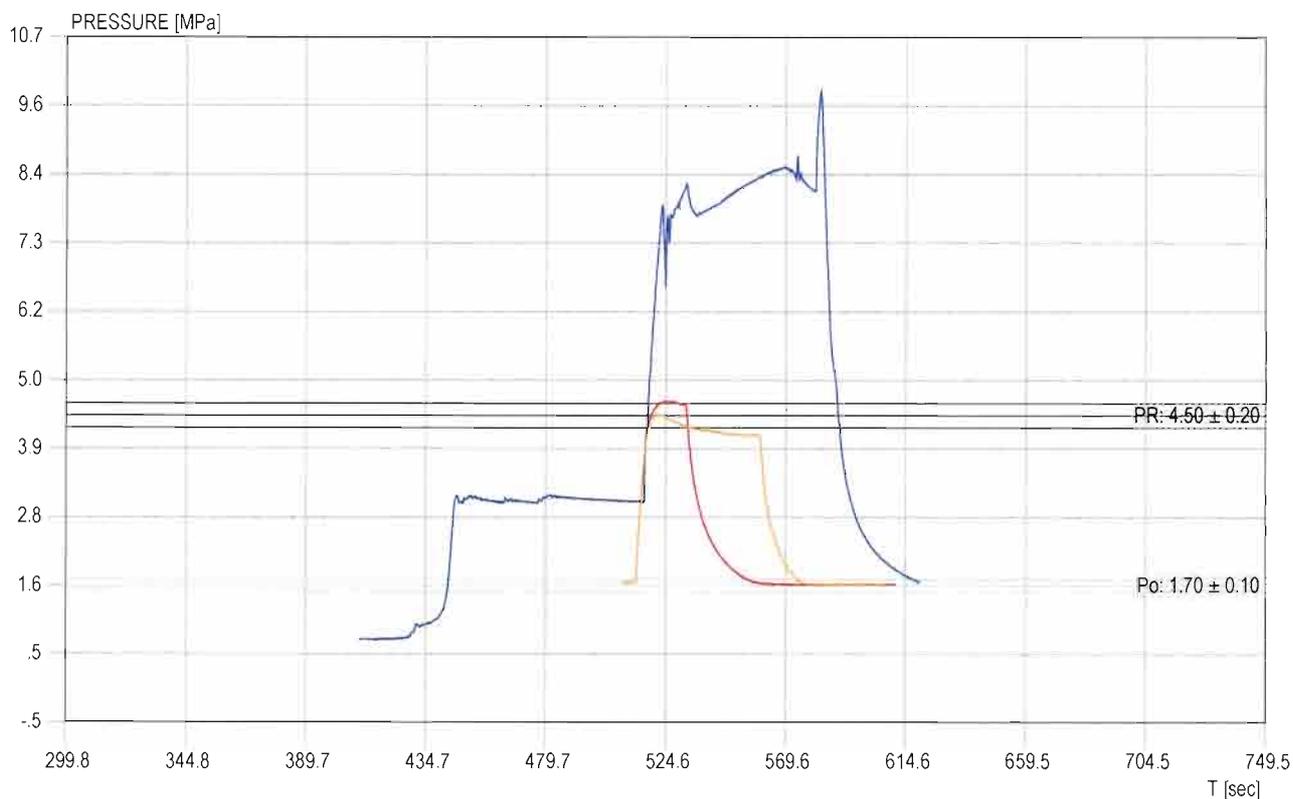
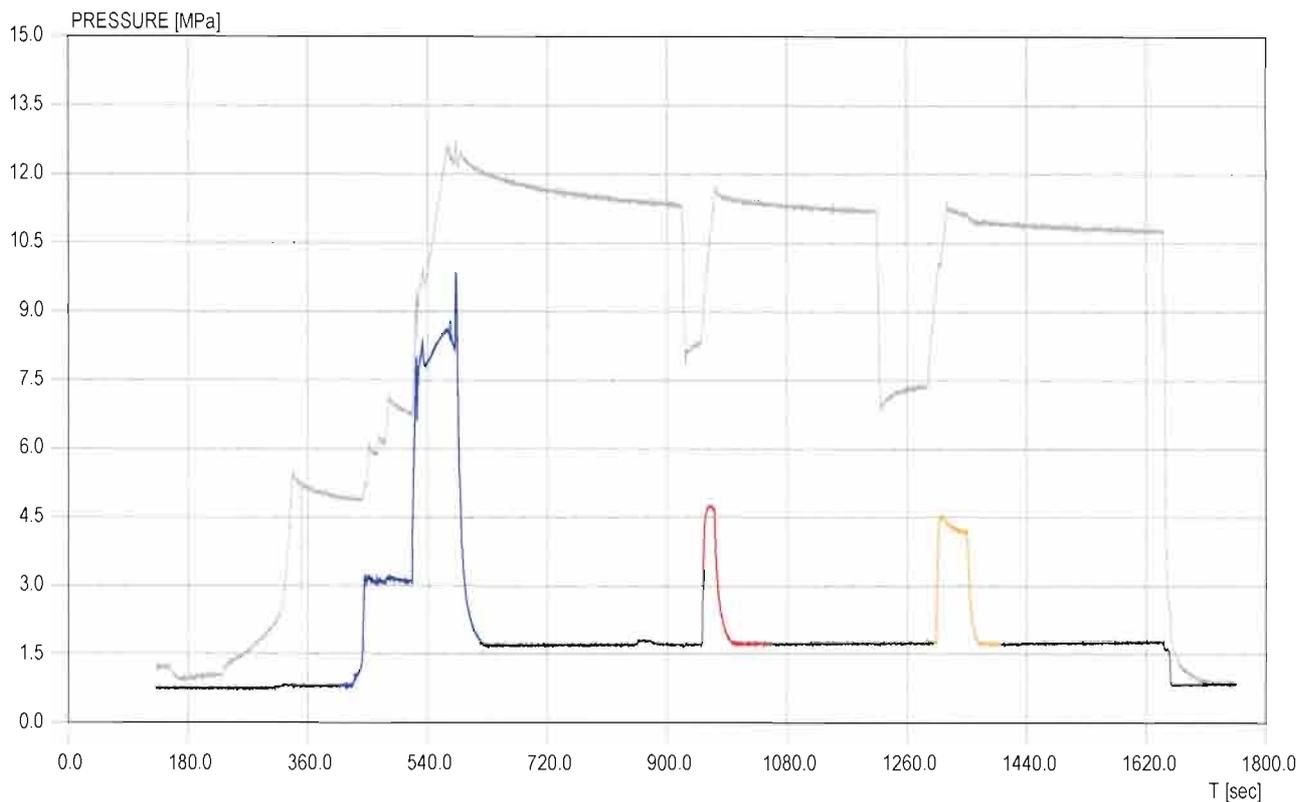
JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF3

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 192

Pr/Po ANALYSIS



HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

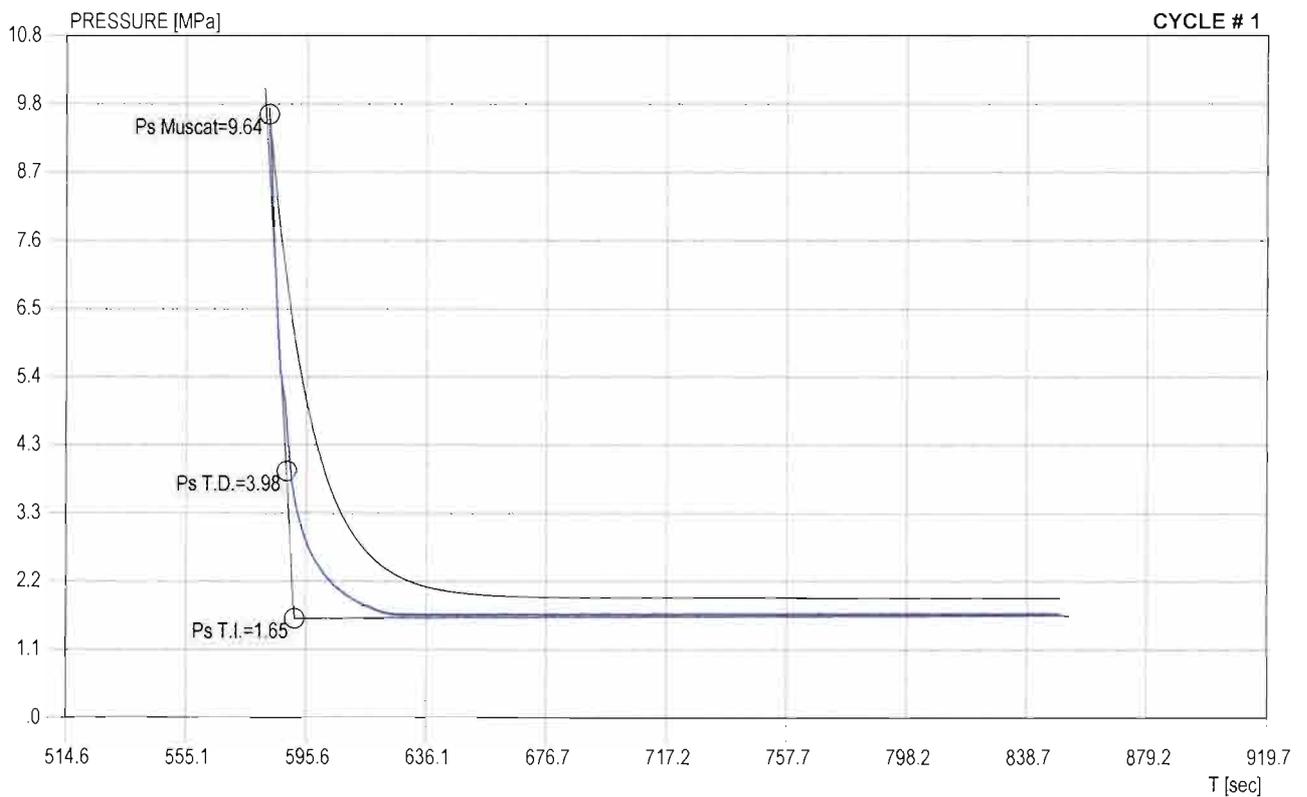
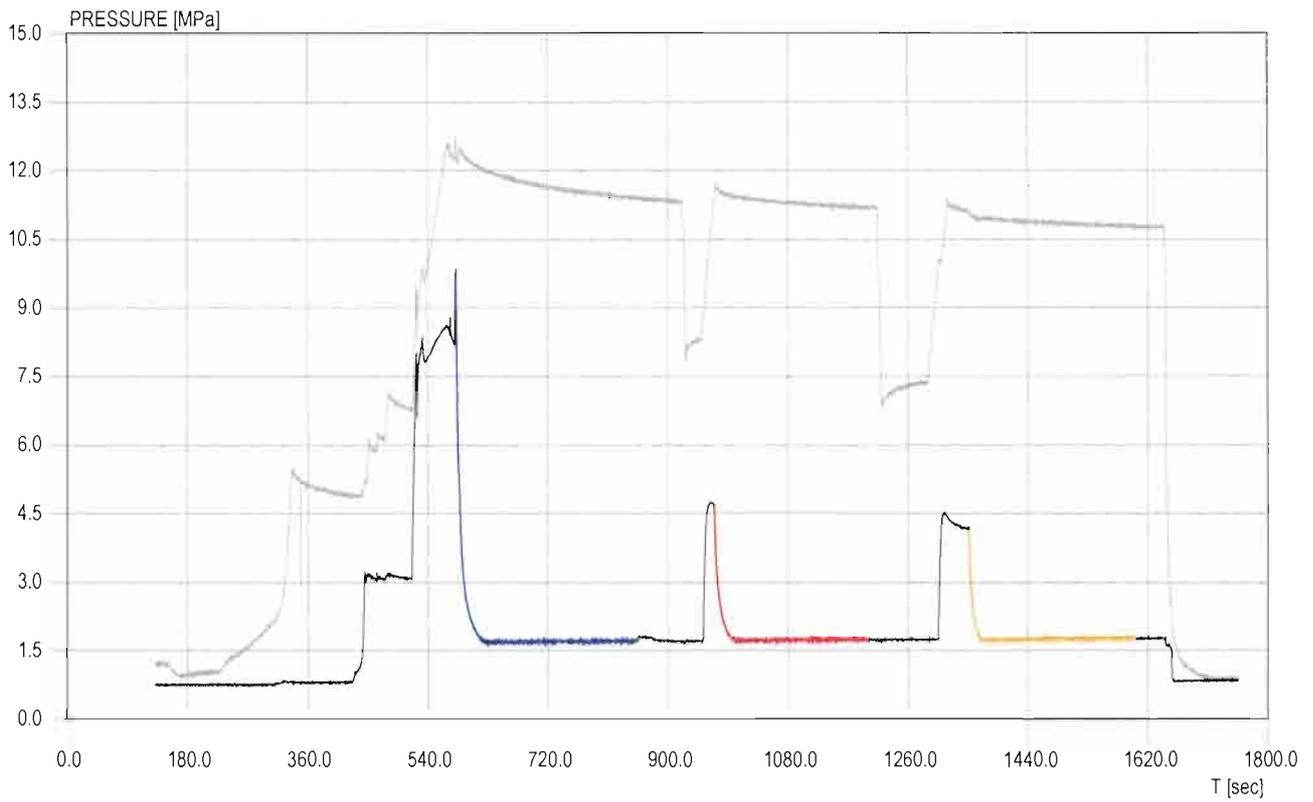
JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF3

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 192

Ps ANALYSIS



HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF3

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 192

Ps ANALYSIS

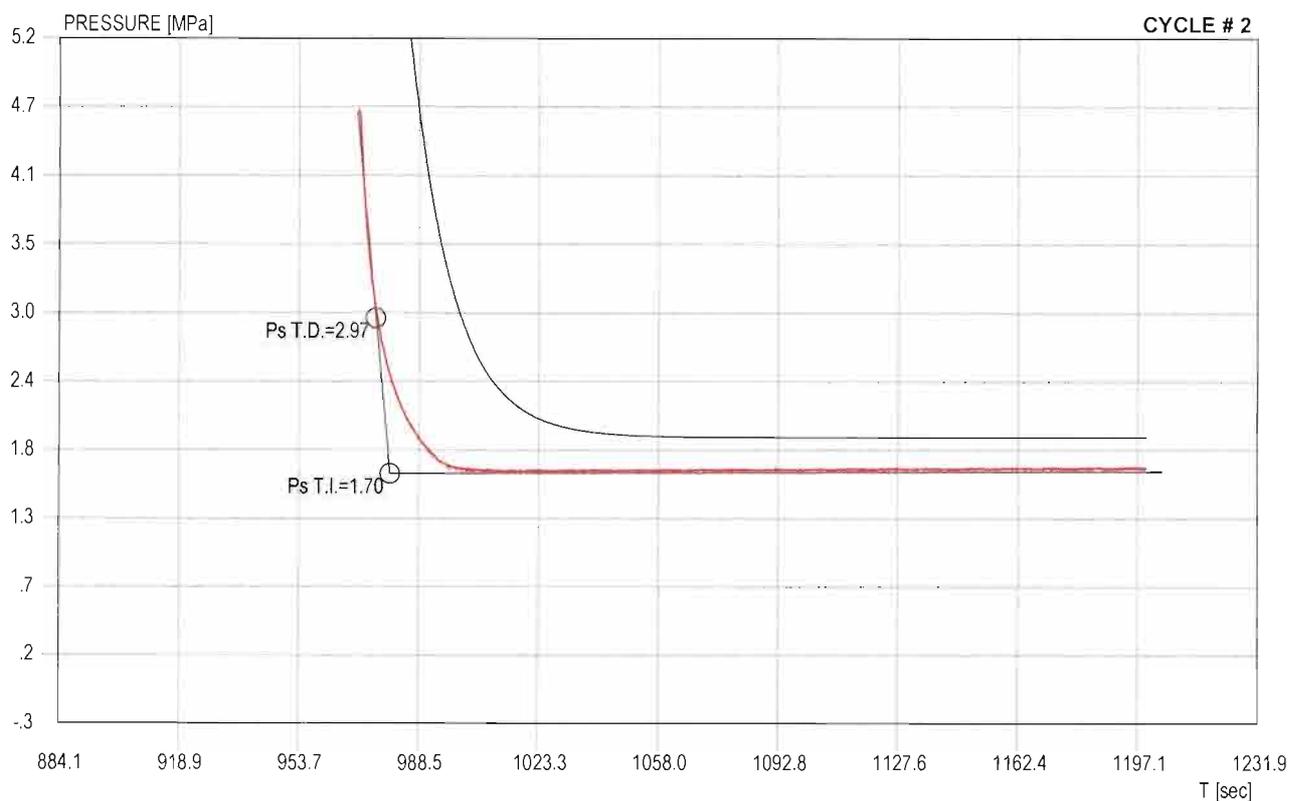
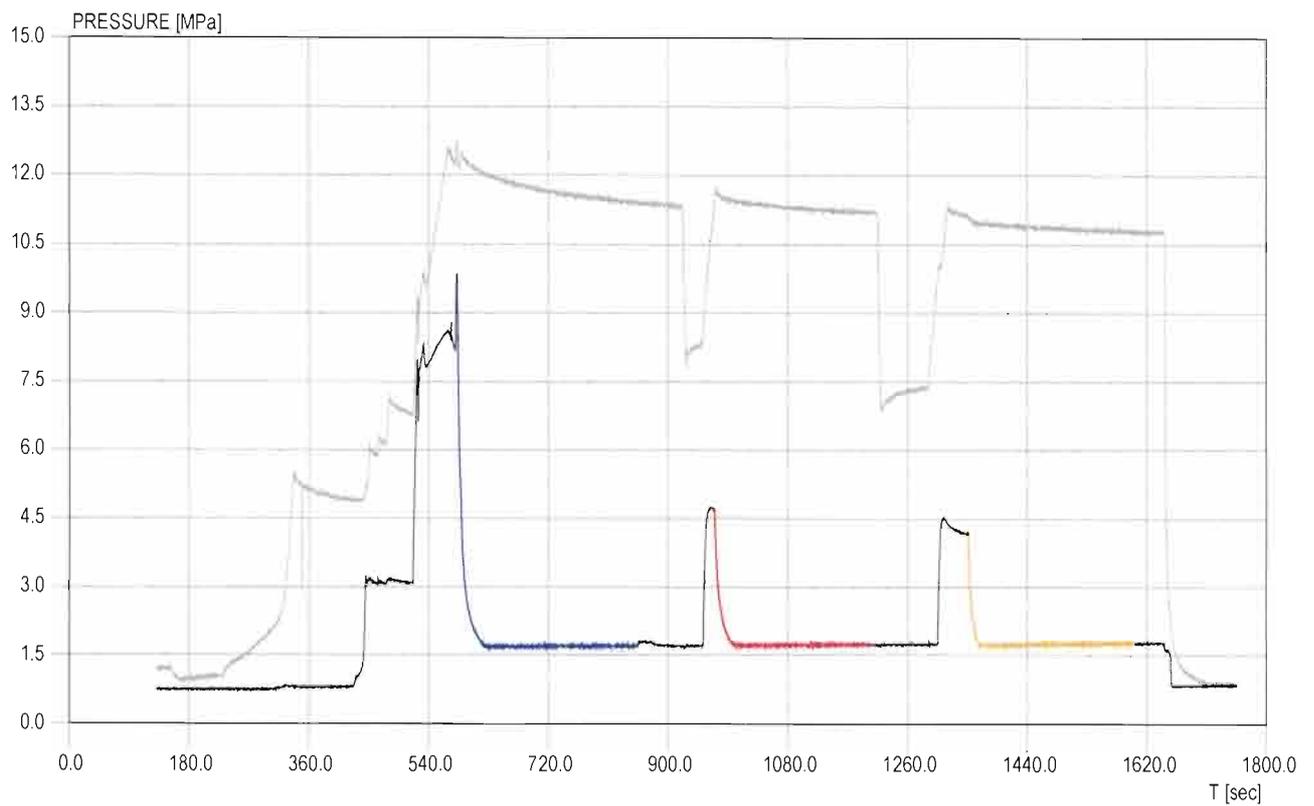


Figure 17 / 24

HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF3
BOREHOLE: S2
POSITION [m]: 192
Ps ANALYSIS

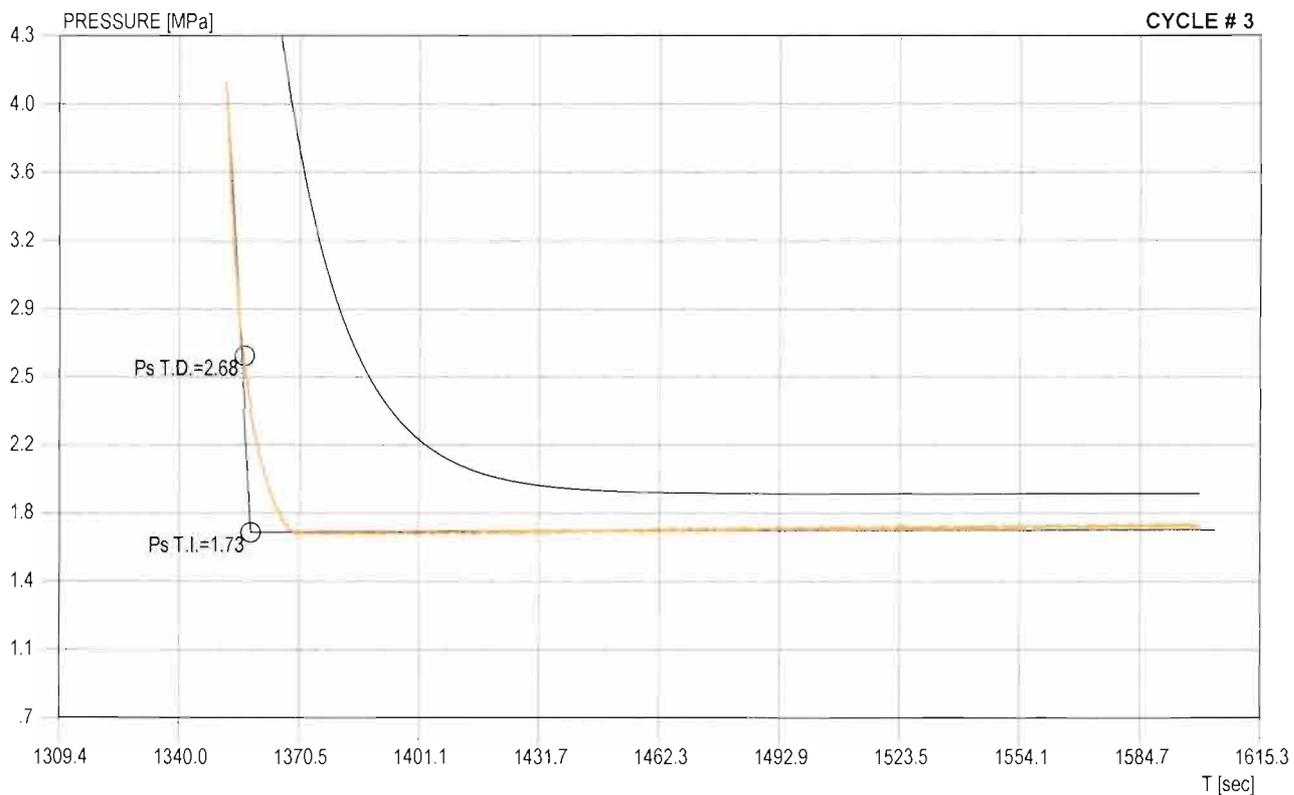
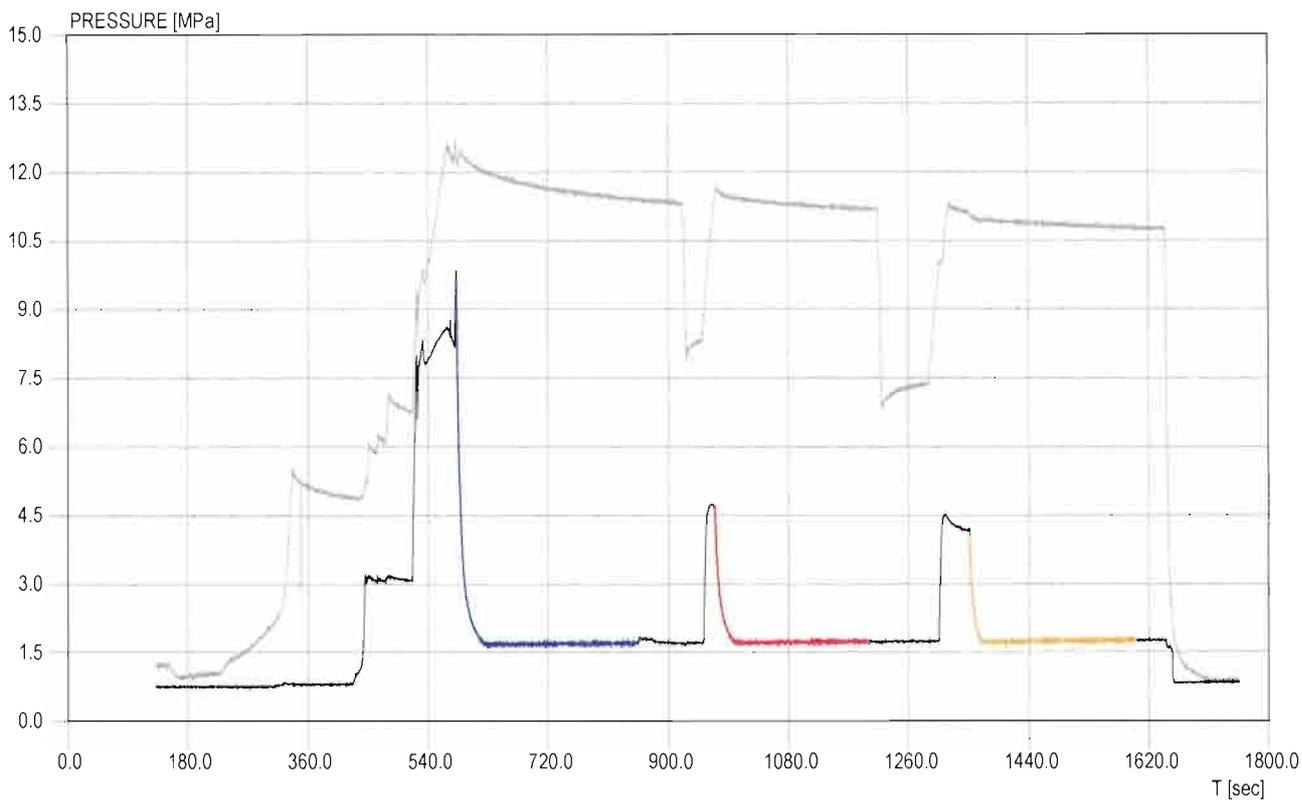


Figure 18 / 24

HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF3

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 192

LOCAL ORIENTATION OF THE BOREHOLE S2

trend [°]: 0 ± 1
 plunge [°]: 90 ± 1

IMPRESSION PACKER ROTATION IN THE BOREHOLE REFERENCE SYSTEM

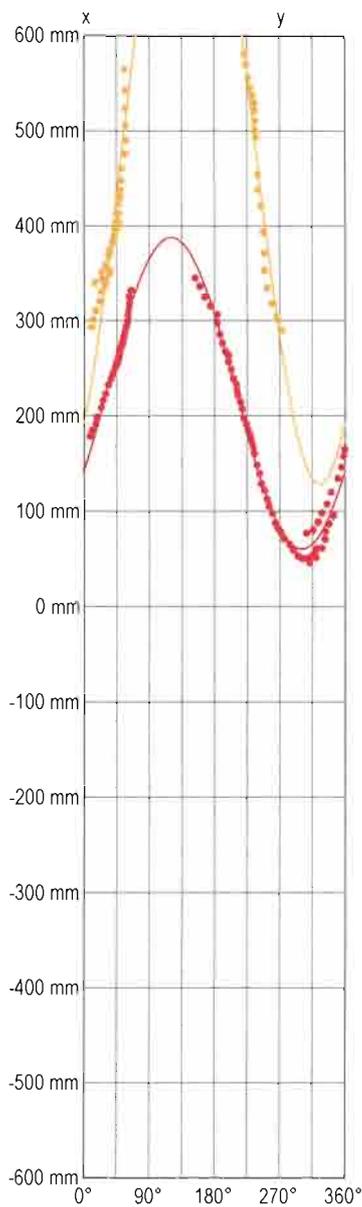
alpha [°]: 161.5 ± 1

IMPRESSION PACKER DEFORMATION

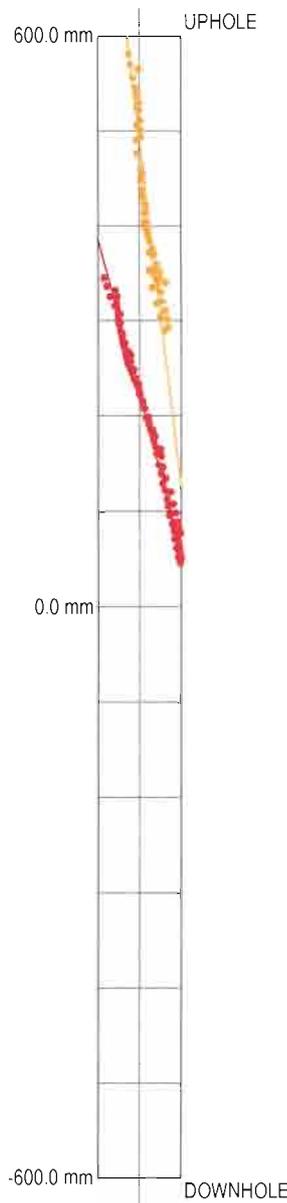
borehole Diam. [mm]: 101
 deflated packer Diam. [mm]: 87.85
 deflated packer Length [mm]: 1200
 packer longitudinal contraction [%]: 2.50

IMPRESSION PACKER ANALYSIS

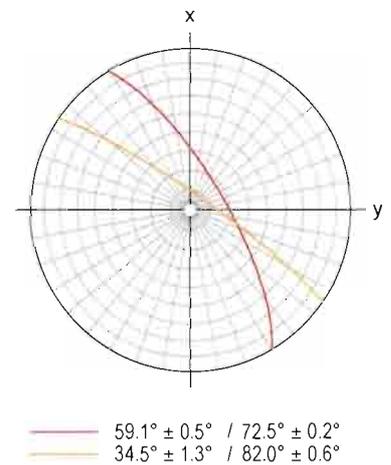
PACKER SURFACE PLANE DEVELOP



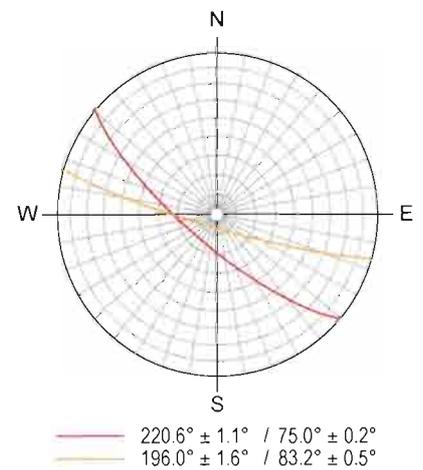
PACKER LATERAL VIEW



FRAC. ORIENTATION IN THE PACKER SYSTEM
 Schmidt Lower Hemisphere



FRAC. ORIENTATION IN THE GLOBAL SYSTEM
 Schmidt Lower Hemisphere



HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

Pr / Po ANALYSIS

TEST RESULTS

TEST	BOREHOLE	POSITION [m]	Pr [MPa]	Po [MPa]
HF1	S2	238.5	5.00 ± 0.30	2.20 ± 0.10
HF2	S2	219	7.30 ± 0.30	2.10 ± 0.10
HF3	S2	192	4.50 ± 0.20	1.70 ± 0.10

Pr: reopening pressure Po: pore pressure

Ps ANALYSIS

TEST	BOREHOLE	POSITION [m]	CYCLE	Ps (T.D.) [MPa]	Ps (T.I.) [MPa]	Ps (Musc.) [MPa]	Ps [MPa]
HF1	S2	238.5	1	3.95	[2.27]	[3.86]	
HF1	S2	238.5	2	3.91	[2.54]	[4.39]	
HF1	S2	238.5	3	3.88	[2.18]	[2.21]	
							3.91 ± 0.03
HF2	S2	219	1	5.71	[2.10]	[7.41]	
HF2	S2	219	2	5.28	[2.13]	[8.65]	
HF2	S2	219	3	4.72	[2.18]	[7.98]	
							5.24 ± 0.41
HF3	S2	192	1	3.98	[1.65]	[9.66]	
HF3	S2	192	2	2.97	[1.70]	[13.25]	
HF3	S2	192	3	2.68	[1.73]	[7.63]	
							3.21 ± 0.56

T.D.: tangent deviation method T.I.: tangent intersection method Musc.: Muscat method []: excluded from test average and standard error estimate

IMPRESSION PACKER ANALYSIS

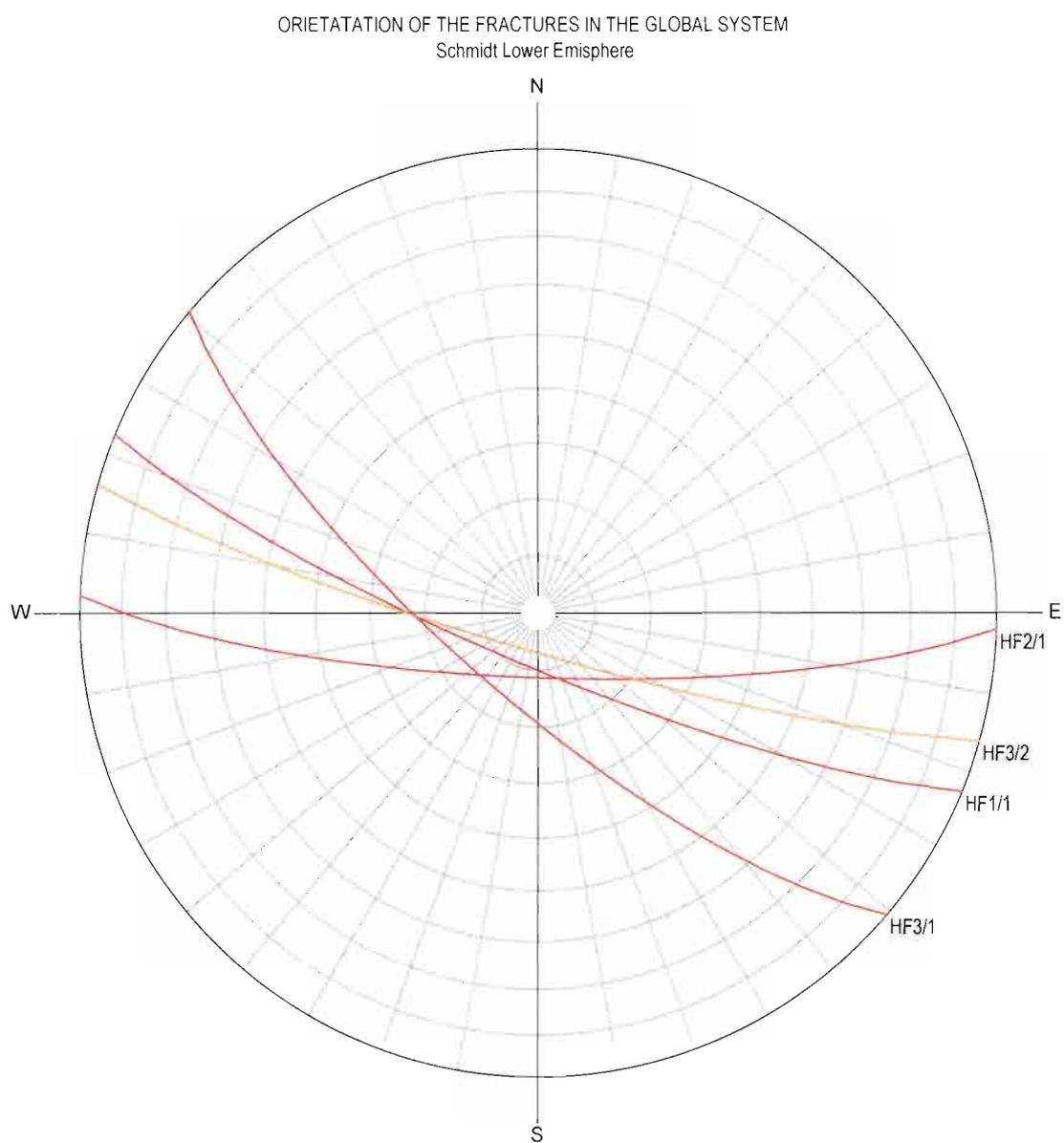
TEST	BOREHOLE	POSITION [m]	FRAC.#	psi [°]	phi [°]	PSI [°]	PHI [°]
HF1	S2	238.5	1	7.1 ± 0.0	79.0 ± 0.1	202.6 ± 1.0	80.6 ± 0.1
HF2	S2	219	1	335.3 ± 4.3	76.6 ± 0.6	182.1 ± 4.5	78.6 ± 0.5
HF3	S2	192	1	59.1 ± 0.5	72.5 ± 0.2	220.6 ± 1.1	75.0 ± 0.2
HF3	S2	192	2	34.5 ± 1.3	82.0 ± 0.6	196.0 ± 1.6	83.2 ± 0.5

psi,phi: orientation in the packer reference system PSI,PHI: orientation in the global reference system

HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

HYDRAULIC FRACTURES ORIENTATION

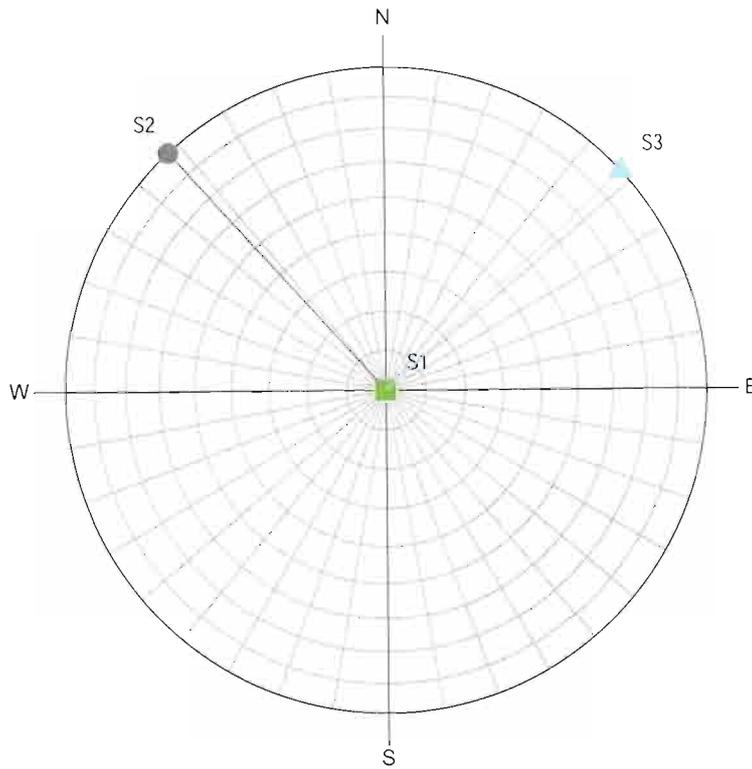


HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

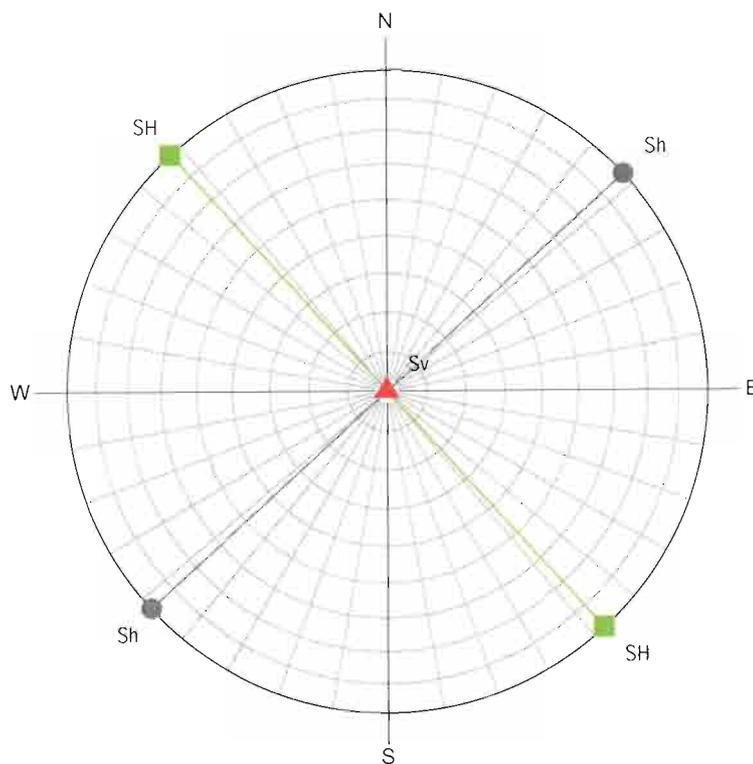
PRINCIPAL STRESS COMPONENTS
Schmidt Lower Emisphere

STRESS TENSOR AT Z = 250 m



	STRESS [MPa]	PSI [°]	PHI [°]
S1:	6.75 ± 0.00	0.0 ± 0.0	90.0 ± 0.0
S2:	5.55 ± 1.30	-42.4 ± 17.8	0.0 ± 0.0
S3:	3.94 ± 1.05	47.6 ± 17.8	0.0 ± 0.0

HORIZONTAL AND VERTICAL STRESS STATE
Schmidt Lower Emisphere



	STRESS [MPa]	PSI [°]	PHI [°]
SH:	5.55 ± 1.21	-42.4 ± 20.1	0.0 ± 0.0
Sh:	3.94 ± 1.07	47.6 ± 110.1	0.0 ± 0.0
Sv:	6.75 ± 0.00	0.0 ± 0.0	90.0 ± 0.0

HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

TEST: HF3

BOREHOLE: S2

POSITION [m]: 192

LOCAL ORIENTATION OF THE BOREHOLE S2

trend [°]: 0 ± 1
 plunge [°]: 90 ± 1

IMPRESSION PACKER ROTATION IN THE BOREHOLE REFERENCE SYSTEM

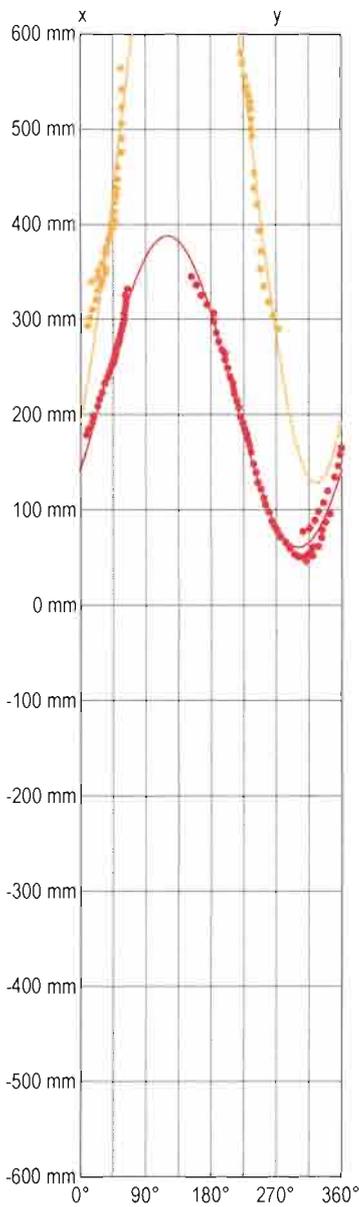
alpha [°]: 161.5 ± 1

IMPRESSION PACKER DEFORMATION

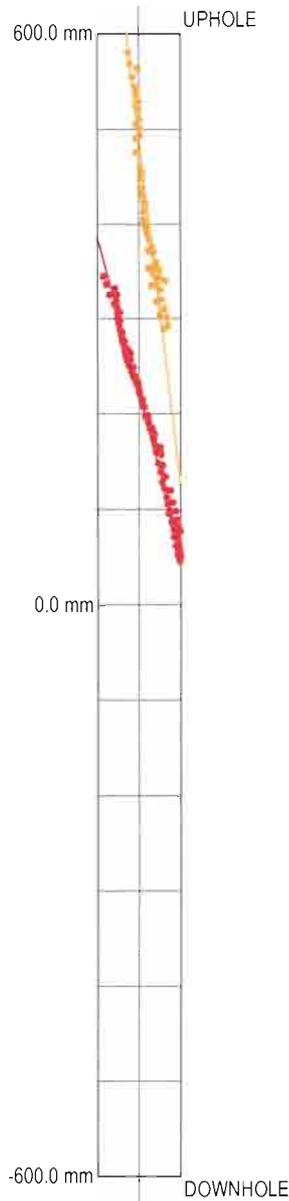
borehole Diam. [mm]: 101
 deflated packer Diam. [mm]: 87.85
 deflated packer Length [mm]: 1200
 packer longitudinal contraction [%]: 2.50

IMPRESSION PACKER ANALYSIS

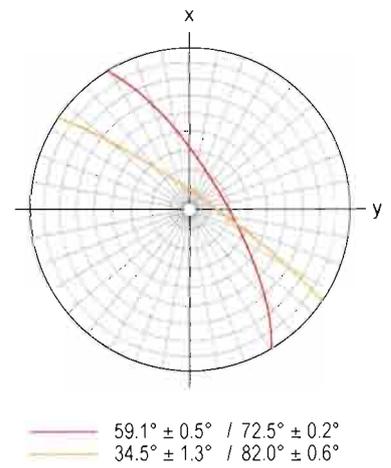
PACKER SURFACE PLANE DEVELOP



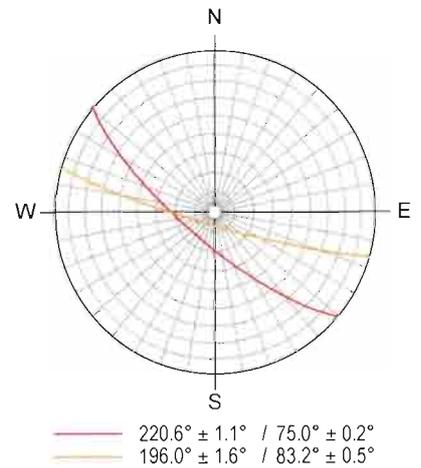
PACKER LATERAL VIEW



FRAC. ORIENTATION IN THE PACKER SYSTEM
 Schmidt Lower Hemisphere



FRAC. ORIENTATION IN THE GLOBAL SYSTEM
 Schmidt Lower Hemisphere



HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

Pr / Po ANALYSIS

TEST RESULTS

TEST	BOREHOLE	POSITION [m]	Pr [MPa]	Po [MPa]
HF1	S2	238.5	5.00 ± 0.30	2.20 ± 0.10
HF2	S2	219	7.30 ± 0.30	2.10 ± 0.10
HF3	S2	192	4.50 ± 0.20	1.70 ± 0.10

Pr: reopening pressure Po: pore pressure

Ps ANALYSIS

TEST	BOREHOLE	POSITION [m]	CYCLE	Ps (T.D.) [MPa]	Ps (T.I.) [MPa]	Ps (Musc.) [MPa]	Ps [MPa]
HF1	S2	238.5	1	3.95	[2.27]	[3.86]	3.91 ± 0.03
HF1	S2	238.5	2	3.91	[2.54]	[4.39]	
HF1	S2	238.5	3	3.88	[2.18]	[2.21]	
HF2	S2	219	1	5.71	[2.10]	[7.41]	5.24 ± 0.41
HF2	S2	219	2	5.28	[2.13]	[8.65]	
HF2	S2	219	3	4.72	[2.18]	[7.98]	
HF3	S2	192	1	3.98	[1.65]	[9.66]	3.21 ± 0.56
HF3	S2	192	2	2.97	[1.70]	[13.25]	
HF3	S2	192	3	2.68	[1.73]	[7.63]	

T.D.: tangent deviation method T.I.: tangent intersection method Musc.: Muscal method [.]: excluded from test average and standard error estimate

IMPRESSION PACKER ANALYSIS

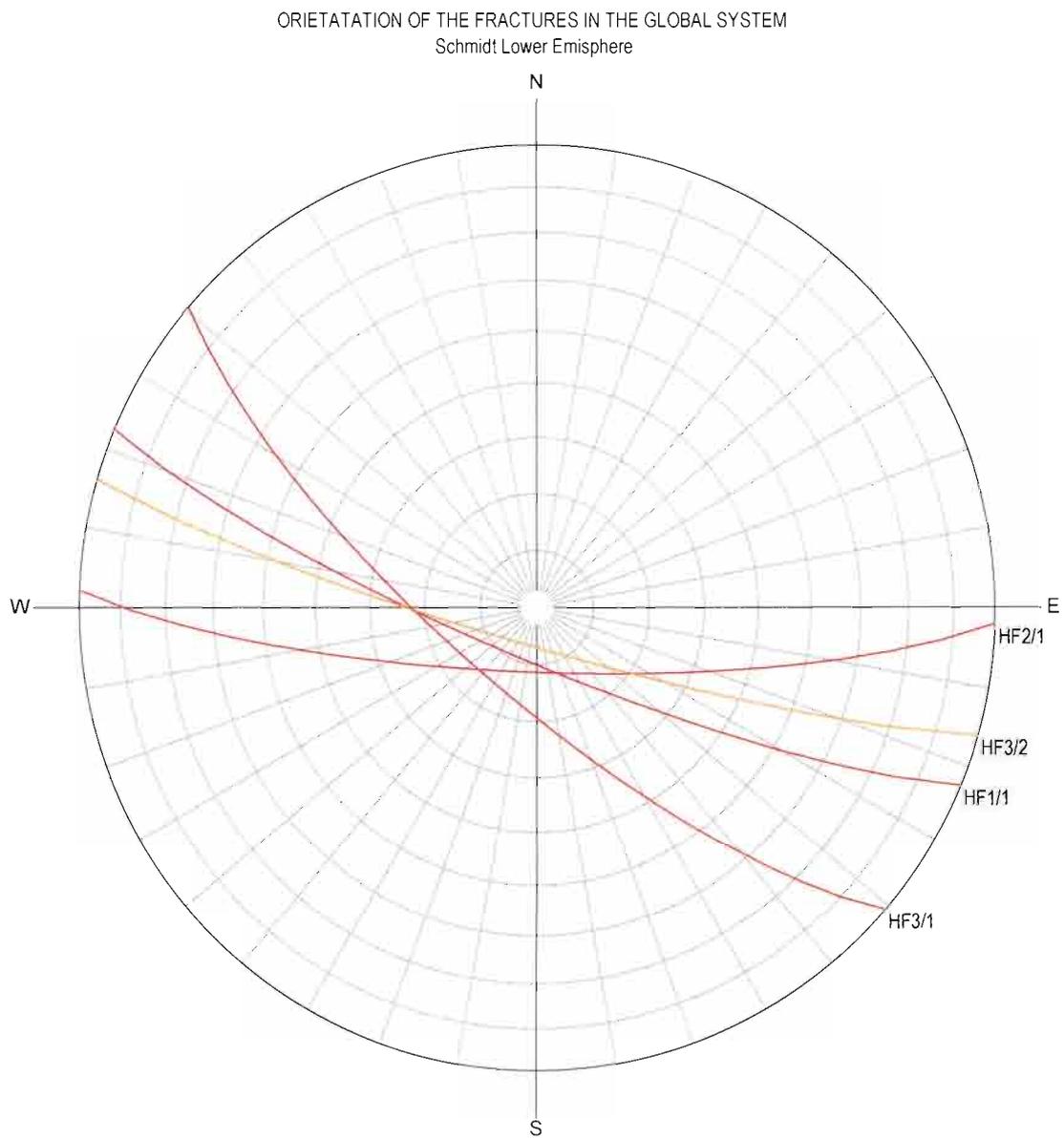
TEST	BOREHOLE	POSITION [m]	FRAC.#	psi [°]	phi [°]	PSI [°]	PHI [°]
HF1	S2	238.5	1	7.1 ± 0.0	79.0 ± 0.1	202.6 ± 1.0	80.6 ± 0.1
HF2	S2	219	1	335.3 ± 4.3	76.6 ± 0.6	182.1 ± 4.5	78.6 ± 0.5
HF3	S2	192	1	59.1 ± 0.5	72.5 ± 0.2	220.6 ± 1.1	75.0 ± 0.2
HF3	S2	192	2	34.5 ± 1.3	82.0 ± 0.6	196.0 ± 1.6	83.2 ± 0.5

psi,phi: orientation in the packer reference system PSI,PHI: orientation in the global reference system

HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

HYDRAULIC FRACTURES ORIENTATION





HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

REOPENING EQUATIONS

STRESS FIELD CALCULATION (SFC)

TEST	Z [m]	Pr [MPa]	Po [MPa]	ni	Kz	Used in SFC
HF1	238.50 ± 0.30	5.00 ± 0.30	2.20 ± 0.10	0.25	0.50 ± 0.10	Yes
HF2	219.00 ± 0.30	7.30 ± 0.30	2.10 ± 0.10	0.25	0.50 ± 0.10	Yes
HF3	192.00 ± 0.30	4.50 ± 0.20	1.70 ± 0.10	0.25	0.50 ± 0.10	Yes

Z: overburden Pr: reopening pressure Po: pore pressure ni: rock Poisson ratio Kz: straddle packer axial stress factor

SHUT-IN EQUATIONS

TEST	Z [m]	Ps [MPa]	Used in SFC
HF1	238.50 ± 0.30	3.91 ± 0.03	Yes
HF2	219.00 ± 0.30	5.24 ± 0.41	Yes
HF3	192.00 ± 0.30	3.21 ± 0.56	Yes

Z: overburden Ps: shut-in pressure

FRACTURE ORIENTATIONS

TEST	BOREHOLE	psi_H [°]	phi_H [°]	alpha [°]	FRAC.#	psi [°]	phi [°]
HF1	S2	0.0 ± 1.0	90.0 ± 1.0	195.5 ± 1.0	1	7.1 ± 0.0	79.0 ± 0.2
HF2	S2	0.0 ± 1.0	90.0 ± 1.0	206.8 ± 1.0	1	335.3 ± 4.2	76.6 ± 0.6
HF3	S2	0.0 ± 1.0	90.0 ± 1.0	161.5 ± 1.0	1	59.1 ± 0.5	72.5 ± 0.2
HF3	S2	0.0 ± 1.0	90.0 ± 1.0	161.5 ± 1.0	2	34.5 ± 2.3	82.0 ± 0.6

psi_H, phi_H: borehole trend and plunge psi, phi: fracture dip dir. and dip in the packer reference system alpha: impression packer rotation

STATISTICS

Number of experimental observations:	6
Number of unknown stress components:	3
Number of combinations of fractures:	2

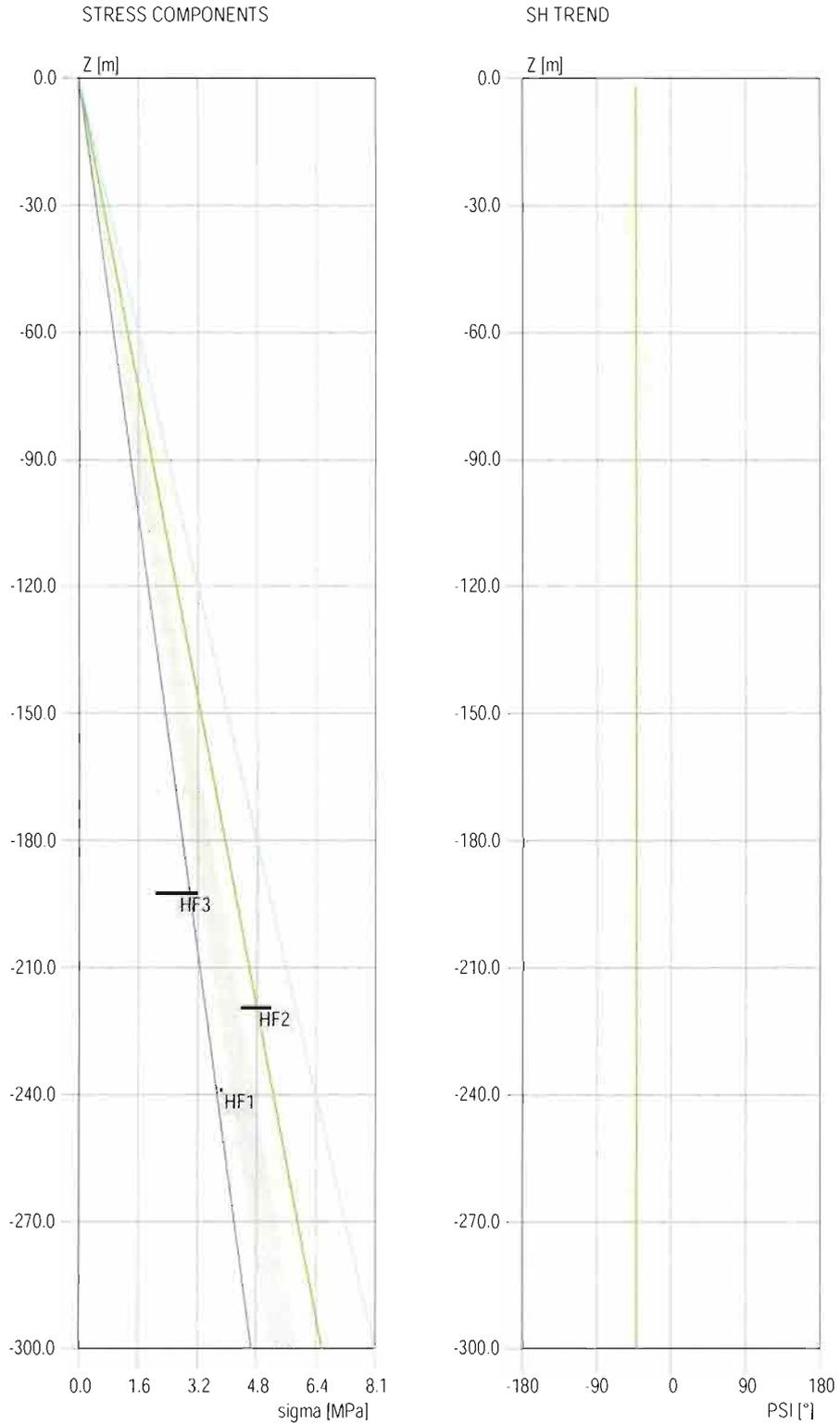
STRESS FIELD COMPONENTS

S0xx [MPa]:	0.00 ± 0.00	locked
S0yy [MPa]:	0.00 ± 0.00	locked
S0zz [MPa]:	0.00 ± 0.00	locked
S0xy [MPa]:	0.00 ± 0.00	locked
S0xz [MPa]:	0.00 ± 0.00	locked
S0yz [MPa]:	0.00 ± 0.00	locked
Axx [MPa/m]:	0.0193 ± 0.0010	free
Ayy [MPa/m]:	0.0187 ± 0.0083	free
Azz [MPa/m]:	0.0270 ± 0.0000	locked
Axy [MPa/m]:	-0.0032 ± 0.0007	free
Axz [MPa/m]:	0.0000 ± 0.0000	locked
Ayz [MPa/m]:	0.0000 ± 0.0000	locked

HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

STRESS FIELD PLOTS - 2

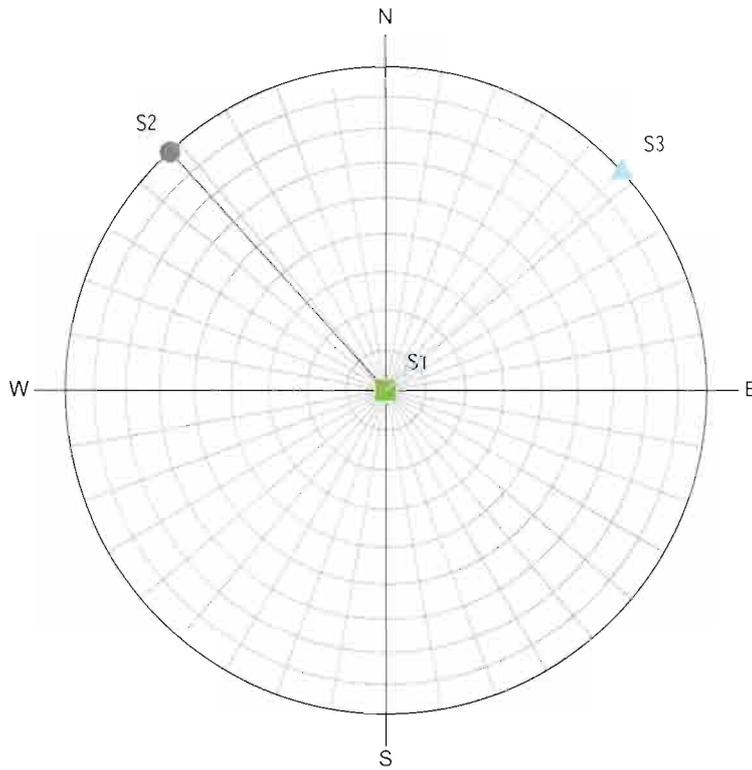


HF/HTPF/HJ ROCK STRESS MEASUREMENT REPORT

JOB: ITALFERR - GALLERIA SCALERES - SONDAGGIO S2 - PROVE HF 2012

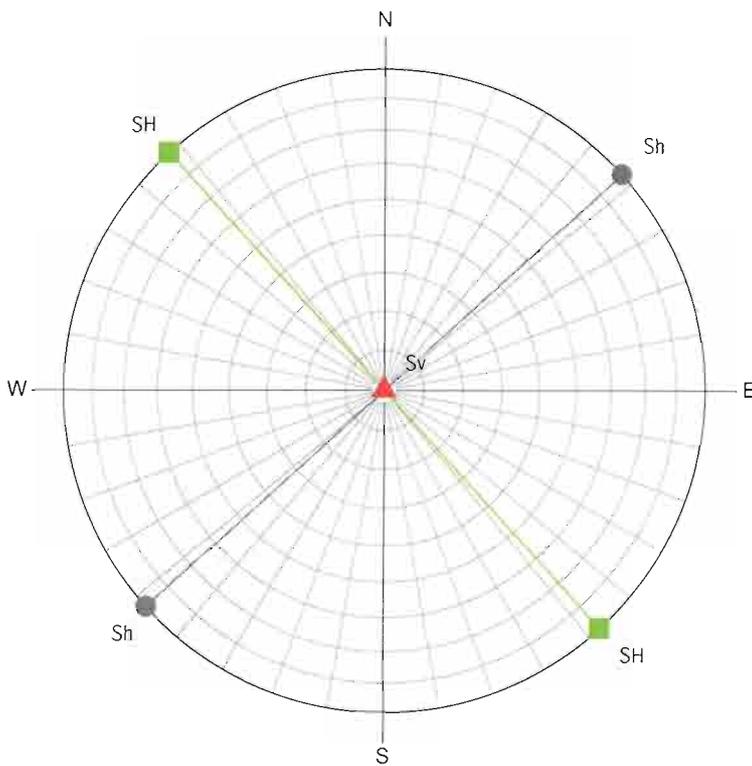
PRINCIPAL STRESS COMPONENTS
Schmidt Lower Emisphere

STRESS TENSOR AT Z = 250 m



	STRESS [MPa]	PSI [°]	PHI [°]
S1:	6.75 ± 0.00	0.0 ± 0.0	90.0 ± 0.0
S2:	5.55 ± 1.30	-42.4 ± 17.8	0.0 ± 0.0
S3:	3.94 ± 1.05	47.6 ± 17.8	0.0 ± 0.0

HORIZONTAL AND VERTICAL STRESS STATE
Schmidt Lower Emisphere



	STRESS [MPa]	PSI [°]	PHI [°]
SH:	5.55 ± 1.21	-42.4 ± 20.1	0.0 ± 0.0
Sh:	3.94 ± 1.07	47.6 ± 110.1	0.0 ± 0.0
Sv:	6.75 ± 0.00	0.0 ± 0.0	90.0 ± 0.0