



Universitetet
i Stavanger

EKSAMEN I: *PET210 – Bore- og brønnvæsker*

TID FOR EKSAMEN: **21. februar 2020**
KL. 09:00 - 13:00

TILLATTE HJELPEMIDLER: **Kalkulator**

OPPGAVESETTET BESTÅR AV: **3 OPPGAVER PÅ 5 SIDER +**
2 VEDLEGG på 3 sider.

Generell informasjon:

Alle oppgavene skal besvares.

Vektlegging ved bedømmelse:

- Alle deloppgavene teller like mye ved fastsettelse av karakter.

OPPGAVE 1:

TOPPHULLSBORING

Det skal bores en vertikal letebrønn som beskrevet i Vedlegg 1. Det skal benyttes en flyterigg med rotasjonsbord i en høyde 23m over vannflaten.

- a) Et poretrykksplott er vist i Vedlegg 1. Beskriv hva som er minimum horisontal spenning og hvorfor denne er mindre enn fraktureringskurven?

Borevæsketrykket skal beskrives med ECD. Forklar dette uttrykket og beskriv matematisk hvordan ECD i prinsippet henger sammen med trykk og sirkulasjonsrate. Vis i uttrykket hvordan ECD er avhengig av brønnvinkel.

Fortell med en setning hvordan du kan se hvorvidt dette poretrykksplottet er konstruert med dyp i henhold til MSL eller RKB (RT). Forklar hvordan plottet i prinsippet ville endre seg dersom vi hadde det andre referansenivået.

- b) I poretrykksplottet (Vedlegg 1) ser vi målepunkter som representerer FIT (Formation Integrity Test), LOT (Leak-off-test) og XLOT (Extended leak-off-test). Beskriv hva er forskjell mellom LOT og XLOT. Beskriv hva som er forskjellen mellom FIT og LOT?

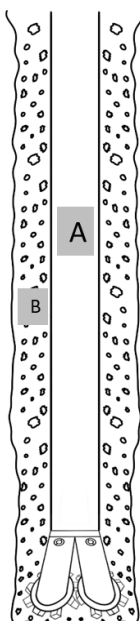
- c) 20" casing sko står på ca 1450m. Forklar hvorfor den står der. Hvilke konsekvens hadde det om den stå på 1300m eller 1600m vertikal dybde.

Denne seksjonen bores med sjøvann med utslipp på havbunnen. Jevnlig pumpes det såkalte viskøse piller; dvs små volumer med bentonittslam for å rense ut brønnen.

- d) Forklar hvorfor borer vi med utslipp på havbunnen.

Viskositeten i bentonittpillen for en pseudoplastisk karakter.

- e) Forklar hvordan pseudoplastisk oppførsel av børeveske kan hjelpe med å pumpe gjennom borestreng (A), borekrone og videre være effektiv til å transportere borekaks i et vertikalt annulus (B). Se på følgende bilde:



OPPGAVE 2:

BORING MED VANNBASERT BOREVÆSKE

De etterfølgende seksjonene består av en 17 1/2" -seksjon hvor det skal settes en 13 3/8" casing. Deretter bores en 12 1/4" -seksjon hvor det skal settes en 9 5/8" casing. På den nederste delen av brønnen skal det bores en 8 1/2" -seksjon. Innerdiameter i hver casing antas å være lik neste seksjons størrelse (diameter). På riggen er det en borestreng. Borestrengens ytre diameter antas å være 5 1/2".

- a) Beskriv en primærsementeringsoperasjon.

Forklar hva U-tube-effekt er og hvorfor dette kan skje i en primærsementeringsoperasjon?

På tidspunktet da 20" casing var kjørt inn i brønnen og seksjonen var sementert, BOP var plassert på toppen av brønnehodet, XLOT var gjennomført, skiftet man til inhibitiv vannbasert borevæske for å bore 17 1/2"-seksjonen. Poretrykksplottet er vist i Vedlegg 1.

- b) Beskriv sammensetningen til en inhibitiv vannbasert borevæske og de forskjellige tilsetningsstoffenes sammensetning. Indiker funksjonen til de ulike tilsetningsstoffer. Forklar hvorfor borevæsken er inhibitiv.

Erfaring viser at vi kan bore raskere ved bruk av en oljebasert borevæske. Videre bruker vi i området tre ganger så mye vannbasert borevæske som oljebasert for å bore samme lengde borehull. Alikevel har vi valgt en vannbasert borevæske (dog inhibitiv). Hva kan begrunnelsen være for dette?

- c) Hvilken tetthet ønsker du å bore 17 1/2"-seksjonen med.

Hvor mye vektmateriale skal settes til 1m³ borevæske for å oppnå riktig slamtetthet? Anta at borevæsken før tilsetning av vektmateriale har en tetthet på 1.05s.g. Hva blir det nye volumet? Nåværende barytt antas å ha en tetthet 4.15 s.g..

- d) Forklar kort fenomenet med differensiell fastkjøring. Kan det være et problem i denne seksjonen? I så fall hvor? Er det noe vi kan gjøre for å redusere risikoen for differensiell fastkjøring?

Maksimal pumpehastighet ved boring av en 17 1/2"-seksjon antas å være 6000 liter i minuttet. Borevæskerapporten ifra brønnen under boring av 17 1/2"-seksjonen viser følgende data:

Fann RPM	Skjærrate (1/s)	Measurements (Pa)
3	5,1	4,1
6	10,2	6,1
30	51,1	10,8
60	102,2	15,4
100	170,3	19,5
200	340,7	27,6
300	511,0	33,2
600	1022,0	48,0

For Newtonsk strømming er sammenhengen mellom skjærrate ved brønnveggen og hastigheten i et konsentrisk annulus gitt som:

$$\dot{\gamma}_w = \frac{12 \cdot U}{D_y - D_i}$$

(Dersom det hadde vært i et rør ville formelen hatt faktoren 8 istedenfor 12 og D_i ville vært 0.)

- e) API-standarden for viskositet bruker PV og YP, hvor YP er to ganger 300-avlesningen minus 600-avlesningen, og PV er 600-avlesningen minus 300-avlesningen. Forklar hva PV og YP er. Kan vi forvente at bruk av disse dataene gir adekvat beregning av viskositeten i vår 17 1/2"-seksjon

OPPGAVE 3:**BORING MED OLJEBASERT BOREVÆSKE**

Formasjonen under 13 3/8" casing antas å være mer reaktiv. Dermed ble det valgt å bruke en oljebasert borevæske.

Borevæskerapporten ifra brønnen under boring av 12 1/4" -seksjonen viser følgende viskositetsdata målt ved 50°C:

Fann RPM	Skjærrate (1/s)	Measurements (Pa)
3	5,1	7,2
6	10,2	8,2
30	51,1	13,3
60	102,2	16,9
100	170,3	20,5
200	340,7	27,1
300	511,0	31,7
600	1022,0	46,0

Pumperaten under boring av 12 1/4" -seksjonen er 4200 liter/minutt.

- a) Hvorfor er oljebasert borevæske fortrukket når formasjonen antas å være mer reaktiv?

Beskriv sammensetningen til en foreslått, egnet oljebasert borevæske, og hvorfor de ulike tilsetningsstoffene brukes.

- b) Fra viskositetstabellen ser vi at 6- og 3-RPM-avlesningen til den oljebaserte borevæsken er større enn 6- og 3-RPM-avlesningen til den vannbaserte borevæsken som ble brukt i oppgave 2. Vis dette og forklar hvorfor det likevel er vanskeligere å holde vektmaterial suspendert i den oljebaserte borevæsken enn i den vannbaserte som ble brukt i Oppgave 2.

- c) Forklar hvorfor bruk av en oljebasert borevæske vil gi bedre hullrensing enn en inhibitiv vannbasert borevæske dersom borestrengens rotasjonsrate er lav og viskositetskurven til den oljebaserte og den vannbaserte borevæsken er tilnærmet lik og vi borer en avvik-seksjon.

Forklar begrepene viskoelastisitet og funnel viskositet. Er det noen forskjell mellom disse ved bruk av vannbasert og oljebasert borevæske

- d) Anta at brønnen er vertikal. Beregn strømningens bidrag til ECD ved seksjonens TD (planlagte målpunkt = Target Depth)

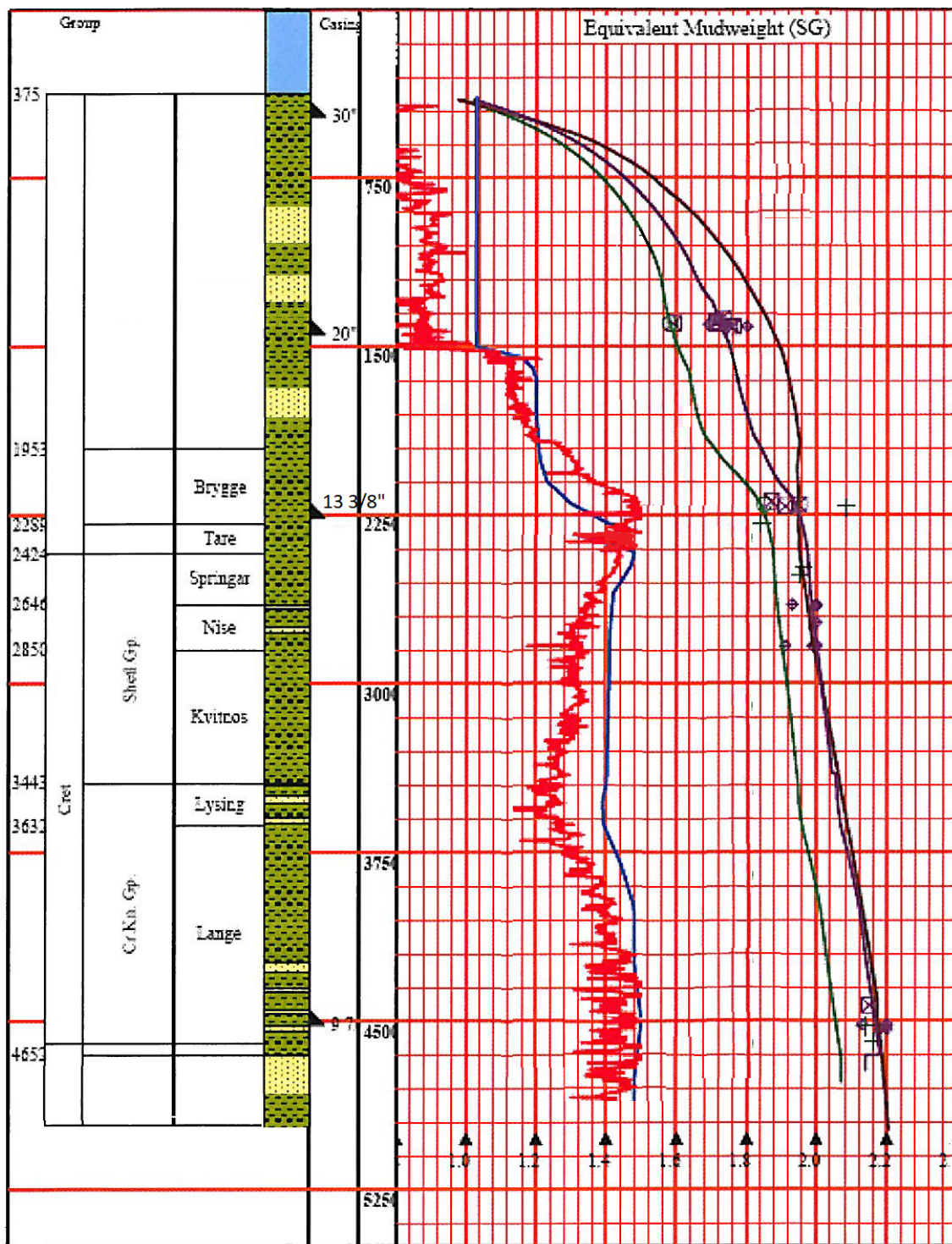
Denne beregningen forutsetter egentlig at borestrengen er plassert konsentrisk i hullet og at den ikke roterer. Beskriv med begrunnelse, uten å regne på det, 1) hvoviddt ECD vil øke eller avta dersom boresterngen ikke er plassert konsentrisk og 2) hvorvidt ECD vil øke eller avta dersom boresterngen roterer

- e) 8 1/2"-seksjonen ble boret med en oljebasert borevæske. Etter boring ble væsken i brønnen byttet ut med low-solids oljebasert borevæske.

Deretter ble det kjørt inn nedre komplettering som besto av sandskjermer. Forklar hvordan en low-solids oljebasert borevæske er bygget opp.

Man hadde på forhånd testet ut faren for formasjonsskade. Beskriv kort en laboratorietestmetode for formasjonsskade.

VEDLEGG 1



VEDLEGG 2

Beregning av tilsynelatende viskositet i brønnstrømning

Sammenhengen mellom skjærspenning og skjærrate er for potenslov- og Herschel Bulkley-væske:

$$\tau = K\dot{\gamma}^n \quad ; \quad \tau = \tau_y + K\dot{\gamma}^n$$

Her kan n finnes ifra:

$$n = \frac{\ln \frac{\theta_1}{\theta_2}}{\ln \frac{RPM_1}{RPM_2}} \quad ; \quad n = \frac{\log \frac{\tau_1 - \tau_y}{\tau_2 - \tau_y}}{\log \frac{\dot{\gamma}_1}{\dot{\gamma}_2}} \quad ; \quad \tau_y = 0,511 \cdot \theta_0 \text{ [Pa]}$$

$$\theta_0 = (2 \cdot \theta_3 - \theta_6)$$

K finnes ifra:

$$K = \frac{\tau_1}{\dot{\gamma}_1^n} \quad ; \quad K = \frac{\tau_1 - \tau_y}{\dot{\gamma}_1^n}$$

Her må input være i SI-enheter. Dersom målinger skjer i henhold til API-standard 13 eller 10, finnes SI verdiene ved $\tau = 0.511 \cdot \theta$, hvor θ er viskosimeteravlesningen. Videre finnes skjærraten ved at $\dot{\gamma} = RPM \cdot 511/300$ (eller utregnet: $\dot{\gamma} = 1.703 \cdot RPM$).

Nå kan tilsynelatende viskositet beregnes ut ifra ytre og indre diameter i annulus, samt gjennomsnittshastigheten for væska:

$$\mu_a = K \left(\frac{D_y - D_i}{12\bar{U}} \frac{3n}{2n+1} \right)^{1-n}$$

Her er viskositetsverdien gitt i Pa.s. Den inverse av uttrykket i parentes er lik veggskjærraten i annulus for laminær strømning.

Trykkfall i annulus

Definerer Reynoldstallet:

$$Re = \frac{\rho_f \bar{U} (D_y - D_i)}{\mu_a}$$

Omslag til turbulens skjer ved: $Re > 3470 - 1370n$.

Trykkfall for laminær strømning er gitt ved:

$$\Delta P = \frac{48\mu_a \bar{U}}{(D_y - D_i)^2} \frac{2n+1}{3n} \Delta L$$

For turbulent strømning beregnes trykkfallet:

$$\Delta P = \frac{2c\rho^{1-b} \mu_a^b \bar{U}^{2-b}}{[0.8165(D_y - D_i)]^{1+b}} \left(\frac{2n+1}{3n} \right)^b \Delta L$$

hvor

$$c = \frac{\log_{10} n + 2.5}{50} \quad \text{og} \quad b = \frac{1.4 - \log_{10} n}{7}$$

Partikkeltransport i vertikale annuli

Alle størrelser må være gitt i SI-enheter.

Definerer Reynoldstallet:

$$\text{Re} = \frac{\rho_f v_p D_p}{\mu_a}$$

For $\text{Re} < 2$ så er partikkelens fallhastighet gitt ved:

$$v_p = \frac{1}{18} \frac{D_p^2}{\mu_a} (\rho_p - \rho_f) g$$

I området $2 < \text{Re} < 300$ er partikkelens fallhastighet gitt ved:

$$v_p = 0.758 \cdot D_p \frac{(\rho_p - \rho_f)^{2/3}}{(\rho_f \mu_a)^{1/3}}$$

I området $300 < \text{Re}$ er partikkelens fallhastighet gitt ved:

$$v_p = 3.17 \sqrt{D_p \frac{\rho_p - \rho_f}{\rho_f}}$$

Tilsetning av faststoff

Basislikninger for beregning av tilsetning av faststoff:

Volum:

$$V_{\text{total}} = V_{\text{væske}} + V_{\text{faststoff}}$$

Masse:

$$M_{\text{total}} = M_{\text{væske}} + M_{\text{faststoff}}$$

Sammenheng mellom masse og volum:

$$M = \rho \cdot V$$

hvor ρ er tetthet.

Volum og areal av kule

$$V = \frac{\pi}{6} D^3 \quad A = \pi D^2$$