

Denne rapport

tilhører 99.995.274-19

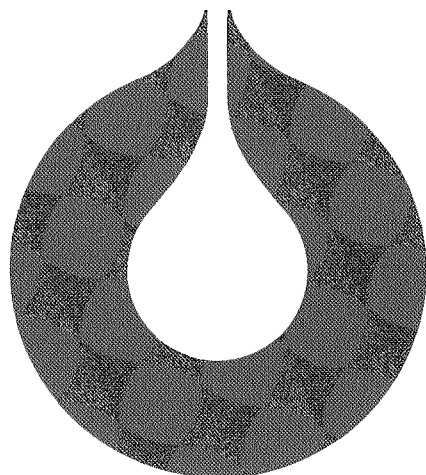


L&U DOK.SENTER

L.NR. 30283060012

KODE Well 34/10-15 nr25

Returneres etter bruk



statoil



statoil
Den norske stats
oljeselskap a.s

Gradering

Oppdragsgiver

PL 050

Undertittel

Tittel

Petrofysisk evaluering
34/10-15

Reservoaravdelingen
Petrofysikkgruppen

Erik Åbø

Utarbeidet

Jan. 83

Godkjent

11/2-83

INNHOOLD

| | Side |
|---|------|
| Generelle brønndata..... | 1 |
| Innledning | 2 |
| Sammendrag | 2 |
| Lithologi | 3 |
| Logg kvalitet | 3 |
| Input parametre | 4 |
| Beregninger | 5 |
| Resultater | 8 |
| Konklusjon | 9 |
| Petrofysiske parametre | 10 |
| Leirmineral tolkning fra NGT | 11 |
| Leirmineral tolkning fra beregninger av eff. por. ... | 11 |
| Kjerneprøve sammendrag | 12 |
| Referanser | 12 |
| Nomenklatur | 14 |
| Vedlegg | |

GENERELLE BRØNNDATA

| | |
|------------------|-------------------------------|
| Lisens: | PL 050 |
| Operatør: | Statoil |
| Partnere: | Norsk Hydro, Saga Petroleum |
| Wildcat brønn: | 34/10-15 |
| Posisjon: | 51°10'30.6"N 02°14'44.57"E |
| Rigg: | Neptuno Nordraug |
| Borestart: | 16/10-82 |
| Rigg forflyttet: | 13/12-82 |
| KB-høyde: | 25 m |
| Vann dyp: | 163.5 m |
| Total dybde: | 2400 m RKB |
| Mål: | Jurassisk sandstein |
| Status: | Plugget og forlatt. |

INNLEDNING

34/10-15 er en "wildcat"-brønn der hensikten har vært å teste om det finnes hydrokarboner i jurassisk sandstein i en forkastningsblokk i den syd-østlige del av Gullfaks-feltet. Brønnen ble boret inn i Trias til et totalt dyp på 2400 m RKB.

Denne rapport vil evaluere de petrofysiske data fra Cook-formasjonen basert på elektriske og radioaktive logger.

SAMMENDRAG

Hele Brent sekvensen er erodert i 34/10-15.

Cook-formasjonen (1870-2033) inneholder 40 m net sand med residuell olje, gjennomsnittlig vannmetning $S_{wt} = 78.6\%$. Gjennomsnittlig porøsitet er 20.9%.

Statfjord-formasjonen (2223-TD) viser ingen markert hydrokarbon-akkumulasjon på de elektriske loggene.

LITHOLOGI

Cook 1870-2033: Regressiv sekvens avsatt i grunt marint miljø bestående av sandsteiner (subarkoser til arkoser og feltspatiske gråvakkør), siltstein og skifer, kalksementerte streker, glimmer og spor av pyritt.

Enheter:

Cook 3 1870-1890: Strand og elvemunnings-avsetninger. Bimodal kornfordeling. Stormavsetninger med grovere kornfordeling vekslende med sandig silt og leirsteiner fra roligere perioder.

Cook 2 1890-1950 Kystavsetning med generell oppgrovning og grunnere vann mot toppen. Skiferlaminert svært fin sand. Bioturbert.

Cook 1 1950-2033: Ytre kystavsetning. Overgangssone med avsetning av grunt marine siltige leirer.

LOGG KVALITET

Loggene er generelt av god kvalitet, og det er ikke blitt gjort noen korreksjoner.

Følgende punkter påpekes:

Det er nyttet LDT i stedet for FDC i 34/10-15. Da det er rapportert forskjeller på opptil 0.04 g/cc mellom LDT og FDC, ble følgende kontroll utført:

LDT histogram for Cook 3 fra 34/10-15 ble sammenlignet med FDC histogram fra 34/10-7. Brønn 15 gir 0.06 g/cc høyere tettheter enn brønn 7, dvs. ca. 3.5 p.u. lavere. Samtidig ble CNL histogrammer for de samme brønner sammenlignet. Da man også her observerer ca. 3.5 p.u. lavere resultater i brønn 15, ble

resultatene fra LDT nyttet ukorrigert i de evalueringsprosedyrer som er etablert for Cook basert på FDC.

Pe kurven fra LDT er sterkt påvirket av baritt fra boreslam, og kan kun nyttes som invasjonindikator.

På denne brønn ble også NGT nyttet. I run nr. 1 (1750-1975 m RKB) får man på grunn av barittholdig boreslam negativ uranidentifikasjon på logg. Årsaken er at CSU'ens beregningsalgoritme ikke er i stand til å korrigere for barittens gamma absorpsjon. I run nr. 2 (1950-2300) er det nyttet 1.5" standoff, og her forsvinner de abnorme loggutslag. NGT'ens målinger er ikke nyttet ved de kvantitative beregninger i denne rapport.

INPUT PARAMETRE

Input parametre er blitt valgt på grunnlag av kryssplott, målte data og vurdering av logger.

Temperatur

En temperatur på 160°F er blitt brukt.

Resistivitet til formasjonsvannet

$R_w = 0.070$ ohmm ved reservoar-temperatur. Verdien er framkommet fra vanntest i brønn 34/10-3 som gir 43200 ppm NaCl, dvs.
 $C_o = 0.74$ meq/cc.

Egenskaper til boreslam

Type: GEL/LIGNO/SJØVANN
MED 22% vol. baritt.

Slamvekt: 15.2 p/g.

$R_{mf} = 0.09$ ohmm ved BHT.

Resistivitet

R_T er tatt fra ILD (ukorrigert)

R_{XO} er tatt fra SFL.

Skifer parametre

For V_{sh} beregninger:

$$RHOB_{SH} = 2.35$$

$$PHIN_{SH} = 0.42$$

$$GR_{min} = 40$$

$$GR_{max} = 80$$

$$R_{sh} = 1.1$$

For Waxman-Smits beregninger:

$$HI_{CL} \text{ (dry)} = 0.25$$

$$RHOB_{SH} \text{ (dry)} = 2.65$$

$$CEC = 0.22 \text{ meq/g}$$

Matriks parametre

$$RHOMA = 2.69$$

Denne verdi er framkommet ved gjennomsnittsberegninger fra kjernedata i Cook fra 34/10-).

BEREGNINGER

Skifervolum

Både V_{sh} og $V_{CL} \text{ (dry)}$ er beregnet.

V_{sh} er beregnet på grunnlag av GR og LDT/CNL kryss-plott.

$V_{CL} \text{ (dry)}$ er beregnet på følgende måte:

$$V_{CL} \text{ (dry)} = (\phi_N - \phi_D) / HI_{CL} \text{ (dry)}$$

$$HI_{CL} \text{ (dry)} = 0.25$$

$HI_{CL} \text{ (dry)} = 0.25$ er benyttet da vi i Cook har en blanding av kaolinitt, smektitt, illitt, glaukonitt og glimmer.

$V_{CL} \text{ (dry)}$ er benyttet ved Waxman-Smits beregninger av effektiv porøsitet og vannmetning.

V_{sh} er kun nyttet som cutoff-kriterie ved net sand beregning ($V_{sh} < 0.4$).

Porøsitet

Porøsitet beregnet fra tetthets-logg gir total porøsitet. Effektiv porøsitet er lik total porøsitet minus den del av bulk volum som inneholder vann bundet til leiren (clay-bound water).

$$\phi_e = \phi_t - \phi_{cbw} \quad (1)$$

Denne ligning kan utvikles til følgende (Juhasz 1979):

$$\phi_e = \phi_t - V_{CL} \text{ (dry)} \cdot \left[(0.084 \cdot C_o^{-\frac{1}{2}} + 0.22) CEC_{CL} \rho_{CL} \text{ (dry)} \right] \quad (2)$$

$C_o = 0.74 \text{ meq/cc}$ gir følgende:

$$\phi_e = \phi_t - 0.3177 \rho_{CL} \text{ (dry)} \cdot CEC_{CL} \cdot V_{CL} \text{ (dry)} \quad (3)$$

Fra logger har vi:

$$\phi_e = \phi_t - X \cdot V_{CL} \text{ (dry)} \quad (4)$$

Finner faktoren X på følgende måte:

ϕ_e skal være null i soner hvor man ikke har invasjon. På grunn av mudsirkulasjon før logging (utvasking) er kaliper ubrukbar som nøyaktig invasjonsindikator. Men på grunn av baritt-innhold i slam er LDT'ens P_e kurve en utmerket indikator. Finner ved

metodisk prøving og feiling at $X = 0.185$ gir tilnærmet null effektiv porøsitet i soner uten invasjon (dvs. fra 1971 m RKB og nedover i Cook 1).

$$\phi_e = \phi_t - 0.185 V_{CL} \text{ (dry)} \quad (5)$$

Får nå fra ligning (3) og (5):

$$\rho_{CL} \text{ (dry)} \text{ CEC}_{CL} = 0.5823 \quad (6)$$

$$\rho_{CL} = 2.65 \Rightarrow \text{CEC} = 0.22 \text{ meq/g}$$

Q_v er gitt på følgende form (Juhasz 1979)

$$Q_v = \frac{V_{CL} \text{ (dry)} \cdot \rho_{CL} \text{ (dry)} \cdot \text{CEC}_{CL}}{\phi_T} = \frac{0.5823 V_{CL} \text{ (dry)}}{\phi_T} \quad (7)$$

ϕ_T beregnes fra bulk tetthet (LDT) med $RHOMA = 2.69$.

ϕ_e beregnes etter ligning (5). Q_v beregnet ved ligning (7) nyttes i de videre metningsberegninger (Waxman-Smits).

Vannmetning

Vannmetning er beregnet fra Waxman-Smits ligning ved iterasjon:

$$S_{WT} = \left[\frac{R_t (1 + R_w B Q_v/S_w)}{F^* \cdot R_w} \right]^{-\frac{1}{n^*}}$$

$B = 13.5 \text{ meq/cc} \cdot \text{ohm} \cdot \text{m}$ ved BHT

$$F^* = \phi^{-2}$$

Ved fastsetting av F^* er det lagt vekt på målinger fra Brent i 34/10 som både tar hensyn til Waxman-Smits konsept og "overburden"-trykk.

Metning i invadert sone

$$S_{XOT} = \left[\frac{R_{XO} (1 + R_{mf} \cdot B \cdot Q_V / S_{XO})}{F_{XO}^* \cdot R_{mf}} \right]^{-\frac{1}{n^*}}$$

På grunn av høyere resistivitet i mud-filtrat enn i formasjonsvannet må formasjonsfaktoren korrigeres for dette for å få konsistente resultater:

$$\frac{F_{XO}^*}{F^*} = \frac{F \cdot (1 + R_{mf} \cdot B \cdot Q_V)}{F \cdot (1 + R_w \cdot B \cdot Q_V)} \approx 1.2$$

$$\text{dvs.: } F_{XO}^* = 1.2 \cdot F^*$$

Resultater

Beregning av S_w og S_{XO} gir $S_w \approx S_{XO}$. Dette betyr at hele den observerte hydrokarbon-metning består av residuell olje. (Uten ovennevnte korreksjon av formasjonsfaktoren i den invaderte sone ville logg-målingene resultert i $S_{XO} < S_w$, dvs. inkonsistente resultater).

På bakgrunn av dette er "cut-off"-kriteriene satt som følger ved beregning av net sand/net pay.

$$\begin{aligned}V_{sh} &> 40\% \\ \text{Phieff} &< 12\% \\ S_{WT} &> 65\%\end{aligned}$$

NB: Ved vurdering av resultatene bør man være oppmerksom på forskjellen mellom total porøsitet og effektiv porøsitet. Total porøsitet er beregnet fra RHOB direkte, mens effektiv porøsitet er korrigert for leire etter Waxman-Smits konsept. Metningsresultatene er oppgitt som fraksjon av den totale porøsitet. Vannmetning som andel av effektiv porøsitet er gitt ved:

$$S_{we} = 1 - (1 - S_{wt})\phi_t/\phi_e$$

Konklusjon

Loggevaluering av brønn 34/10-15 viser ingen "net pay" i Cook.

PETROFYSISKE PARAMETRE

| Intervall m RKB | Net sand m | Avg. porosity Phieff % | Avg. water S _{wt} % | Net/gross ratio |
|----------------------------|---------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Cook 3 1870 - 1890 | 16.0 | 26.0 | 87.9 | 0.80 |
| Cook 2 1890 - 1950 | 22.5 | 17.7 | 73.0 | 0.38 |
| Cook 1*) 1950 - 1971 | 1.5 | 15.3 | 63.4 | 0.07 |
| Cook totalt 1870 - 1933 | 40 | 20.9 | 78.6 | - |

"Cut-off" kriterier: V_{sh} >40%

Phieff >12%

S_{wt} >65%

*) Kun øverste del av Cook 1 (1950 - 1971) er tatt med i beregningene da nederste del (1971 - 2033) har null effektiv porøsitet.

LEIRMINERALTOLKNING FRA NGT

I brønn 34/10-15 ble det nyttet NGT (Natural Gamma Ray Spectroscopy Tool). I den øverste del av Cook er loggen påvirket av baritt slik at kurven for uran er ubrukbar. Dette påvirker til en viss grad også thorium kurven, men det ser ut til at denne gir representative gjennomsnittsverdier. I nedre del av Cook er det nyttet standoff på NGT og her er målingene tilfredsstillende.

Beregner vi gjennomsnittsverdier for de forskjellige enheter, får vi følgende:

| Enhet | K(%) | Th(ppm) | Th/k |
|-------------------|------|---------|------|
| Cook 3 | 2.1 | 3.9 | 1.9 |
| Cook 2 | 2.1 | 5.7 | 2.7 |
| Cook 1 | 2.3 | 8.3 | 3.6 |
| Burton (øvre del) | 2.5 | 10.4 | 4.2 |

Man observerer en tilnærmet konstant kalium konsentrasjon, samtidig som thorium øker med økende leireinnhold.

Plottes resultatene inn på Schlumberger's chart for "Classification of radioactive minerals as a function of the T_h and K values" kommer punktene opp mot området for "mixed layer clays".

Kaolinitt og smektitt med høyt thorium innhold vil trekke punktene oppover, mens illitt, glaukonitt, glimmer og feltspat med lavt thorium innhold vil trekke punktene nedover.

Resultatene kan tolkes som man får mindre bidrag fra feldspat og glimmer når man går nedover i formasjonen, samtidig som bidraget fra kaolinitt og smektitt øker.

LEIRMINERAL-TOLKNING FRA BEREGNINGER AV EFFEKTIV PORØSITET

Fra effektiv porøsitet-beregningene får man en CEC = 0.22 meq/cc.

Man har følgende tabulerte verdier:

Kaolinitt= 0.02 - 0.08 meq/g

Illitt = 0.2 - 0.3 meq/g

Smektitt = 0.9 - 1.6 meq/g

En CEC = 0.22 meq/g tyder på kaolinitt med bidrag både fra illitt og smektitt.

KJERNEPRØVE SAMMENDRAG

I alt ti kjerner ble boret i 34/10-15, fem av disse var i Cook.

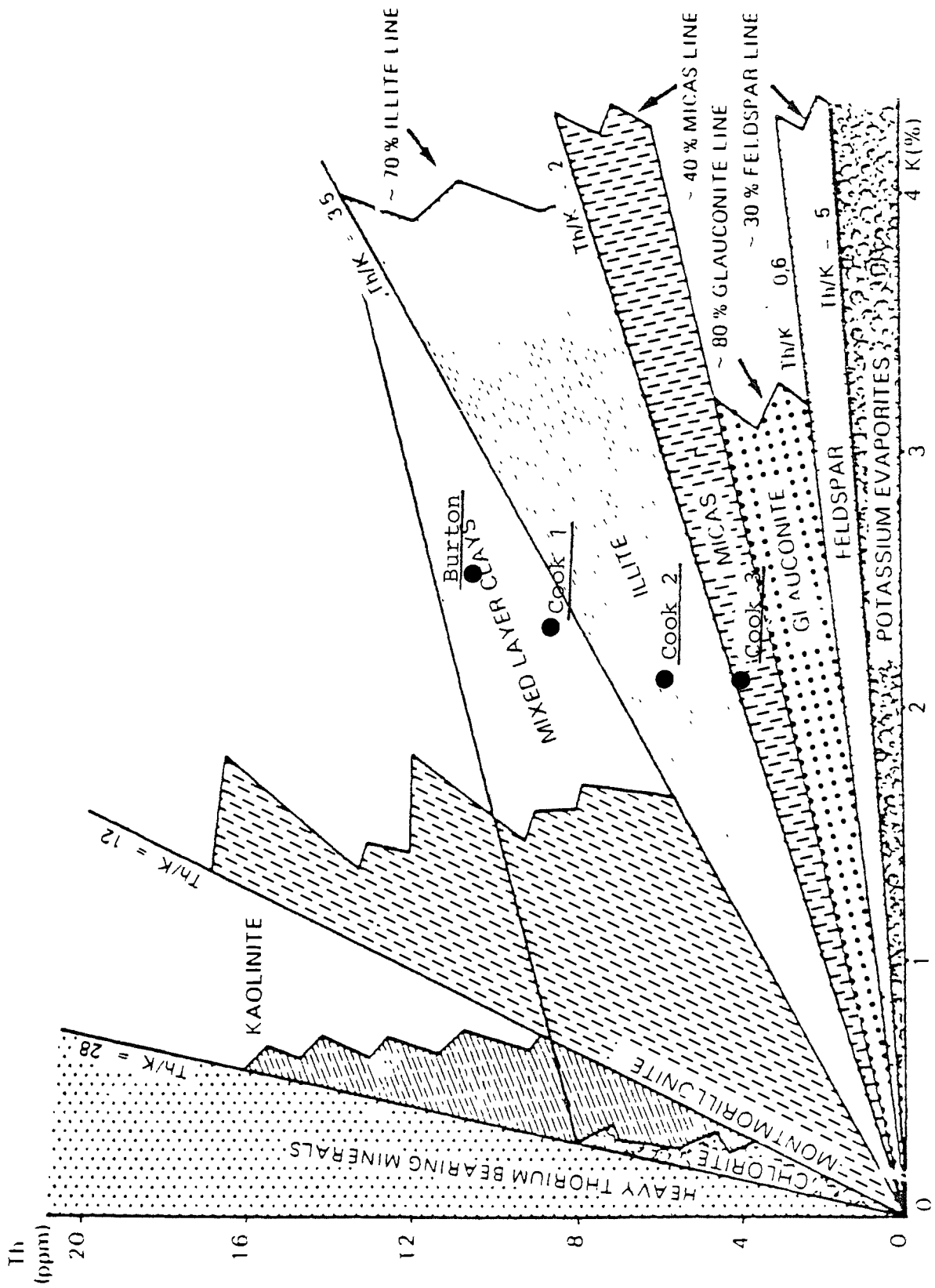
| Kjernenr. | Intervall | Rec. |
|-----------|----------------|-------|
| 1 | 1870-1879 | 50% |
| 2 | 1888-1897 | 75% |
| 3 | 1900-1905.7 | 34% |
| 4 | 1917-1928.3 | 63% |
| 5 | 1935-1940.7 | 62% |
| 6 | 2170-2187.1 | 98% |
| 7 | 2187.5-2199.8 | 91% |
| 8 | 2201.0-2211.4 | 86.7% |
| 9 | 2301.0-2314.85 | 90% |
| 10 | 2316.5-2322.0 | 85% |

Alle dybder er driller-dybder (m RKB)

Ingen data tilgjengelige pr. 1/2-83.

REFERANSER:

Juhasz, I. (1979). The central role of Q_v and formation water salinity in the evaluation of shaly formations. June 1979, SPWLA Symposium Transactions.



Classification of radioactive minerals as a function of the Th and K values

NOMENKLATUR

| | |
|-------------------------|---|
| ϕ_N | Porøsitet fra neutron logg |
| ϕ_D | Porøsitet fra density logg |
| ϕ_t | Total porøsitet |
| ϕ_e | Effektiv porøsitet |
| ϕ_{cbw} | Porøsitet til leirbundet vann |
| $HI_{cl}(\text{dry})$ | Hydrogen indeks til tørr leire |
| $V_{cl}(\text{dry})$ | Fraksjon tørr leire |
| $\rho_{ce}(\text{dry})$ | Tetthet til tørr leire |
| CEC_{CL} | Kation-bytte-kapasitet for leire |
| Q_V | Kation-bytte-kapasitet pr. enhet totalt porevolum |
| V_{sh} | Fraksjon "shale" |
| C_o | Salinitet for formasjonsvann (meq/cm ³) |
| S_{wt} | Vannmetning, fraksjon av total porøsitet |
| S_{we} | Vannmetning, fraksjon av effektiv porøsitet |
| S_{xot} | Vannmetning i inv.sone, fraksjon av eff. por. |
| B | Ekvivalent konduktans pr. kation. |

VEDLEGG

Kryss-plott RHOB vs. PHIN fig. 1.
Histogram GR fig. 2.
NGT-data Th vs. K fig. 3.
Sammenligning FDC/CNL fra
34/10-7 med LDT/CNL fra
34/10-15. fig. 4.

CPI

Fig. 1. RHOB VS. PHIN

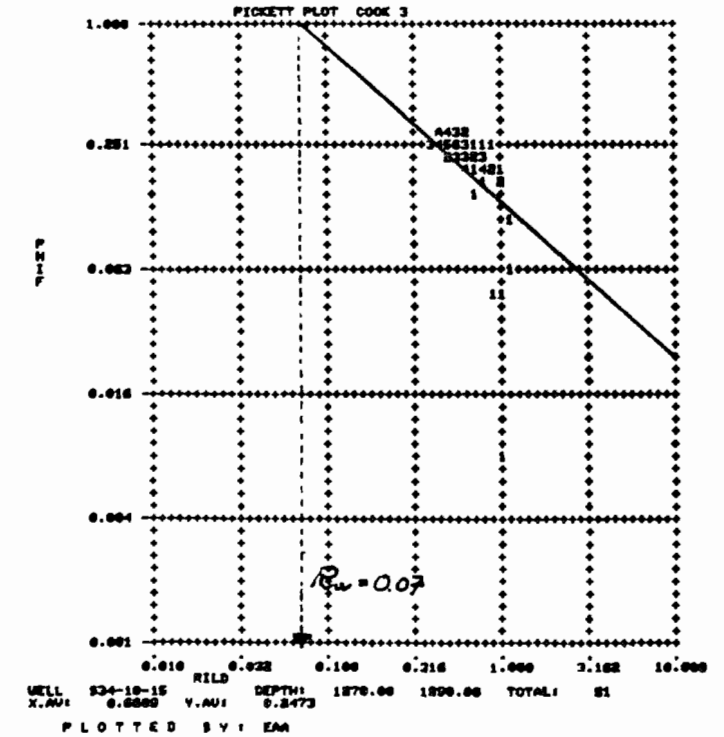
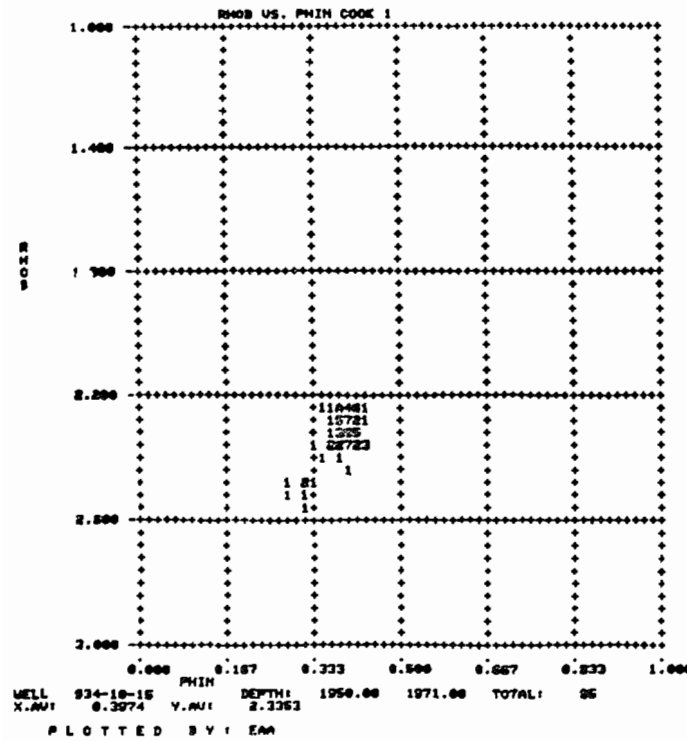
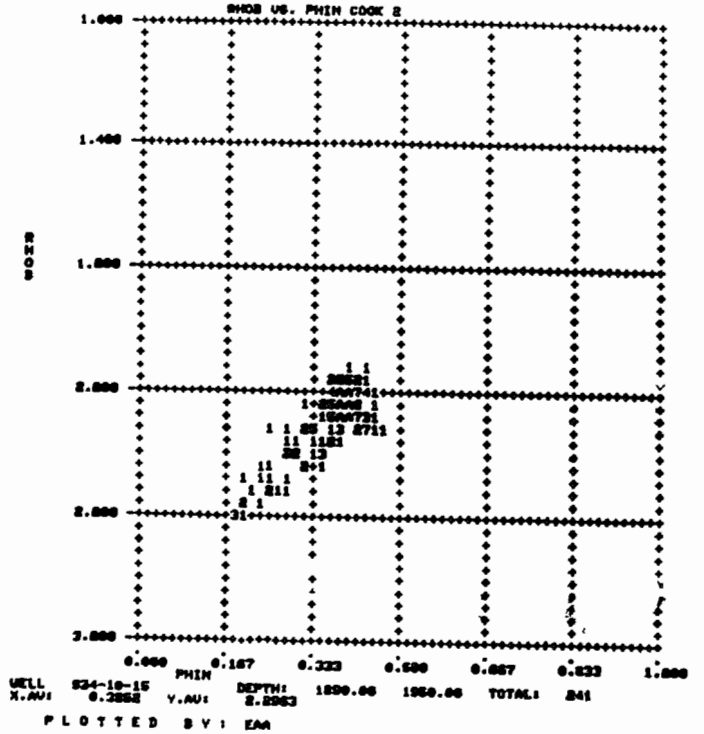
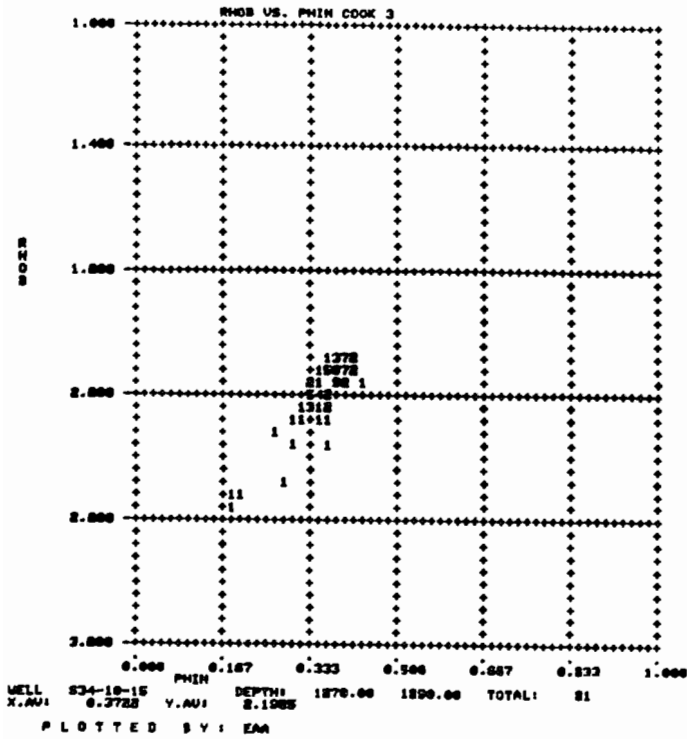


Fig. 2. GR

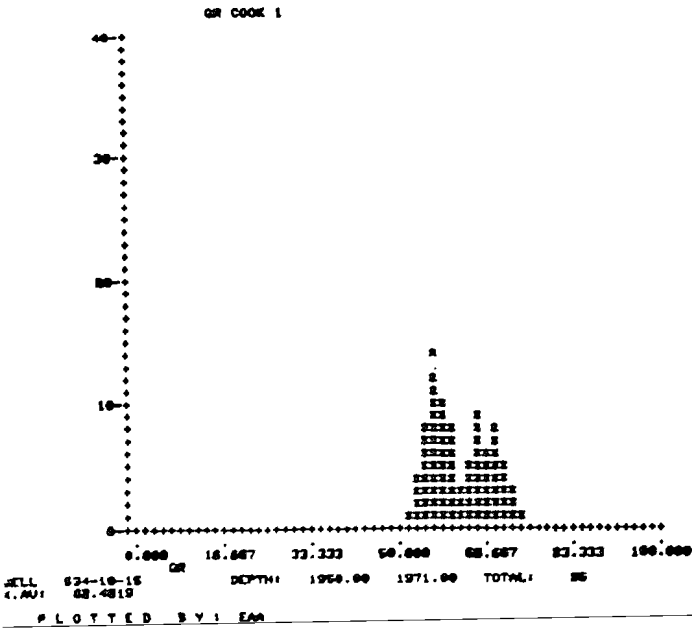
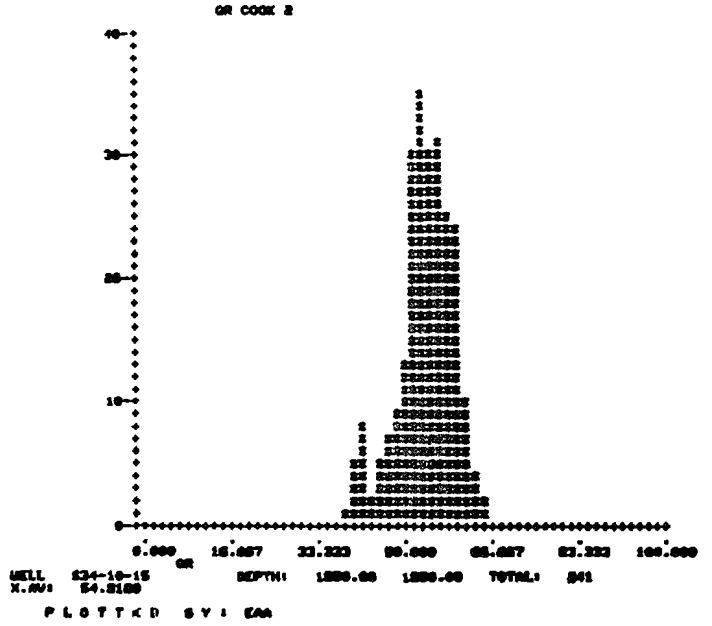
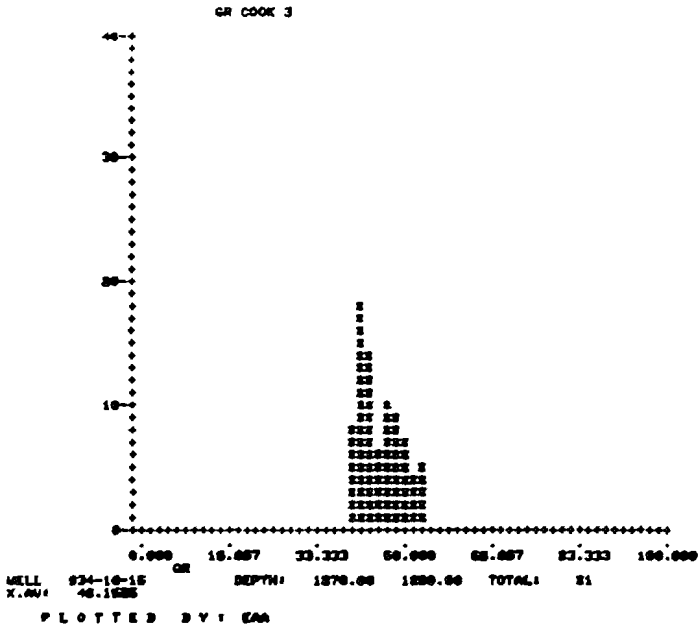


Fig. 3. NGT DATA: TH vs. K

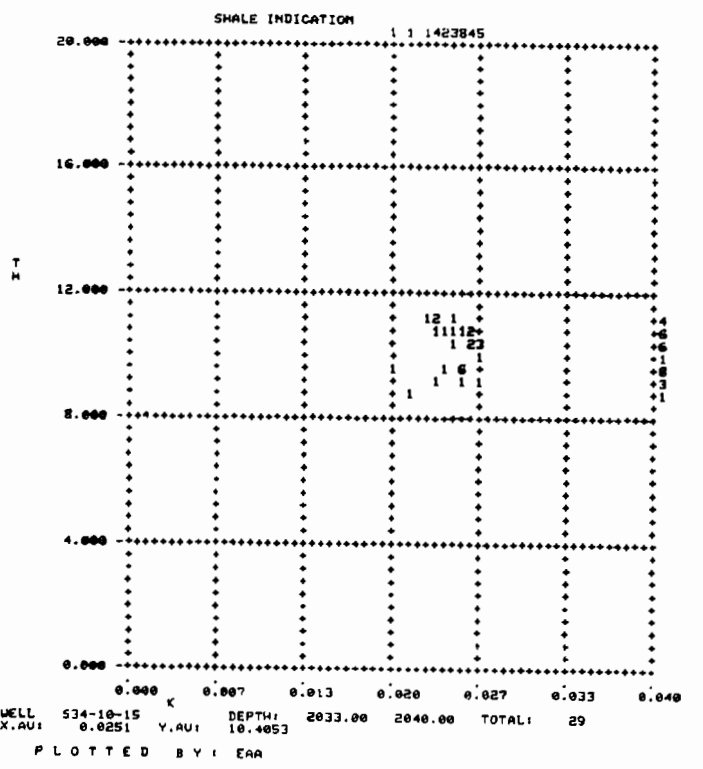
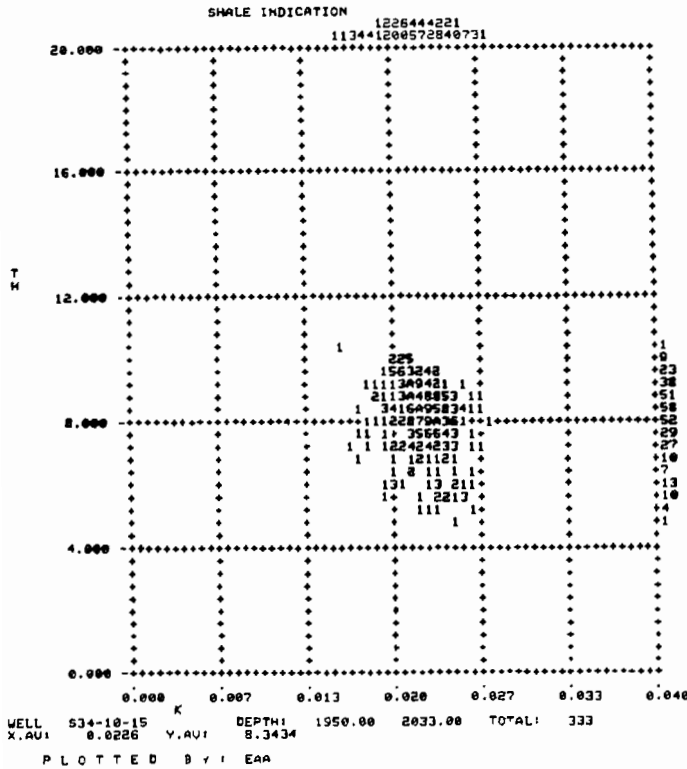
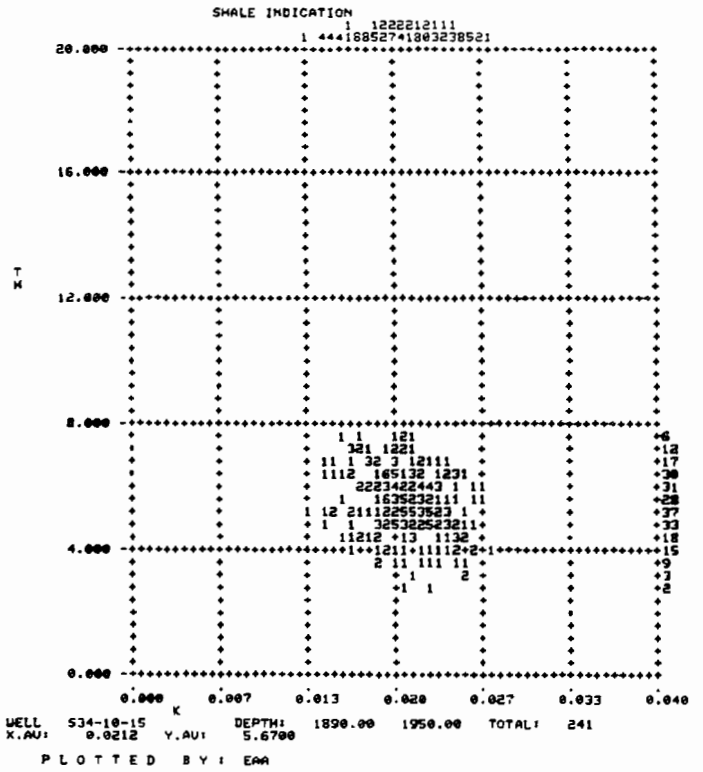
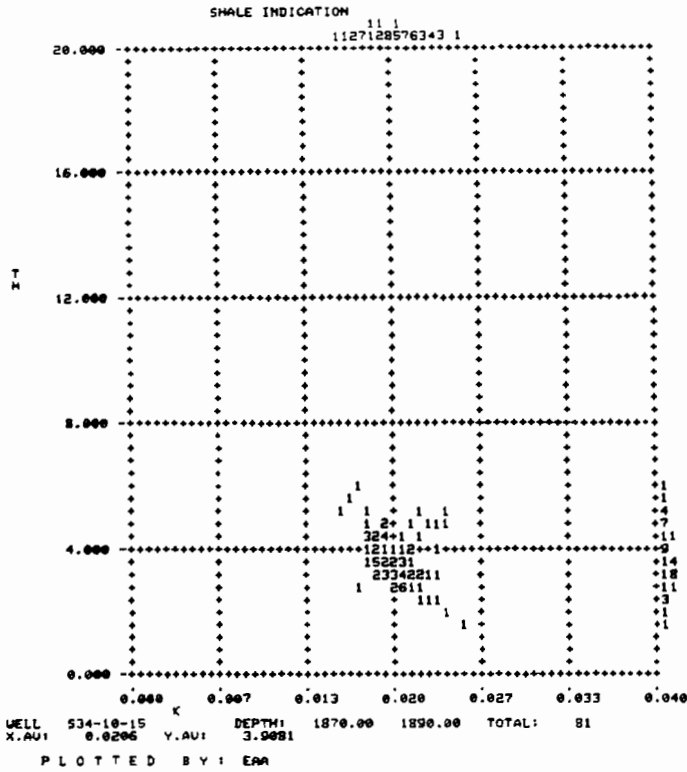
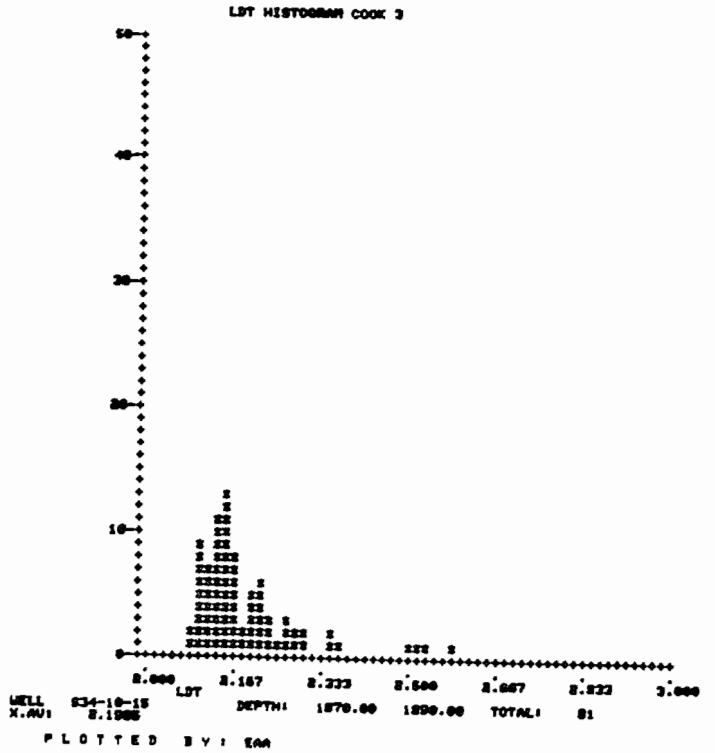
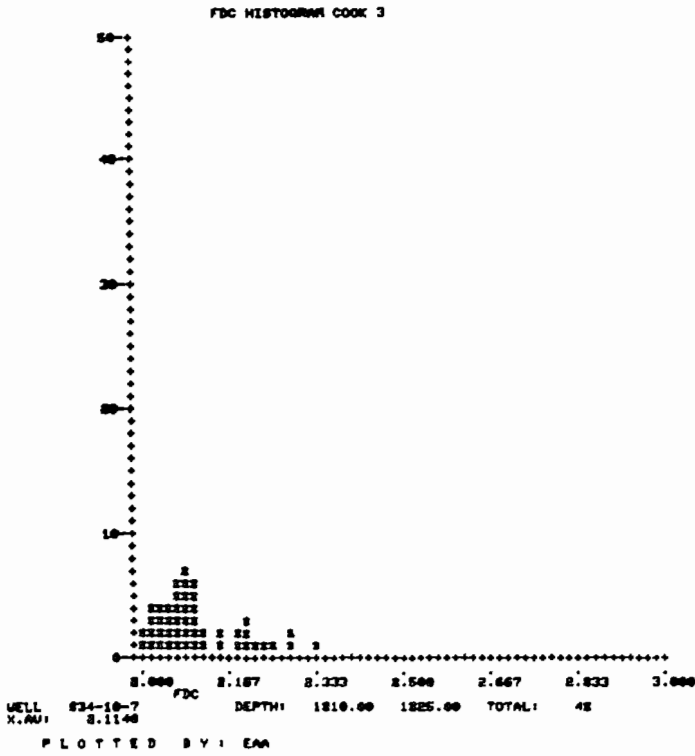
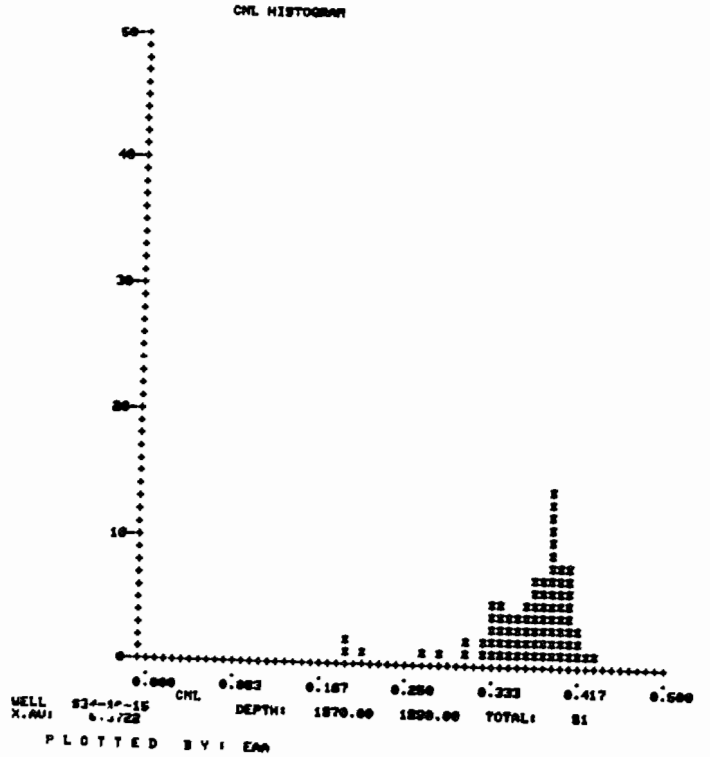
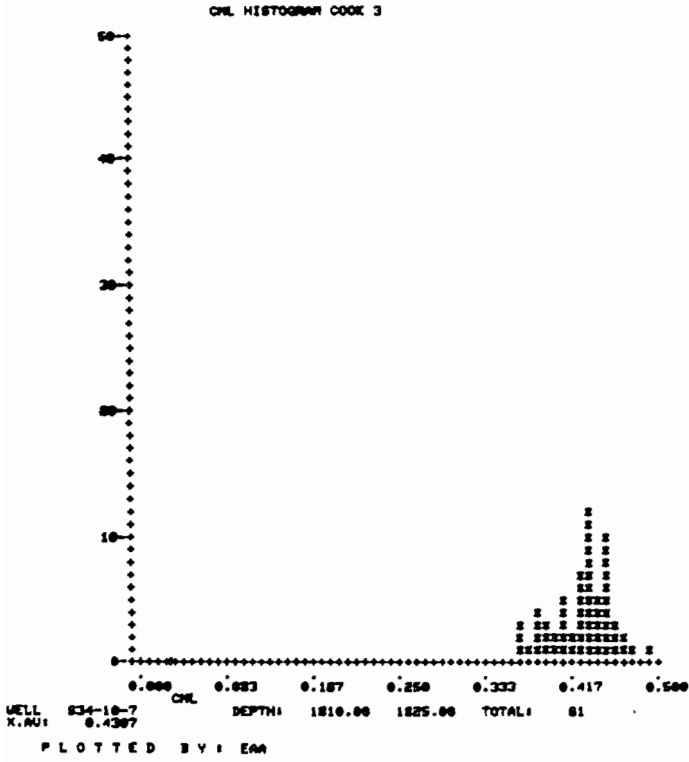


Fig. 4. Sammenligning FDC/CNL fra 34/10-7 med LDT/CNL fra 34/10-15.



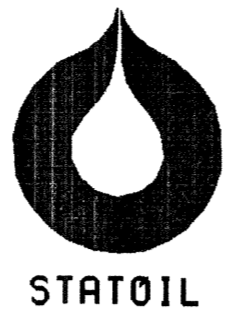
STATOIL DATA PROCESSING CENTER
 PLOT MADE BY: E.AABOE DATE: 09.44.00 28 JANUAR 1983
 DEPARTMENT : RES
 ADDRESS/BOX : BOX 30 FORUS/TLF 7757
 OTHER INFO : HENTES

GRAPHICAL LOG-PRESENTATION

WELL : 34-10-15 DEPTH INTERVAL : 1860.00-1980.00 (METER)

ENGINEER : EAA SCALE 1:200

DATE: 09.44.06 28 JANUAR 1983



| STRATIGRAPHY (REF. RKB) | ACTUAL |
|-------------------------|---------------|
| COOK 3 | 1870 - 1890 M |
| COOK 2 | 1890 - 1950 M |
| COOK 1 | 1950 - 2033 M |

PETROPHYSICAL EVALUATION

| INPUT PARAMETERS | | | | |
|------------------|------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| RW=0.07 | RMF=0.09 | RSH=1.1 | PHINSH=0.42 | RHOHC=XXX G/(CC*3) |
| M=2 | N=2 | A=1 | RHOBSH=2.35 | TEMP=160 (DEG. F) |
| RHOMA=2.69 | HICL (DRY) = .25 | RHOBCL (DRY) = 2.65 | CEC=0.22 MEQ/G | |

EFF. POROSITY AND SATURATIONS CALCULATED BY MAXMAN - SMITS METHOD

| FORMATION | NET-PAY | NET-SAND | AVR PHI | AVR SW |
|-----------|---------|----------|---------|--------|
| COOK 3 | | 16.0 | 26.0% | 87.9% |
| COOK 2 | | 22.5 | 17.7% | 73.0% |
| COOK 1 | | 1.5 | 15.3% | 63.4% |

PREPARED BY: E.AABOE

