

DET TEKNISK – NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EMNE: PET100 BORING
DATO: 08.12.2017
TID: 09:00 – 13:00 (4 TIMER)
Hjelpemiddel: Godkjent kalkulator



Universitetet
i Stavanger

EKSAMEN BESTÅR AV TOTALT 11 SIDER; 5 SIDER MED OPPGAVER, 1 SIDE MED FORMLER, 4 SIDER MED TABELLER OG 1 SIDE MED SVARSKJEMA FOR FLERVALGSOPPGAVENE.

NB! SVARSKJEMA FOR FLERVALGSOPPGAVENE SKAL RIVES AV OG LEVERES SAMMEN MED RESTEN AV EKSAMENSBE SVARELSEN.

MERK: Alle de 4 oppgavene har lik vektning, dvs. hver oppgave teller 25%. Les raskt gjennom alle oppgavene før du begynner, og finn ut hva som må avklares med spørsmål til faglærere. Planlegg tidsbruken slik at hvert hovedområde får nødvendig tid.

OPPGAVE 1 Aksiell Belastning

Etter å ha satt forrige casing ned til 3200m, skal vi bore brønnen videre. Denne hullseksjonen er planlagt til å bli 1100m lang. Fraktureringstrykket ved casingskoen er funnet til å være 502.3 bar. Utifra analoge nabobrønner forventes poretrykket i bunnen av den planlagte hullseksjonen til å være 464.0 bar. Saltvann har tetthet 1030kg/m^3 , mens Barytt har tetthet 4200kg/m^3 . Dersom vi antar at vi skal bruke en konstant slamtetthet for hele hullseksjonen:

- a)
1. Hva er maksimum tillatt slamtetthet for denne seksjonen?
 2. Hva er minimum slamtetthet dersom vi ønsker 10 bar sikkerhetsmargin med hensyn på formasjonstrykket?
 3. Du skal nå blande opp vektmateriell (Barytt) med saltvann for å oppnå tettheten du fant i a2. Hvor mange kilo barytt skal du tilsette i 1m^3 saltvann for å oppnå ønsket slamtetthet? Dersom du ikke klarte a2, anta at du skal blande opp til 1130kg/m^3 .

Vi velger å bruke en boreslamtetthet på 1130kg/m^3 , og en viskositet er 15cP. Det er tilgjengelig $5\frac{1}{2}$ " , 21.90 lb/ft, premium grad X95 borerør, med kobling FH. Det skal brukes 350m med $7\frac{3}{4}$ " vektør, med vekt 207.44kg/m . Vi antar en reaksjonskraft fra dysene på 7.2kN, og kraft fra formasjonen WOB på 300kN. Vi regner med et maksimalt slampumpetrykk på 310 bar under boring.

- b)
1. Hva er maksimal aksiell belastning på toppen av borestrengen før slamsirkulasjon starter? Vi antar at vi nettopp har begynt å bore hullseksjonen.
 2. Hva er sikkerhetsfaktor mot flyt?
- c) Med normal antagelse for nøytralpunktet (2/3), hva er korteste vektørslengde vi kan ha?
- d) Hva er det maksimale dreiemomentet vi kan ha på toppen av borestrengen under boring, når den kombinerte sikkerhetsfaktoren ikke kan bli mindre enn 1.25 på noe tidspunkt?

- e) I heisespillet henger løpeblokka med løfteutstyr og borestreng i 8 trinser. Denne heisekabelen har en flytgrense på 420 kN og sikkerhetsfaktoren mot flyt må minst være 4.5. Friksjonsfaktor for trinsene er 1.042, og masse av blokk, topdrive og løfteutstyr er totalt 4600 kg. Vi skal i denne operasjonen trippe ut borestrengen fra brønnen. (Ved 3200m)
1. Hva blir kraften i hurtiglinen (fastline)?
 2. Hvor lang tid tar det å trippe ut én stand, dersom heisespillmotoren har en effekt på 1000 HK = 750 kW, og overføringseffektivitet fra motor til kabel inn på heisetrommel er 0.75? (Anta at ett borerør er 10m langt.)

Flervalgsoppgave 1 Aksial Belastning

1. Hvilken type fartøy/installasjon brukes for å bore brønner på de dypeste havdyp (opp til 7500ft)?
 - a) Jack-up rig
 - b) Drillship
 - c) Semi-submersible rig
 - d) Fixed platform
2. Hvilken funksjon har *slips*?
 - a) To suspend pipe in the rotary table when making or breaking connection
 - b) To slip pipe into the well during drilling
 - c) To transfer rotation from the rotary table to the drillpipe during drilling
 - d) To unscrew or make connections between drillpipe stands
3. Hva er typisk intervall for inspeksjon av drillpipe i forbindelse mekaniske slitasje? (uavhengig av boremiljø)
 - a) 60 - 75 m
 - b) 600 – 750 m
 - c) 6000 – 7500 m
 - d) 60 000 – 75 000 m
4. Hva er de primære fordelene med bruk av Heavy weight drillpipe (HWDP)?
 - a) Increased wall thickness
 - b) Longer tool joints
 - c) Uses more hard facing
 - d) All of the above
5. Hva skjer dersom trykket i den åpne hullseksjonen blir større enn fraktureringstrykket?
 - a) Surging
 - b) Lost circulation
 - c) Swabbing
 - d) Reduction in mudweight
6. Hvilke komponenter finnes vanligvis i BHA (Bottom hole assembly)
 - a) Monkey board, Drilling hook, shrunk-on tool-joints, conductor
 - b) Drill collars, Stabilisers, Reamers, Jars
 - c) Kelly hose, Reamers, Monel collars, drillpipe
 - d) Liners, generator, Kelly cock, gooseneck

OPPGAVE 2 Pumping

For boring av brønnen i oppgave 1 ønskes en slamsirkulasjonsrate på minst 2400 liter/min. Friksjonstrykkfallet fra slampumpa til toppen av borestrengen blir da 1.1bar. Friksjonstrykkfallet i annulus er 19 bar. Brønndata: Vertikal brønn, dybde 4300m, lengde av vektrørsseksjon 350m. Slamdata: tetthet 1130 kg/m³, viskositet 15 cP.

- a) Hva blir friksjonstrykkfallet inne i borestrengen, fra toppen og ned til dysene i borekrona? (Benytt vedlegg 5 og 6)
- b) Under boring ønsker vi et minimum pumpetrykk på 306 barg.
 1. Beregn maksimalt dysetrykk og vis at dette blir omtrent 52% av det totale pumpetrykket. Er dette akseptabelt?
 2. Hva blir hastigheten på væsken idet den strømmer ut fra dysene?
 3. Hvor stor blir dysekraften?

Ut fra b) vil en altså at slampumpa skal levere minst 306 barg. En har tilgjengelig triplex slampumper med følgende data:

Slaglengde:	11" (tommer)	Volumeffektivitet:	0.97
Elektrisk effekt inn:	1250 kW	Mekanisk pumpeeffektivitet:	0.85
Topp hastighet:	140 slag/min	Transmisjonseffektivitet:	0.8
Foringer:	4.5, 5, 5.5, 6 og 6.5"	Elektrisk motoreffektivitet:	0.92

- c)
 1. Hvilken foring må en velge for å få høyt nok pumpetrykk?
 2. Hva blir nå maksimal volumrate levert fra slampumpa?
 3. Hva blir maksimalt pumpetrykk?
 4. Klarer en seg med en slampumpe, eller må en bruke flere, og i så fall hvor mange?

Flervalgsoppgave 2 Pumping

1. Hva vil skje dersom vi bruker foringsdiameteren halveres i pumpen?
 - a) Pumpetrykket doubles, samtidig som volumraten halveres
 - b) Pumpetrykket halveres, samtidig som volumraten kvadreres
 - c) Pumpetrykket blir 4 ganger så stort, samtidig som volumraten blir 4 ganger mindre
 - d) Pumpetrykket 4 ganger så stort, samtidig som volumraten halveres
2. Dersom dysestørrelsen øker (mens alt annet forblir likt), hva vil konsekvensen av dette være?
 - a) Friksjonstrykkfallet i annulus vil øke
 - b) Friksjonstrykkfallet i annulus vil synke
 - c) Friksjonstrykkfallet i dysene minker
 - d) Kravet til minimum pumpetrykk vil øke
3. Hvilke av følgende er en tommelfingerregel for dysehastigheten?
 - a) Over 100 km/h
 - b) Over 100 m/s
 - c) 47% - 64% av hastigheten i borestrengen
 - d) 47% - 64% av dysetrykkfallet
4. Følgende er **ikke** en tilsetning i boreslam:
 - a) Barytt

- b) Hydrogensulfid
 - c) Bentonitt
 - d) Vann
5. Følgende er **ikke** en komponent i *Circulation system*:
- a) Slampumpe
 - b) Drillbit
 - c) Annulus
 - d) Formasjon

OPPGAVE 3 Dimensjonering av foringsrør

Etter å ha boret ned til 4300m under brønnhode (på en fast plattform) i en vertikal brønn skal en sette 9 5/8 ” foringsrør. Formasjonstrykket ved denne dybden ble målt til 464 barg. Fram til nå har vi boret med 1130kg/m³ slam, en skal fortsette med høyere slamtetthet på 1210 kg/m³. En regner med at ved tap av slam til mulig lavtrykks-sone vil maksimalt 35% av foringsrøret tømmes. Det kreves sikkerhets-faktorer på minst 1.25 mot avrivning, 1.1 mot sprengning, og 1.1 mot kollaps. Gasstetthet kan regnes med å være 300 kg/m³. Når slam står lenge kan det degenerere til en tetthet på 1030 kg/m³ (vektstoff faller ut, men ikke salt).

- a)
 1. Tegn skisse av scenariet, og beregn maksimum sprengningstrykk ved en mulig gaskicksituasjon.
 2. I hvilken dybde er det størst belastning på foringsrøret?
- b)
 1. Tegn skisse av scenariet, og finn maksimum kollapstrykk ved mulig frakturering og tap av slam til lavtrykks-sone.
 2. I hvilken dybde er det størst belastning?

Ved sementering brukes sementpasta med tetthet 1490 kg/m³. Pumpevæske (etter sement) har tetthet 1050 kg/m³. Det skal sementeres opp til 450m dybde under brønnhodet. Da det er konstatert noen utrasninger under boring slik at volumet av sement er vanskelig å beregne, antar en ”worst case” hvor sementpastaen under nedpumping fyller foringsrøret helt.

- c)
 1. Beregn maksimum sprengningstrykk og maksimum kollapstrykk ved sementering. Tegn skisse av begge scenariene.
 2. I hvilke dybder er belastningen størst?
- d)
 1. Hva blir nå dimensjonerende sprengnings- og kollaps-trykk?
 2. Finn det billigste foringsrøret som tilfredsstiller trykk-kravene.
 3. Beregn sikkerhetsfaktorene mot sprengning og kollaps.
- e)
 1. Beregn aksiell belastning på foringsrøret både ved degenerering av boreslam, og under sementering.
 2. Beregn sikkerhetsfaktor mot avrivning, både for degenerering av boreslam og under sementering.
 3. Hva er dimensjonerende her?

(Hint: Indre volum kan beregnes av tabellverdi av indre diameter eller av kapasitet (liter/m).)

Flervalgsoppgave 3 Foringsrør

1. Hva er hovedfunksjonen til conductor casing?
 - a. Beskytte brønnen mot Blowout
 - b. Føre produksjonsvæsker fra reservoaret til plattformen
 - c. Sementere brønnen
 - d. Fungere som fundamentet for brønnhodet og BOP
2. Hvilken av følgende utsagn er korrekt?
 - a. Surface casing er større enn Conductor
 - b. Production liner er mindre enn Production casing
 - c. Intermediate casing er større enn Surface casing
 - d. Intermediate casing er mindre enn Production casing
3. Hvilke av følgende utsagn er **ikke** korrekt når det gjelder sementering?
 - a. Casing sement skal forhindre innrasing av formasjon inn i borehullet
 - b. Casing sement skal forhindre strømming av fluider fra én formasjon til en annen
 - c. Casing sement skal støtte casing røret
 - d. Casing sement skal beskytte casingen fra korroderende fluider i formasjonen
4. Hvilken av følgende fenomener minker den aksielle belastningen i forhold til den aksielle belastningen i mud?
 - a. Overpull when casing is stuck
 - b. Plug bumping pressure
 - c. Lost circulation
 - d. Higher mudweight
5. Hvilken av følgende er **ikke** en hovedfunksjon av casing i brønnen?
 - a. Stabilizing downhole conditions
 - b. Controlling the pressure of the well
 - c. Preventing fracturing and collapse of the formation around the borehole
 - d. Preventing blowouts from the well.

OPPGAVE 4 Gasskick

Under boring av brønnen i oppgave 1 ned til 4300 m under boredekket begynner slamnivået i returtanken å stige mer enn forventet og en stanser boringa, slår av slampumpa og stenger BOP, 95 sek. etter at en antar at et kick startet. Tydeligvis var poretrykket ved denne dybden høyere enn vi har forutsett!

(Slamdata: 2400 l/min, 1130kg/m³, 15 cP). Volumet i returtanken er nå 14.7 m³ større enn forventet med vanlig retur av boreslam. Trykkmålere viser da et trykk på toppen av borestrengen på 13.3 bar, og et trykk på toppen av brønnannulus, rett under BOP, på 31 bar.

Lengde av vektørseksjon:	350 m
Indre tverrsnittsareal av borerør:	0.01157 m ²
Indre tverrsnittsareal av vektør:	0.003973 m ²
Annulus tverrsnittsareal utenfor borerørene:	0.02422 m ²
Annulus tverrsnittsareal utenfor vektørene:	0.009116 m ²

a)

1. Hva er trykket i bunnen av brønnen i den dybden en nå har boret til (4300m)?
2. Drepeslam skal gi en overtrykkmargin (sikkerhetsmargin) på 10 bar i bunnen av brønnen. Hvor stor tetthet må drepeslammet ha?

b)

1. Hvor høyt over bunnen står innstrømmet reservoarfluid?
2. Hva er tettheten av innstrømmet reservoarfluid?
3. Vil du frakturere formasjonen ved 3200m? Begrunn svaret.

En bestemmer seg for å bruke "engineers" metoden for å fjerne innstrømmet reservoarfluid samt å fylle brønnen med tungt nok boreslam (drepeslam) til at boringen kan fortsette. Utsirkulasjonsraten (dreperaten) skal være 680 l/min. Viskositet til drepeslam som en skal bruke er 24 cP, og du kan anta en drepeslamtetthet på 1185kg/m³.

c)

1. Hvor lang tid tar det å sirkulere ut borestrengen?
2. Hvor lang tid tar det å sirkulere ut innstrømmet fluid?

d)

1. Bruk gitte data, også i oppgavene før denne, til å beregne trykket som en må regulere mot under utsirkulering av borestrengen.
2. Tegn en graf som viser trykket i toppen av borestrengen under utsirkuleringen. Bruk tallverdier.

Flervalgsoppgave 4 Gasskick

1. Hvilken type ram kutter drillpipe i BOPen?
 - a) Shear ram
 - b) Blind ram
 - c) Cut ram
 - d) Pipe ram
2. For utsirkulering av et kick vil følgende metode bruke kortest tid:
 - a) Weight-and-weigh method
 - b) Drillers method
 - c) Two-circulation method
 - d) De bruker like lang tid
3. Hvilket av følgende utsagn er korrekt?
 - a) BOP works as storage unit for drillpipe during harsh weather conditions.
 - b) The Blowout preventer prevent kicks from occurring.
 - c) The hydraulic power package produces the main pump pressure during kick circulation.
 - d) The kill line provides a means of pumping fluids downhole when the drillstring is absent.
4. Hvilket av følgende er **ikke** en indikator på et kick?
 - a) Reduced height of mud column
 - b) Drilling break
 - c) Return flowrate increase
 - d) Gas cut mud
5. What is the MAASP?
 - a) Major annular anticipated spontaneous pressure
 - b) Minimum annular angle side projection
 - c) Maximum allowable annular surface pressure
 - d) Minor annular artificial sliding packer