

Det Teknisk-Vitenskapelige Fakultet
Institutt for Petroleumsteknologi



EKSAMEN: PET 110 Brønnlogging

Date: 02.09.2016

Klokken: 09:00-12:00

Varighet: 3 timer

Eksamen blir gitt på Norsk. Studenten kan svare på Norsk eller Engelsk.

Tillatte hjelpemidler:

- Enkel kalkulator (Casio FX-82, TI-30 eller HP30S)
- Dictionary

Eksamens settet består av 8 sider (4 ark): 1 forside, 4 sider med oppgaver og figurer, 1 krossplott og ett formelark med viktige parametere.

Alle vedlegg må leveres inn med besvarelsen.

Oppgave 1. Brønnfortolking (13 p)

Fra brønn 30/6-7 fra Oseberg feltet er følgende logger gitt:

- Gammalogg
- Caliperlogg
- Nøtronlogg
- Soniclogg
- Motstandslogg

- a) Marker lithologien i dybde sporet for hele intervallet. Forklar GR utslaget i sone A (2780-2785 m). (3 p)
- b) Beskriv hullkvaliteten (1 p)
- c) Marker direkte på loggene: gas/olje, gass/vann og/eller olje/vann kontakt(er) (1 p)
- d) Loggene viser Brent gruppen med de 3 formasjonene Tarbert Fm, Ness Fm og Etive Fm (ovenfra og ned). Marker disse 3 formasjonene i sporet til venstre. Hint: Ness Fm. er kanal sand avsetning med flere lag sand, skifer og kull. (2 p)
- e) Hva er porøsiteten (\emptyset) og vannmetningen (S_w) ved dyp 2680 m? (3 p)
- f) Hva er Net Sand? Marker Net Sand sonene for hele intervallet. (2 p)
- g) Bestem leirefraksjon ved 2738 m. (1 p)

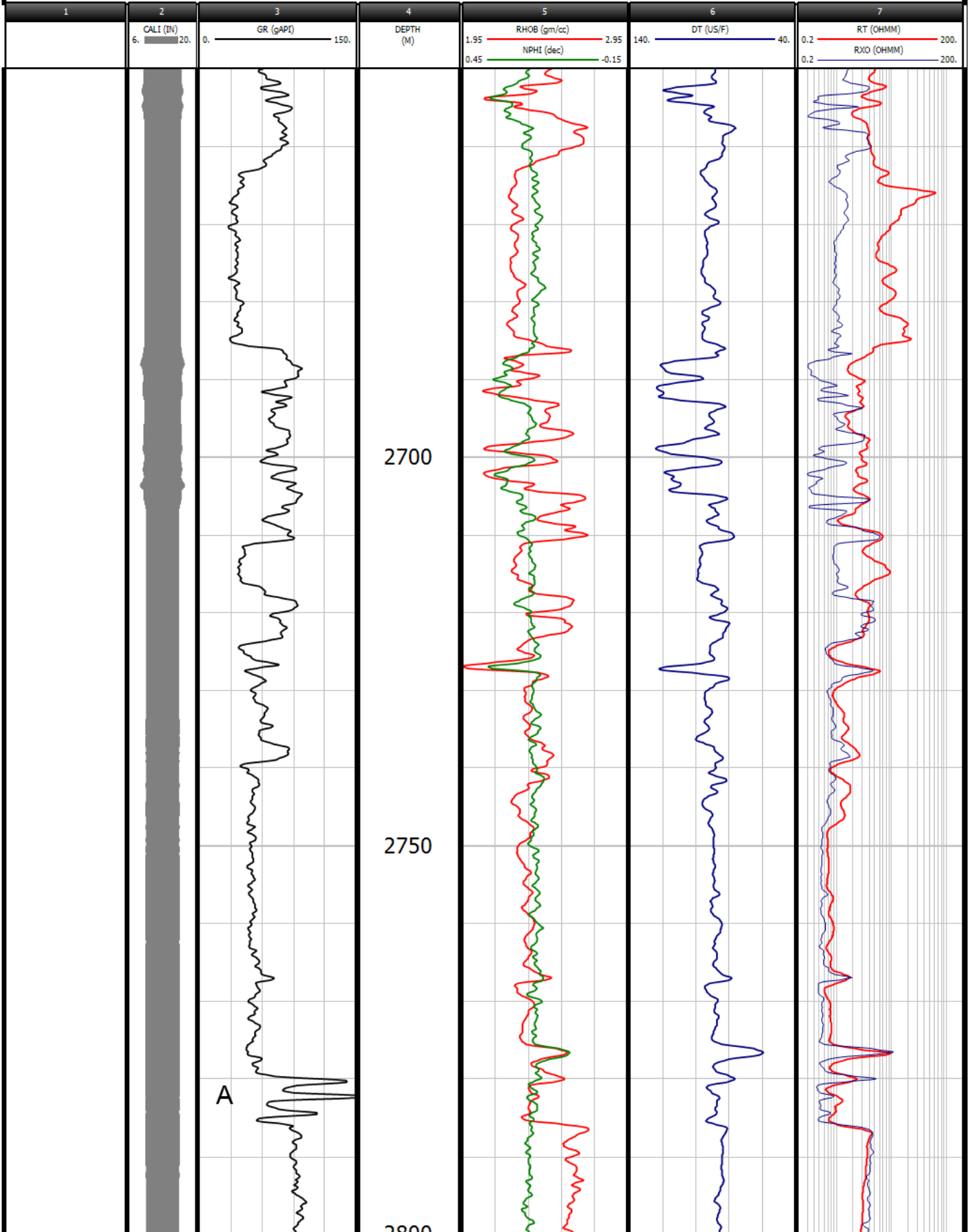
Scale : 1 : 400

30/6-7

DB : NormSea (491)

DEPTH (2650M - 2800M)

26.08.2016 14:15



Oppgave 2. Lydlogg (12 poeng)

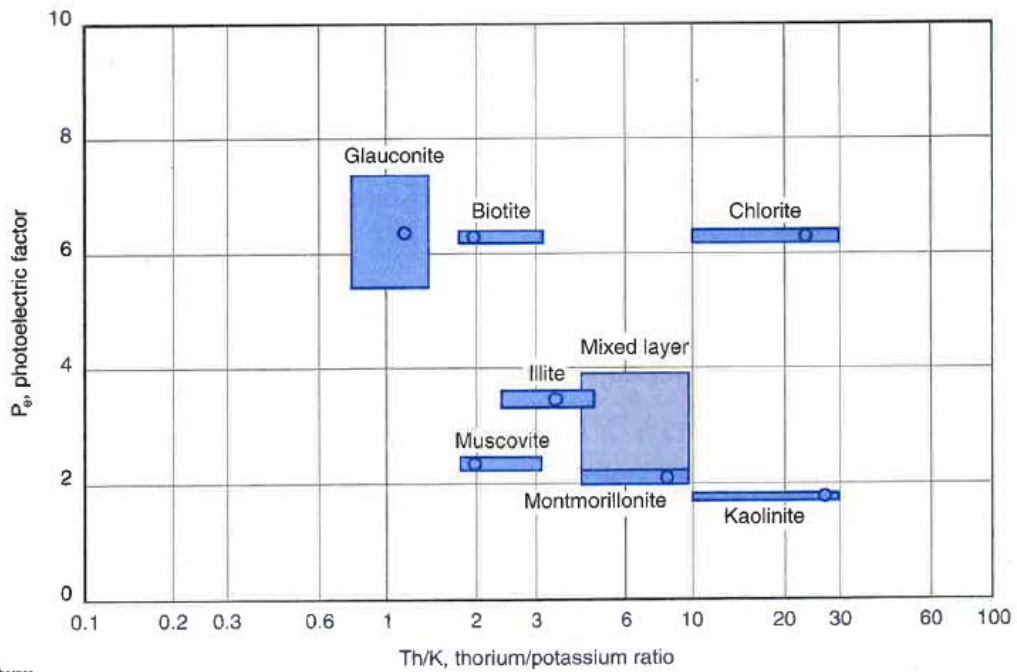
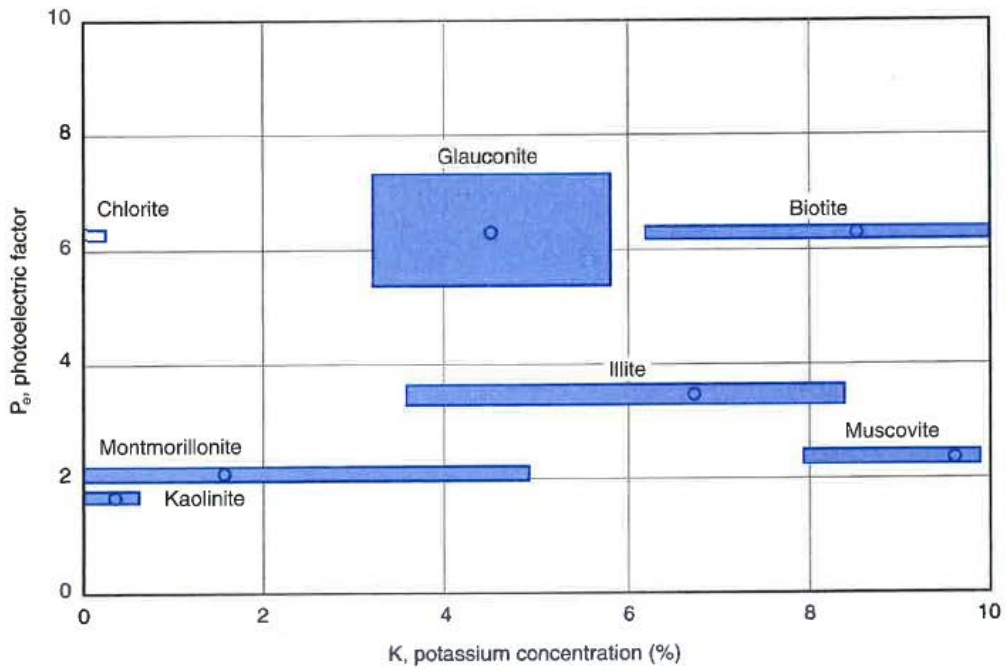
- a) Forklar tre måter lydsignaler brer seg rundt en brønn. Tegn og forklar. (1.5 p)
- b) Hva er forholdet mellom reisetid og lyd hastighet? Beskriv prinsippene for en Wireline lydlogg. Bruk figur. (3 p)
- c) Utled Wyllies formel for reisetiden gjennom en porøs sandstein. Forklar antagelsene som ligger til grunn for utledningen. (2 p)
- d) Definer begrepene bulk modulus og skjærmodulus ved hjelp av skisse og prinsippene for begrepene stress og strain. Hva er Poissonsforholdet? Bruk figur. (1.5 p)
- e) Et regneeksempel. En porøs kalksteinsplugg bestående av 99 % kalsitt er mettet med vann. For kalsitt er bulk modulus og skjærmodulus $E_b = 110$ GPa og $E_s = 35$ GPa, mens for vann er $E_b = 2.2$ GPa og $E_s = 0$ GPa. Tettheten (ρ) til kalsitt er 2.71 g/cm³, mens vann har tetthet 1 g/cm³. Hva er lyd hastigheten i kalsitt og vann? Oppgi svaret i [m/s]. Konverter til μ s/ft. Pluggen er 10 cm lang. Vi måler en reisetid på 50 μ s (mikrosekund). Hva er porositeten i prøven? (3 p)
- f) En skarp lyd puls (P- og S-bølge) blir sendt gjennom en porøs sandstein mettet med vann. Beskriv med en enkel skisse hvordan lyd signalet brer seg gjennom sandsteinen. Hvordan ser det mottatte signalet ut i forhold til det utsendte? (1 p)

Oppgave 3. Radioaktive logger. (7 p)

- a) Hva er en Geiger-Müller teller? Beskriv virkemåten. (1 p)
- b) Beskriv virkemåte til et Gamma-gamma loggetool og hva den brukes til. (1 p)
- c) Hva er en spektral Gamma Ray log og hva brukes den til? (1 p)
- d) Forklar den fotoelektriske faktoren, Pe , og hvordan den kan identifiseres fra gammalogger. (1 p)
- e) Vi får oppgitt en kalium (K)- og thoriumkonsentrasjon (Th) på henholdsvis 0.5% og 7.5 ppm. Den fotoelektriske faktoren avleses til å være 6. Bruk vedlagte krossplott for å identifisere leirmineralene rundt brønnen. (2 p)
- f) Hvorfor er kloritt (Chlorite) særlig viktig ved dype sandsteinsreservoar? (1 p)

Mineral Identification from Litho-Density* Log
and NGS* Natural Gamma Ray Spectrometry Log

CP-18



*Mark of Schlumberger
© Schlumberger

Formler og parametere

- Archies lov for vannmetning: $S_w = \sqrt{FR_w/R_t} = \sqrt{R_o/R_t}$, hvor R_t er resistiviteten i oljesonen, R_w er resistiviteten til formasjons vannet, og R_o er resistiviteten til vannsonen.
- Empirisk relasjon for invader sone (oljesone): $S_w = \left(\frac{R_{xo}/R_t}{R_{mf}/R_w}\right)^{5/8}$
- Formasjonsfaktoren er gitt ved $F = \frac{R_o}{R_w}$. Kan også finnes fra $F = \frac{a}{\phi^m}$.
- Parallellkobling: Adder strøm, $I_t = I_1 + I_2$. Seriekobling: Adder spenningsfall, $U_t = U_1 + U_2$
- Ohms lov: $U = rI$, Spenningsfallet er det samme som strømmen ganger elektrisk resistans (r)
- Resistivitet relatert til resistans: $R = \frac{rA}{L}$, (enhet Ωm)
- Tetthetslogg: $\rho_b = \phi_D \rho_f + (1 - \phi_D) \rho_{ma}$ (b - 'bulk', D - 'density').
- Wyllies antagelse (sonic): $\Delta t = \Delta t_f \phi_s + (1 - \phi_s) \Delta t_{ma}$ (s - 'sonic', f - 'fluid', ma - 'matrix')
- Temperaturkorreksjon for resistivitet til saltvann (se kart): $\frac{R_{w,2}}{R_{w,1}} = \frac{T_1 + 21.5^\circ C}{T_2 + 21.5^\circ C}$ (i $^\circ C$).
- Leire-sand fraksjon (gamma ray): $GR = V_{cl} GR_{max} + (1 - V_{cl}) GR_{min}$
- Leire-sand fraksjon (nøytronlogg) er gitt ved nøytronporositeten (ϕ_N) til sand/leire-laget delt på nøytronporositeten til et leirelag i nærheten (ellers alt annet likt).
- Porositetkorreksjon ved gass: $\phi = \sqrt{\frac{\phi_D^2 + \phi_N^2}{2}}$
- Oljekolonne i en formasjon (i enhet m^3/m^2): $\frac{V}{A} = \text{Gross} \times \text{Net to gross} \times \text{porositet} \times \text{oljemetning}$
- Turtuositet (τ) er gitt ved veilengden til en fluid partikkel delt på den rette lengden.
- Konstitusjonelle ligninger for flerfase tetthet (her: tre mineralfaser og tre væskefaser):

$$\rho_b = (1 - \phi) [c_1 \rho_{ma,1} + c_2 \rho_{ma,2} + (1 - c_1 - c_2) \rho_{ma,3}] + \phi [S_w \rho_w + S_o \rho_o + (1 - S_w - S_o) \rho_g]$$

$$c_1 + c_2 + c_3 = 1 \text{ og } S_w + S_o + S_g = 1$$
- Hastighet: kompressjonsbølge: $v_p = \sqrt{\frac{E_b + 4E_s/3}{\rho}}$ og skjærbølge $v_s = \sqrt{\frac{E_s}{\rho}}$
- Strain: $\varepsilon_{vol} = -\frac{\Delta V}{V_0}$, $\varepsilon_{xz} = -\frac{\Delta l_x}{l_{z,0}}$ (hvor både x og z kan være henholdsvis x, y og z)
- Bulk modulus: $E_b = \frac{\sigma_p}{\varepsilon_{vol}}$. Skjærmodulus: $E_s = \frac{\sigma_{xz}}{\varepsilon_{xz}}$ (hvor både x og z kan være henholdsvis x, y og z , men ikke det samme samtidig). Youngs modulus: $E = \frac{\sigma_{xx}}{\varepsilon_{xx}}$ (hvor x kan være henholdsvis x, y og z).
- Snells lov for bølger: $\frac{\sin \theta_{inn}}{v_{p,inn}} = \frac{\sin \theta_{ut}}{v_{p,ut}}$
- Varmeledning: $Q = k \frac{T_h - T_L}{\Delta L}$
- 1 ft = 0.304 m
- Hydrostatisk trykk: $P_{hyd} = \rho_f g \Delta h$

Lydhastighet, matrix	43-55 $\mu s/ft$
Lydhastighet, væske	189 $\mu s/ft$ (avh. av komposisjon olje, gass, vann, og trykk)
Tetthet, anhydritt	2.98 g/cm^3
Tetthet, karbonat	2.71 g/cm^3
Tetthet, dolomitt	2.85-2.90 g/cm^3
Tetthet, kvarts	2.65 g/cm^3
Tetthet, mica og kaolinitt	2.82 og 2.41 g/cm^3
Tetthet væske, [g/cm^3]	Vann: 1.0, saltvann: 1.1 (avhenger av salinitet), olje: 0.7, gass avhenger av trykk (PVT)
Tyngdens akselerasjon	9.81 m/s^2
Litologifaktor, sandstein	Oseberg fm: 0.98, Humble fm: 0.62, Timur fm: 1.13
Litologifaktor, kalkstein	Varierer endel, gj.sn. 1.0
Sementeringssekspont, sandstein	Oseberg fm: 1.84, Humble fm: 2.15, Timur fm: 1.73
Sementeringssekspont, kalkstein	Varierer mellom 1.3 og 2.6 (gj.sn. 2.00)