

1002 GIAC

GIAC
1002
1956

LE PROVE DI STRATO

I DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI POSSONO RIVELARE PIU' DI QUANTO L'OCCHIO NON VEDA. UNA GIUSTA INTERPRETAZIONE RIVELA NON SOLO I DATI INTERESSANTI IL GIACIMENTO, MA ANCHE IL SUCCESSO O IL FALLIMENTO DELLA PROVA

Articolo di C.C. Olson (Halliburton)

- Traduzione del Dr. Franco Eva -

Come vanno le prove di strato? Come si sa se i risultati sono validi? La crescente importanza delle prove di strato rende necessario sapere cosa succede durante queste operazioni.

L'applicazione di registratori delle pressioni, del tipo Bourdon, al packer ci fanno ottenere un quadro accurato delle pressioni durante le prove. Sapendo cosa esprimono questi diagrammi, l'operatore può meglio valutare l'esito delle prove e migliorare le operazioni successive.

Si deve tener presente che vanno tenuti in seria considerazione tutti i fattori che interessano l'operazione da eseguirsi in modo da ottenere i migliori risultati possibili.

Fra questi i più importanti sono:

- Eliminazione di eventuali restringimenti nel pozzo.
- Rimozione di tutti i detriti rimasti in pozzo.
- Giusto condizionamento del fango di perforazione per le prove di strato.
- Attenta scelta della scarpa del packer.

- Precise istruzioni all'operatore in modo che egli possa preparare il materiale secondo le esigenze ed operare in modo da ottenere i migliori risultati.

I diagrammi qui riportati sono stati registrati da un apparecchio registratore che è di misura maggiore, ma uguale allo strumento Amerada RPG-3.

I diagrammi vengono letti con un micrometro il cui errore è di $\pm 1/1000$ di pollice. Le letture dalle deviazioni vengono poi convertite in misure di pressioni per mezzo di curve di calibrage che vengono disegnate su carta millimetrata di 10 x 10, dove la scala verticale ha un valore di 0,100 pollice per pollice e la scala orizzontale è uguale a 100 psi per pollice.

Con questa tecnica si ottengono letture della massima accuratezza. I diagrammi qui riportati sono autentici, originali registrazioni prese da prove di strato; fanno eccezione i simboli usati per segnare i punti di discussione.

La precisione del registratore viene mantenuta da calibrature eseguite ogni 60 giorni usando un manometro a peso morto con un errore massimo dallo 0,1-1% basato su un fattore $G = 980,076$ centimetri per secondo quadrato ad una temperatura di $68^\circ \pm 10^\circ$ F.

Gli strumenti sono calibrati in precedenza a tre temperature diverse in un bagno d'olio con controllo

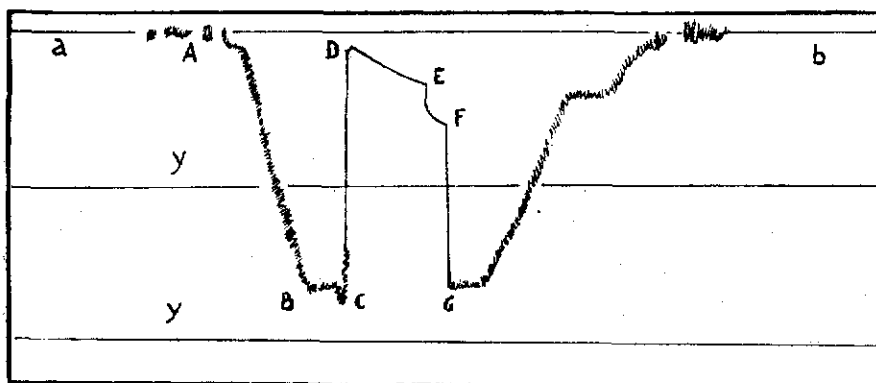


Fig. 1

della temperatura di $\pm 2^{\circ} F$.

La figura 1 serve a discutere e chiarire tutte le altre registrazioni. La linea retta nella parte alta della carta che va da "a" a "b" è la linea base registrata sulla carta soltanto a pressione atmosferica. La linea viene tracciata lasciando scorrere la carta verso il basso, nel suo normale piano di lavoro e con l'apparecchio in posizione verticale, eliminando così qualsiasi errore di frizione statica.

La scala del tempo su questo tipo di carta va da sinistra a destra orizzontalmente ed è relativa alla velocità delle orologie che si usa e che può avere una carica di 12, 24, 48, 72 ore.

Quando si applica una pressione, il pennino si muove dalla linea base in un piano verticale verso il basso.

L'inclinazione di tutte le linee registrate rappresenta la pressione in funzione del tempo, per es. da "A" a "B". Questa rappresenta l'aumento di peso della colonna di fango di perforazione in funzione del tempo che si impiega a calare il packer in pozzo. La linea da "B" a "C" rappresenta la pressione registrata mentre il packer staziona in pozzo alla profondità desiderata in attesa di fissarlo a questa lettura è nota sotto il nome di "peso idrostatico iniziale del fango". Questo periodo di attesa va sempre effettuato in modo da avere alla fine una netta registrazione del peso idrostatico del fango di perforazione.

Il packer ora è fissato ed aperto. La linea da "C" a "D" rappresenta la registrazione alla apertura del packer e indica una pressione decrescente da quella idrostatica fino al punto dove la pressione di strato, se c'è, ne assume il controllo. Questo punto va sotto

il nome di "pressione iniziale di afflusso". Al punto "E" il packer viene chiuso e corrisponde alla "pressione finale di flusso". La linea che va da "E" a "F" rappresenta la risalita della pressione dello strato in prova e pressione a pozzo chiuso. La linea da "F" a "G" rappresenta l'aumento di pressione che si ottiene aprendo il bypass e permettendo che il peso idrostatico del fango venga ancora applicato dallo strato e si equilibri attraverso il packer. La lettura del punto "G" è nota come peso finale idrostatico del fango. La linea da "G" a "H" rappresenta la registrazione della pressione decrescente in funzione del tempo impiegato a ritirare il packer dal pozzo. Al punto "H" la pressione è ritornata a zero.

Ciascuna linea orizzontale marcata da "T" ha un valore di 1000 psi cumulativi della linea base di pressione zero. Queste vengono riportate sulla carta con lo strumento di lettura.

Su questa carta sono state fatte cinque letture e queste letture sono state fatte corrette per la temperatura del pozzo dove si è fatta la prova. Questa correzione è stata applicata anche alle linee orizzontali di 1000 psi.

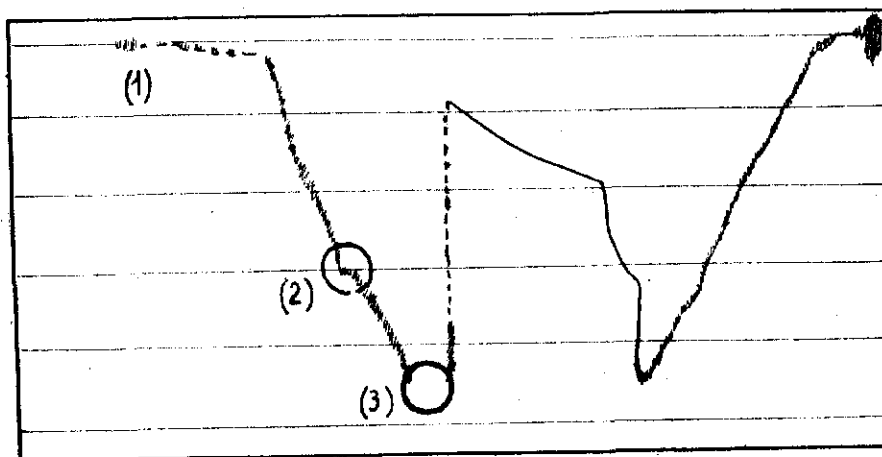


Fig-2

Nella figura 2 sono stati circoscritti tre punti e in base a questi tre punti si può stabilire che in questa prova la batteria aveva delle perdite. La registrazione inclusa nel cerchio (1) indica che la batteria fu discesa di poco nel pozzo e che vi furono quattro brevi soste prima che tutto fosse pronto per procedere con continuità. Durante queste soste si può notare che le linee orizzontali sono parallele alla linea base e ciò significa che non vi erano perdite di fango di perforazione.

Le soste indicate invece dai cerchi (2) e (3) mostrano una chiara diminuzione di pressione; ciò indica una perdita nel peso idrostatico del fango. Poichè questo non risulta nel punto (1), si deve controllare se vi è un recupero anormale di fango; in questa prova il recupero di acqua salata fu di 2950 piedi e quello di fango fu di 500 piedi. Questo recupero di fango e quanto detto prima stabiliscono che vi era una perdita nella batteria. Se il recupero di fango fosse stato normale (da 10 a 50 piedi), ciò avrebbe significato che, durante la discesa del packer, si era avuta la rottura di qualche strato e di conseguenza il pozzo beveva.

Il peso idrostatico iniziale del fango può essere grosso modo controllato con il calcolo matematico che segue: moltiplicare la profondità del packer in piedi per il peso del fango in libbre per gallone e poi per il fattore 0,052 ed il risultato sarà il peso del fango in libbre per pollice quadrato (psi).

La lettura del flusso iniziale è in relazione ad un numero di fattori, dei quali uno solo è ben definito; nel caso cioè venga usato un cuscinetto di acqua, la lettura del flusso iniziale non può essere inferiore

al peso dell'acqua immessa. Differentemente, la pressione decrescente può fermarsi in qualunque punto al di sotto della pressione statica di strato alla quale lo strato stesso comincia a produrre. Non vi è alcun mezzo per stabilire questo punto matematicamente.

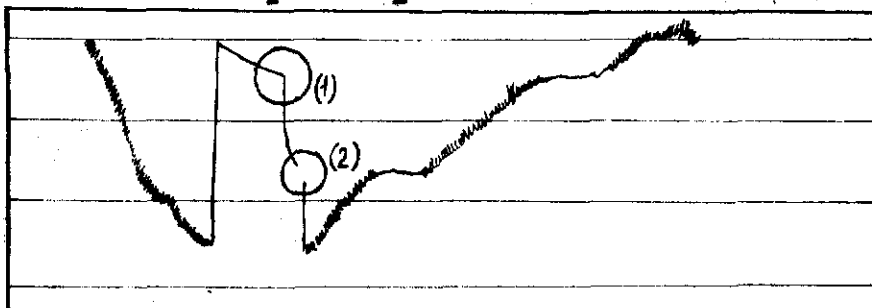


Fig. 3

La figura 3 illustra la lettura finale del flusso indicata nel cerchio (1); in questo punto il packer è stato chiuso. Questo punto può essere controllato con il calcolo matematico del carico in psi del peso del fluido recuperato, se e quando il pozzo non eroga. Se il pozzo eroga e non è strozzato da una duse di fondo pozzo di diametro più piccolo di quella di superficie, questo punto può essere controllato con buona approssimazione anche col calcolo del gradiente peso della colonna di flusso più la contropressione alla superficie creata dalla duse di testa. Nel caso che lo strato abbia un indice di produttività molto alto ed i registratori si trovino al di sotto della duse di fondo pozzo, il recupero più la contropressione di superficie non sempre corrisponderà alla pressione del flusso registrato al fondo, poichè la contropressione addizionale è mantenuta da questa duse ridotta al fondo.

Il punto (2) rappresenta la registrazione della pressione di risalita a pozzo chiuso. Questo si ha dopo aver chiuso le valvole del packer e prima di aprire il by-pass.

Prima che la lettura di una pressione di risalita venga accettata come attendibile, si deve fare un attento studio di tutta la prova. E' necessario che il pozzo eroghi per un certo tempo (olio, gas, acqua) prima di ottenere una vera pressione a pozzo chiuso. Nella prova rappresentata dalla figura 3, il recupero fu di 1185 piedi di olio e la velocità di riempimento, mentre il packer era aperto, indicava un buon indice di produttività. La caratteristica della curva di risalita della pressione verso la fine dell'intervallo di tempo, la rende accettabile come accurata.

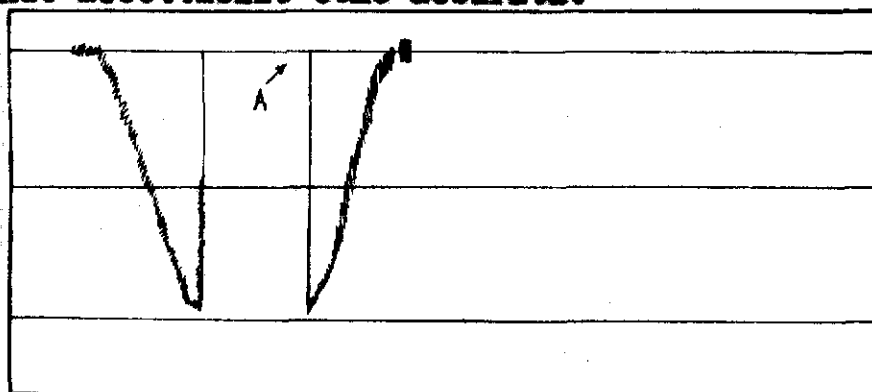


Fig. 4

La figura 4 mostra una prova che ha avuto un recupero totale di 3 piedi di fango, niente olio, acqua o gas. Questo grafico mostra chiaramente al punto "A" che alla chiusura del packer non si ebbe alcuna risalita di pressione in quanto lo strato era sterile.

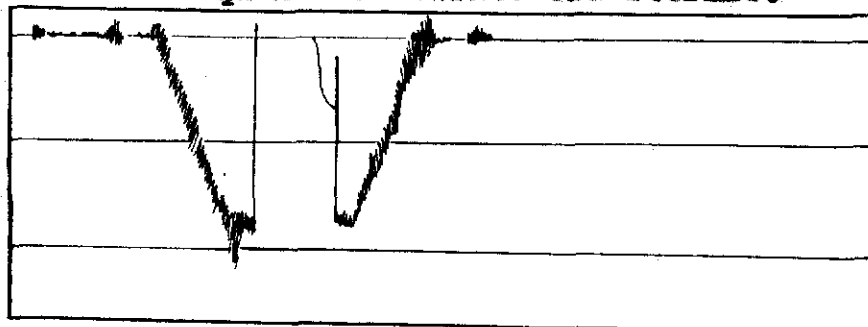


Fig. 5

La figura 5 rappresenta una prova dove non si ebbe

alcun recupero, pur registrando una certa pressione di risalita. Questa è una curva tipo "S", cioè una curva che parte adagio, poi aumenta la sua velocità per rallentare di nuovo sul finire. Questo tipo di curva è una chiara dimostrazione di porosità verticale, la presenza cioè di fessure o fratture nello strato, le quali permettono una infiltrazione attraverso lo strato attorno al packer. Anche se questo permette il passaggio di una piccola quantità di fluidi da sopra il packer alla zona sottostante, ciò è sufficiente a creare una falsa pressione di risalita.

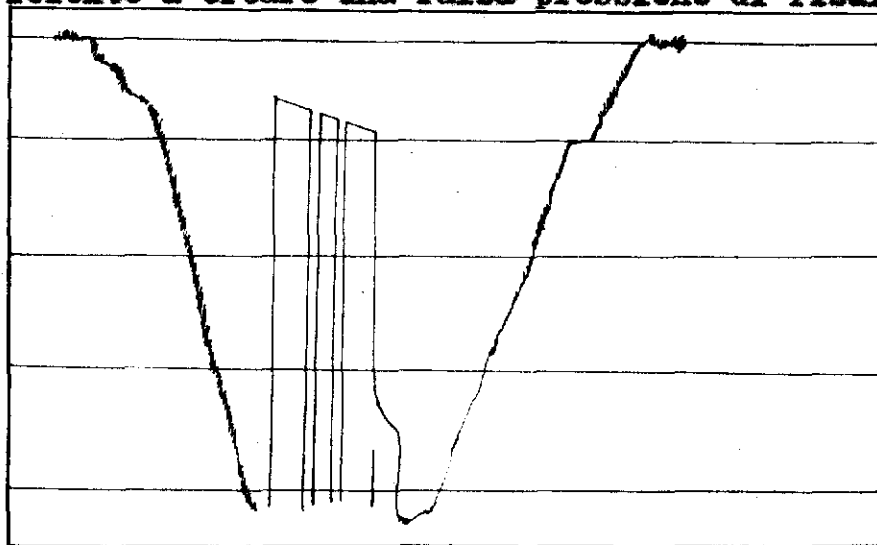


Fig. 6

Nella prova rappresentata dalla figura 6, è stato usato un cuscinetto d'acqua, come risulta dalle due soste durante la discesa in pozzo. Queste soste equivalgono al peso idrostatico del fango di perforazione in quei punti e non al peso dell'acqua usata come cuscinetto. Quando il packer è stato aperto, il flusso iniziale non poteva essere inferiore al peso dell'acqua posta nella batteria, perciò, lo strato manifesta quella quantità di contro-pressione. Il cuscinetto d'acqua viene usato principalmente per due ragioni.

- 1) - Quando ci si aspetta alta pressione con alta produttività; il cuscinetto d'acqua rallenterà la veloci-

tà iniziale del flusso in relazione alla quantità di acqua usata.

- 2) - Il cuscinetto d'acqua viene usato anche per prevenire lo schiacciamento della batteria in pozzi molto profondi o quando il peso del fango è molto elevato.

In alcune prove fu usato un carico d'acqua troppo elevato per cui, all'atto dell'apertura del packer, il cuscinetto d'acqua fu bevuto dallo strato fino alla pressione statica della zona, più poche libbre create dalla perdita di carico nel passaggio dell'acqua dal tubing allo strato. Per il rimanente tempo della prova la pressione rimase stabile. Non si ottenne alcuna erogazione dallo strato, in quanto il carico creato dall'acqua bilanciava la pressione dello strato.

Un ulteriore studio di questa carta rivela che, sebbene del fango sia entrato in colonna durante la prova, le valvole del packer erano chiuse e il by-pass fu aperto per lavare il tester col dubbio che i fori del peduncolo potessero essere parzialmente ostruiti. Invece non era così, perchè l'entrata del fluido fu regolare dopo ciascuna apertura del packer.

Le carte ottenute in prove dove il pozzo è attivo, non hanno un modello fisso e stabilito. Sono stati scelti all'uopo due esempi, dove la produzione consiste di olio e gas, e altri due, dove si ha produzione di gas e gasolina.

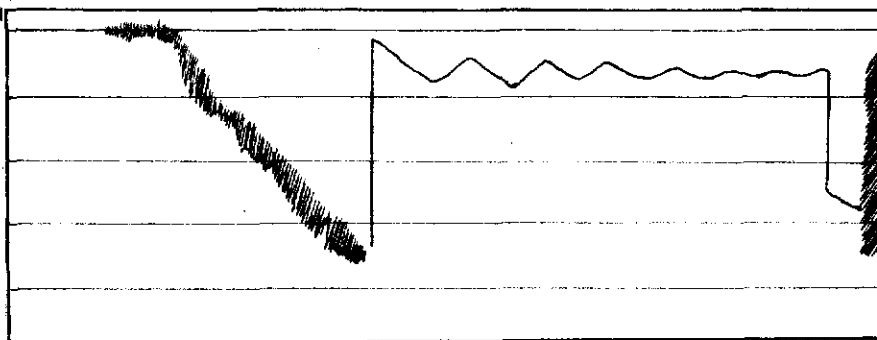


Fig. 7

La prima carta (figura 7) illustra un pozzo che eroga colonne di olio con separazione di gas o cuscinetti di gas fra le colonne di olio. Quando il packer fu aperto, lo strato cominciò ad erogare fluido e la colonna aumentò finchè raggiunse la superficie dove cominciò a scaricare, dando luogo così ad una diminuzione del peso della colonna. Il gas venne meno e la pressione indicata mostra che una nuova colonna sta salendo lungo il tubing. Nota- re come la differenza di pressione continui a diminuire. Se la prova fosse continuata per un periodo più lungo, il pozzo avrebbe potuto erogare ad una velocità continua pari alla produttività della zona, dato che la pressione a pozzo chiuso indica una pressione di strato sufficiente a mantenere un'erogazione continua.

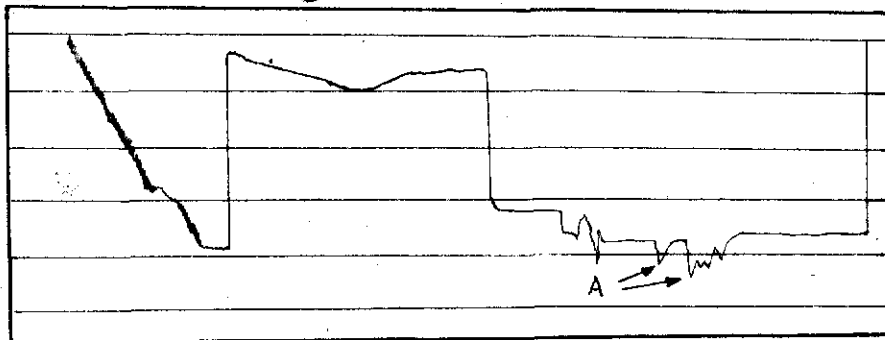


Fig. 8

La figura 8 potrebbe essere usata per calcolare l'indice di produttività della zona saggiata. Dopo che il fluido iniziale fu scaricato, si ha una velocità continua del flusso. In più, il pozzo fu collegato con un serbatoio con una velocità di scarico di 17 barili all'ora. Fu ottenuta un'attendibile pressione a pozzo chiuso che aveva quasi raggiunto una condizione statica a 3229 psi.

La pressione finale a pozzo aperto era di 665 psi. Questo equivale a una caduta di pressione di 2564 psi. Perciò, se noi moltiplichiamo 17 barili per 24 ore, avremo una produzione giornaliera di 408 barili di olio. Di-

videndo i 408 barili per 2564 psi, l'indice di produttività sarà uguale a una caduta di pressione di 0,198 barili per libbra. Si può anche notare che dopo aver svincolato il packer, il rimanente olio nella batteria era stato espulso (vedi punto "A") come misura precauzionale per prevenire pericoli di incendio e questo permette anche ai perforatori di ritirare la batteria accinta.

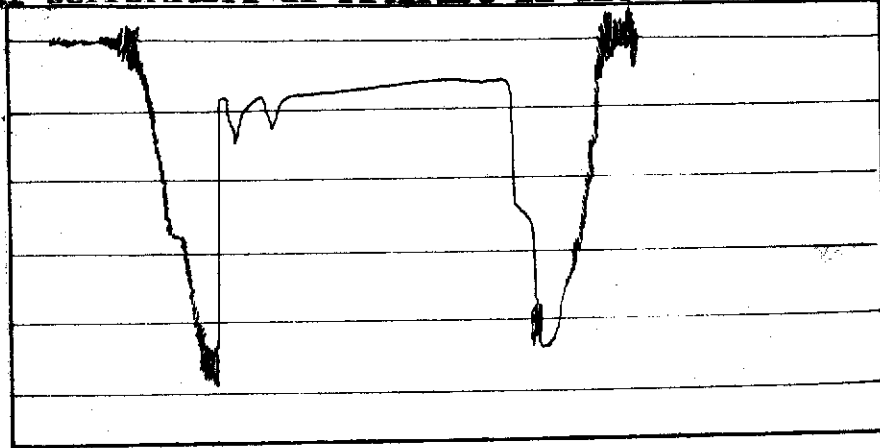


Fig. 9

Sulla figura 9, il packer fu aperto con la croce di eruzione chiusa e senza cuscinetto d'acqua. La rapida risalita indicata fu fermata quando furono terminati i collegamenti di superficie e aperta la valvola della croce di testa; poi fu fatta un'altra chiusura alla testa. Il pozzo fu poi aperto all'aria con un'erogazione di 2 milioni di piedi cubi al giorno. La spessa linea di flusso è causata da piccoli cuscinetti di gasolina. La pressione di flusso decresce continuamente durante la prova e questo indica una bassa velocità giornaliera di produzione, nonostante l'alta pressione a pozzo chiuso. Ciò significa bassa porosità e permeabilità e probabilmente una breve vita commerciale.

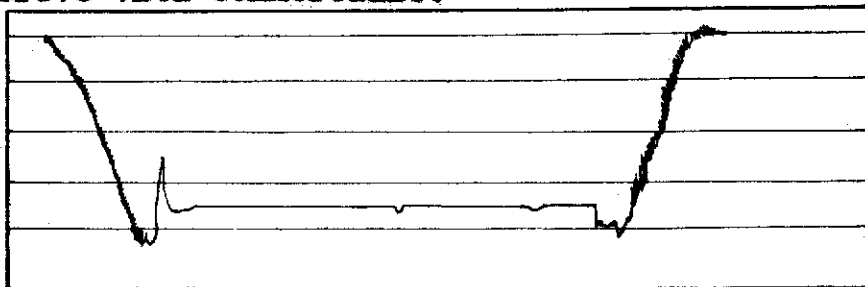


Fig. 10

La figura 10 è la situazione contraria a quella della figura 9. Il packer fu aperto con un cuscinetto d'acqua di 1000 piedi, il quale fu scaricato in pochi minuti, mostrando solo una leggera diminuzione di pressione. È interessante osservare i due periodi in cui fu chiusa la valvola di testa: una a circa metà del periodo di afflusso, l'altra poco prima della fine. Notare l'aumento della pressione alla fine del periodo di prova (a pozzo chiuso) e che tutti questi tre punti sono a pressioni uguali.

La pressione di superficie era di 3000 psi, la pressione di fondo con una duse da 3,25 era di 3610 psi. Perciò, siamo in presenza di un pozzo ad alto indice di produttività con una caduta della pressione di fondo di sole 125 psi con una duse da 3,25.

In alcuni casi, si è fatta la prova, si è acidificato e dopo aver pistonato l'acido si è rifatto la prova di packer.

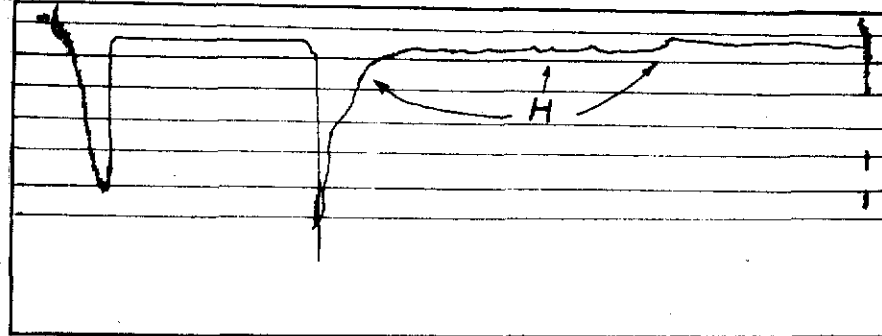


Fig. 11

La figura 11 fu eseguita su uno di questi casi. Il packer fu aperto e durante la prova non si ebbe alcuna estrazione di fluidi o soffio in superficie. Allora, si ricorse all'acido. La pressione applicata fu di circa 7000 psi. Indi l'acido fu scaricato fuori; ciascuno scarico è chiaramente indicato dai punti "A". Con un'attenta osservazione, si può notare verso la fine della

carta, dopo che tutto l'acido fu scaricato, una leggera entrata di fluido indicata da un leggero aumento di pressione in funzione del tempo. In questo caso non si è avuto alcun miglioramento della produttività.

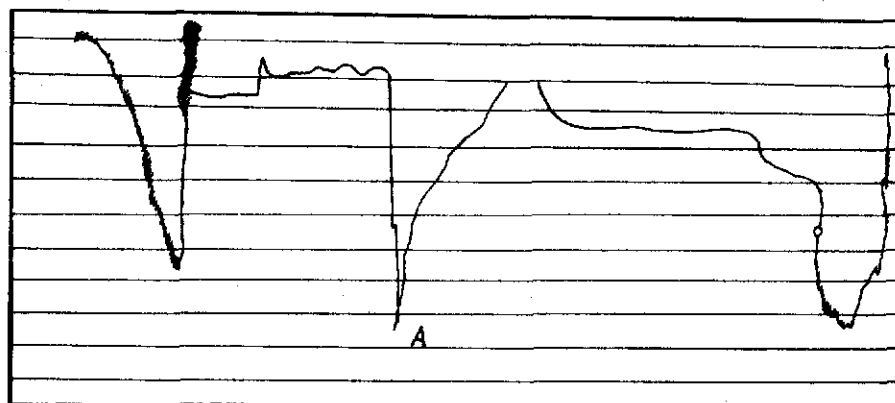


Fig. 12

Fig. 12

La figura 12 ci mostra il caso inverso. Fu usato un cuscinetto d'acqua di 3000 piedi. Lo strato si mosse lentamente con apparizione di gas alla superficie due ore dopo l'apertura del packer. Il pozzo fu allora acidificato con una pressione di rottura di circa 9000 psi, indicata nel punto "A". Durante il pistonaggio dell'acido, il pozzo ha cominciato ad erogare gas e gasolina fino a raggiungere una pressione stabilizzata in superficie di 2298 psi.

L'aumento del flusso di gas e gasolina più aumento della pressione di fondo e una attendibile pressione a pozzo chiuso di 3682 psi, possono giustificare il tempo e il denaro speso in questa operazione.

Non tutte le prove di tester riescono, e la figura 13 ci mostra due fra i più comuni insuccessi.

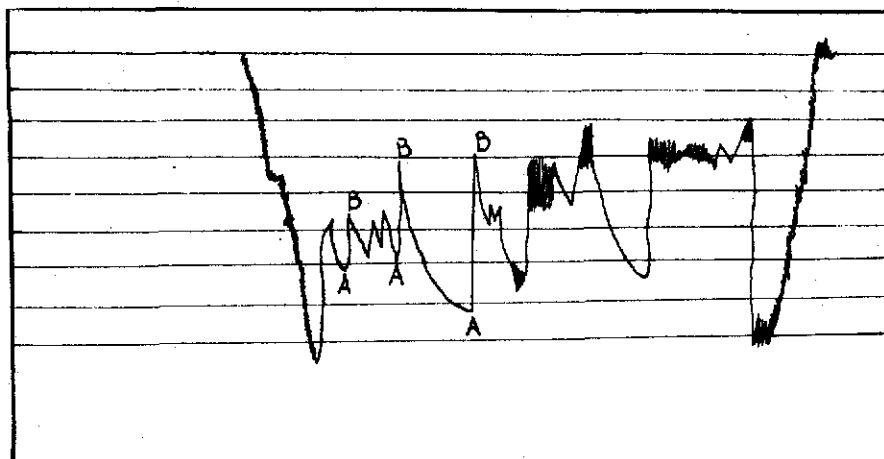


Fig. 13

Essa infatti rappresenta un buon esempio di intasamento della duse di fondo dovuto a materiale intasante contro le perdite di circolazione.

Tutti i punti "A" indicano una risalita di pressione causata dall'intasamento della duse, mentre tutti i punti "B" indicano una diminuzione di pressione causata dallo stasamento della duse.

Il valore di questa prova è nullo ed il recupero ottenuto fu insufficiente a trarre delle conclusioni.

Per valutare una prova di packer si possono usare anche due carte.

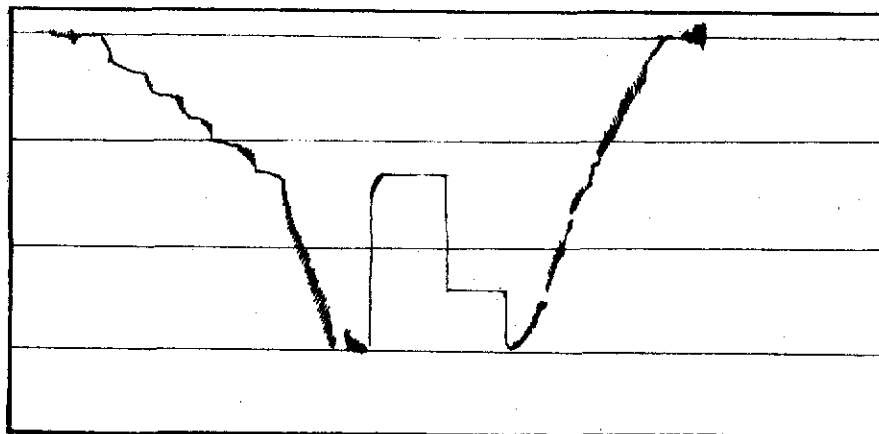


Fig. 14 a

Fig. 14 a

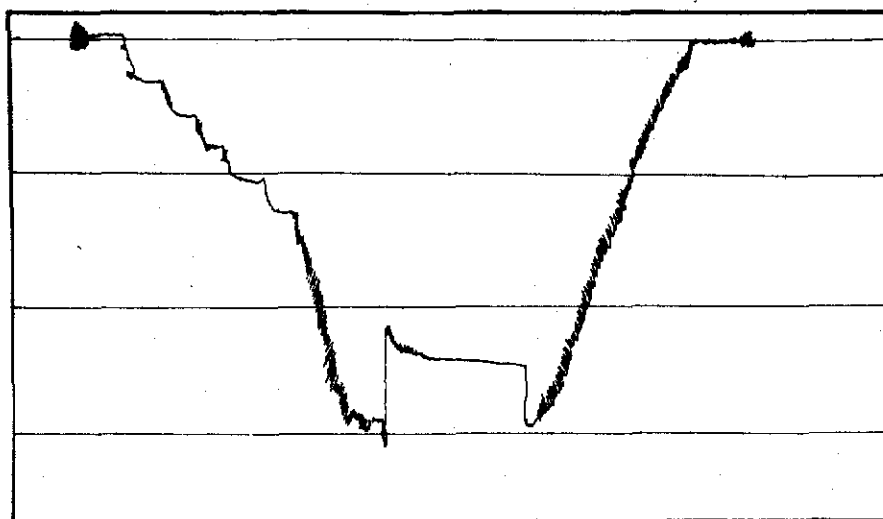


Fig. 14 b

Queste sono mostrate nelle figure 14a e 14b, una proveniente da un registratore di testa posto sopra il packer e l'altra proveniente da un registratore di fondo posto sotto il packer. Appena aperto il packer, i fori del peduncolo si sono tappati, precludendo così l'entrata dei fluidi in colonna. Il registratore superiore riporta soltanto il peso del cuscinetto d'acqua più la piccola quantità di fango risuperato per l'espansione del fango sotto il packer, quando la pressione idrostatica fu scaricata.

Questo valore non mostra alcun aumento per tutta la prova ed è disturbato solo quando la pressione riesce a farsi strada momentaneamente, come indicano le code sulla linea di flusso.

Confrontando questa carta con l'altra, si può notare che nella seconda vi è una buona risalita di pres

sione, interrotta solo dalle "code" sulla linea di flusso. Quando questa pressione ha raggiunto la pressione statica di strato, è rimasta ferma per tutta la durata della prova. Il valore di questa prova è limitato alla sola registrazione della pressione a pozzo chiuso.

Come si è visto dalle poche carte esaminate, è necessario per la interpretazione delle prove di strato:

- 1) - Avere una buona conoscenza delle apparecchiature e degli accessori usati;
- 2) - Avere estrema cura nel preparare il pozzo prima della prova;
- 3) - Usare gli strumenti migliori sia per l'accuratezza che per la sensibilità;
- 4) - Riprodurre le carte fedelmente facendo una esatta copia dell'originale senza falsificazioni o ritocchi;
- 5) - Eseguire un attento studio delle carte, dei recuperi e di tutti i dati di cui si è in possesso al lo scopo di avere un esato valore delle prove di strato.

6/10/56