

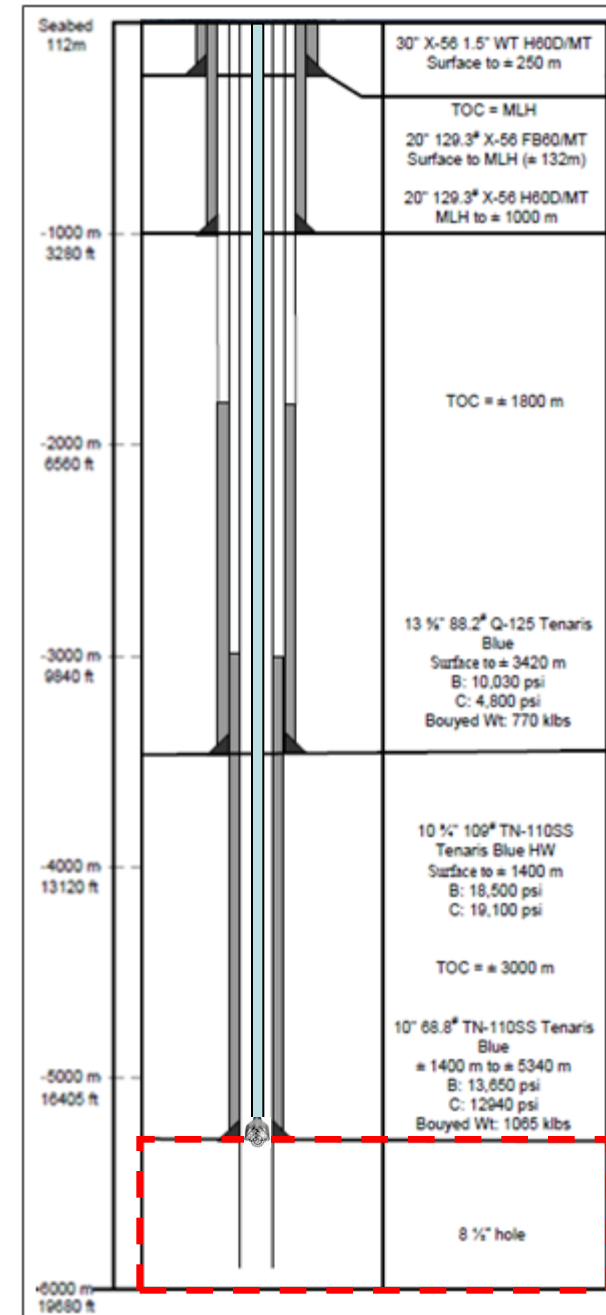
Boring av
reservoar seksjon
i en letebrønn
Nordsjøen

”Vi deler erfaring for å bli bedre”

- **Det er nedsatt en felles arbeidsgruppe bestående av personell fra operatørselskapene og boreentreprenørene under ledelse av Norsk olje og gass. Gruppen skal gi anbefalinger om hvordan man kan redusere antall og alvorlighetsgraden av brønnkontrollhendelser på norsk sokkel.**
- **Gruppen anbefaler blant annet å informere om faktiske brønnkontrollhendelser på sokkelen, slik at man kan dele erfaringene og øke forståelsen.**
- **Dette er den syvende i en serie av brønn kontroll hendelser. Hendelsen understreker viktigheten av å erkjenne og forstå at en hendelse sjelden skyldes en enkel grunn. Hendelsen viser at flere forhold måtte identifiseres og håndteres for å reetablere brønnkontroll**
- **Vi ber dere sette av tid til å gjennomgå denne presentasjonen med borepersonell, og drøfte de spørsmålene som stilles under presentasjonen. Ta gjerne med relatert servicepersonell innen boring (Eks. slamlogger og sementer.)**
- **Det er vårt håp at slik erfaringsdeling er nyttig, og vi imøteser eventuelle tilbakemeldinger.**

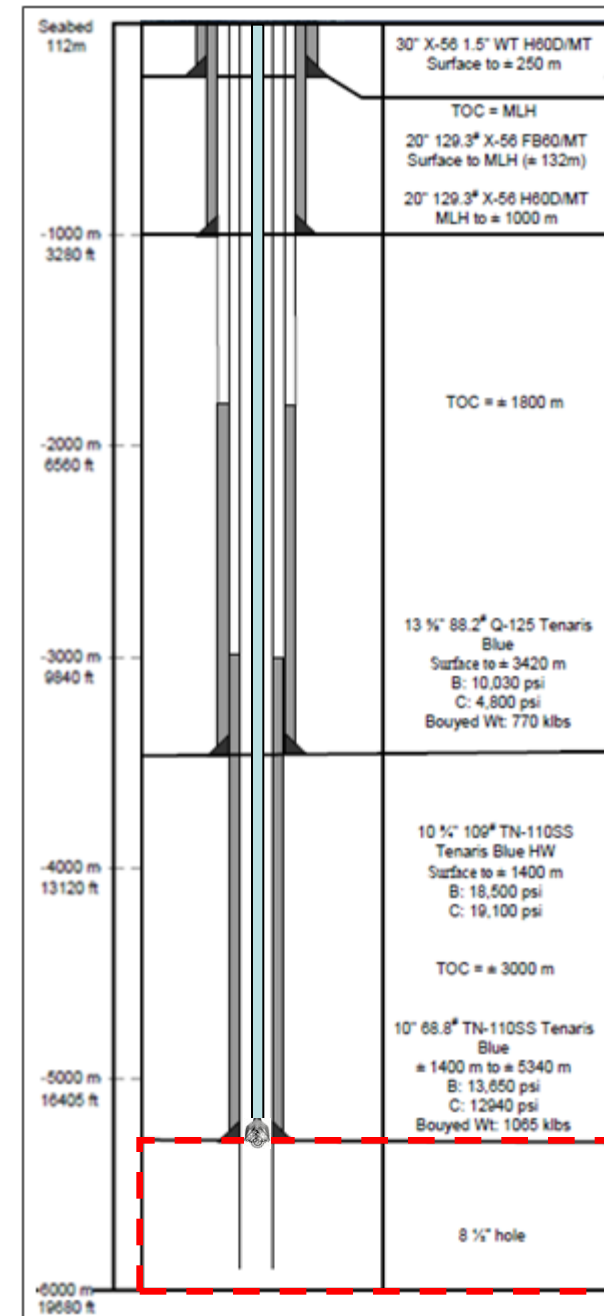
Boring 8½" Reservoar

- Bore en HPHT letebrønn i Nordsjøen.
- Topp reservoar rundt 5300m TVD og under en 2000m saltseksjon.
- Stor variasjon i reservoarporetrykks prognosene:
 - P10 (lavt estimat) = 1.58 sg
 - P50 (mest sannsynlig)= 1.91 sg
 - P90 (høyt estimat) = 1.94 sg
- En 1.94 sg slamvekt for utboring ble valgt for å unngå en mulig underbalansert situasjon ved boring inn i reservoaret.



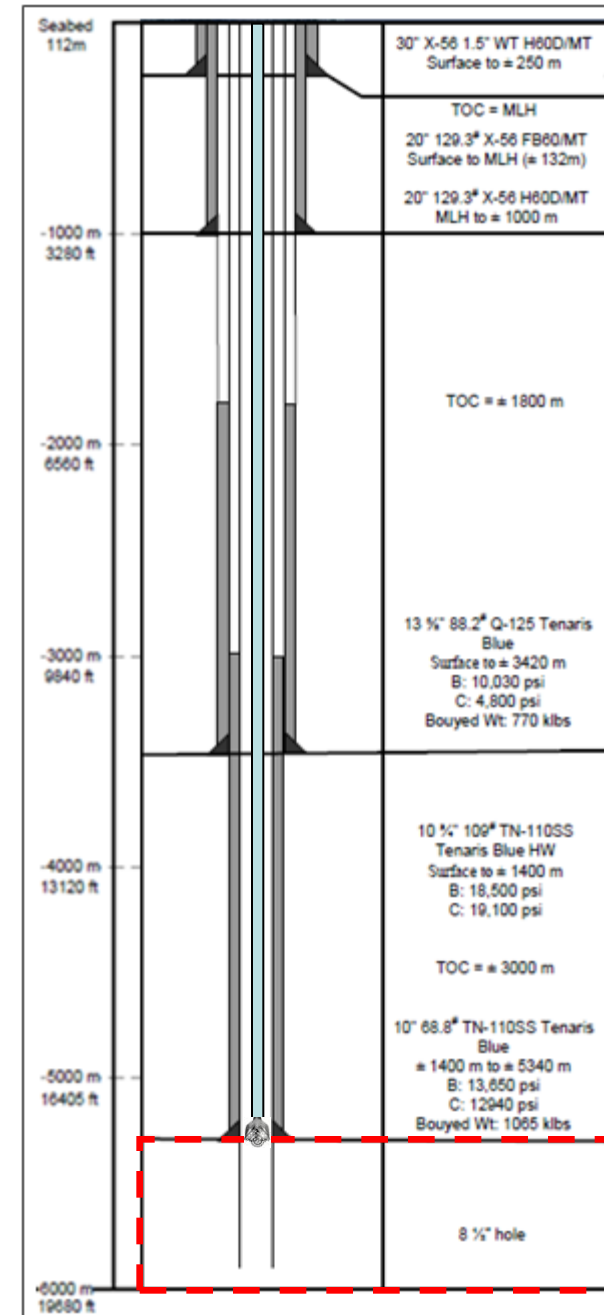
Boring 8½" Reservoar

- Bore en HPHT letebrønn i Nordsjøen.
- Topp reservoar rundt 5300m TVD og under en 2000m saltseksjon.
- Stor variasjon i reservoarporetrykks prognosene:
 - P10 (lavt estimat) = 1.58 sg
 - P50 (mest sannsynlig)= 1.91 sg
 - P90 (høyt estimat) = 1.94 sg
- En 1.94 sg slamvekt for utboring ble valgt for å unngå en mulig underbalansert situasjon ved boring inn i reservoaret.
- **Skulle slamvekten vært basert på P10-, P50- eller P90-poretrykksestimat? Diskuter**



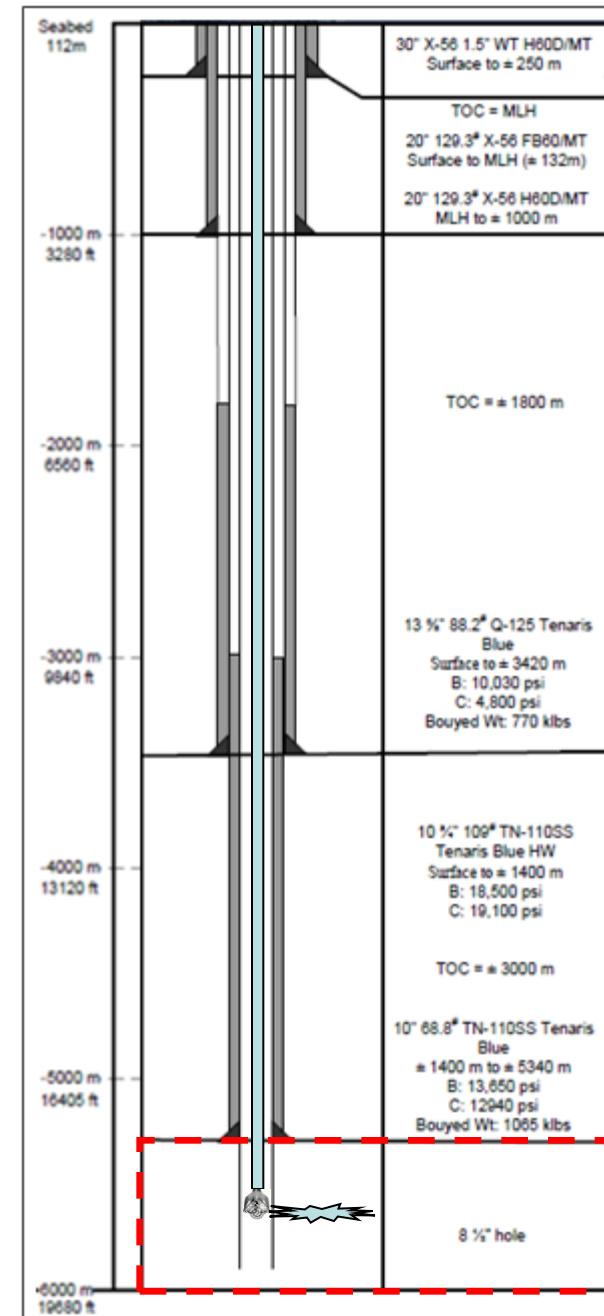
Boring 8½” Reservoar

- Bore en HPHT letebrønn i Nordsjøen.
- Topp reservoar rundt 5300m TVD og under en 2000m saltseksjon.
- Stor variasjon i reservoarporetrykks prognosene:
 - P10 (lavt estimat) = 1.58 sg
 - P50 (mest sannsynlig)= 1.91 sg
 - P90 (høyt estimat) = 1.94 sg
- En 1.94 sg slamvekt for utboring ble valgt for å unngå en mulig underbalansert situasjon ved boring inn i reservoaret.
- Skulle slamvekten vært basert på P10-, P50- eller P90-poretrykksestimat? Diskuter
- Slamvekt var designet til å balansere P90 poretrykksestimatet. Hva som er beste løsning må bli grundig evaluert for hver enkelt brønn basert på hvilken informasjon en har tilgjengelig og hva den spesifikke brønn designen tillater.



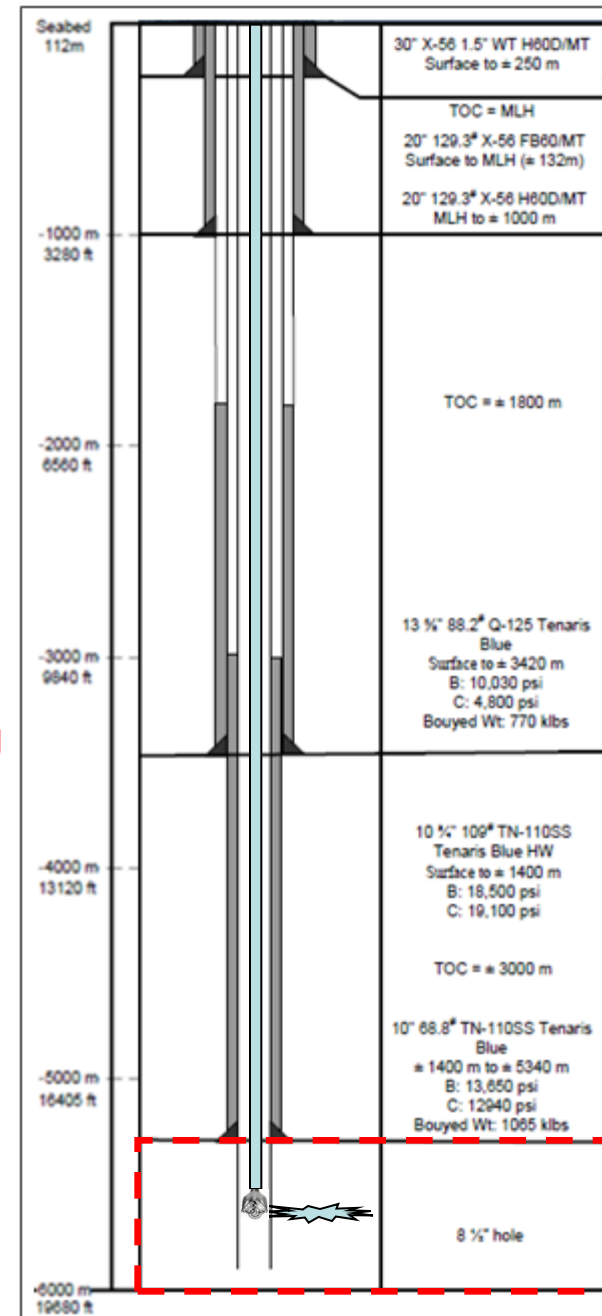
Tap av slam

- Utførte FIT under 10" skoen til 2.16 sg ekvivalent slamvekt.
- Boret 8½" hull med 1.94 sg slamvekt og ECD på 2.09 sg.
- Gikk på slam tap ved 5550m med en rate på 28,600 l/t.
- Stabiliserte brønnen ved 1.86 sg ekvivalent slamvekt ved bruk av 1.16 sg pre-mix. Totalt slam tap = 122,400 l.
- Brønnstatus: Stabil brønn med 5000m av 1.94 sg slamkolonne i nedre del av brønnen, og en 550m 1.16sg slamkolonne i øvre del av ringrom. Ekvivalent til 1.86 sg ved taps dybde.
- Med den tunge slamvekten på 1.94 sg i store deler av hullet og kjennskap til at brønnen går på tap dersom en overstiger 1.86 sg ekvivalent slamvekt, hvordan skal den tunge borevæsken kunne sirkuleres ut og erstattes av et lettere slamsystem for å redusere det hydrostatiske trykket uten å indusere nye tap?
Diskuter.



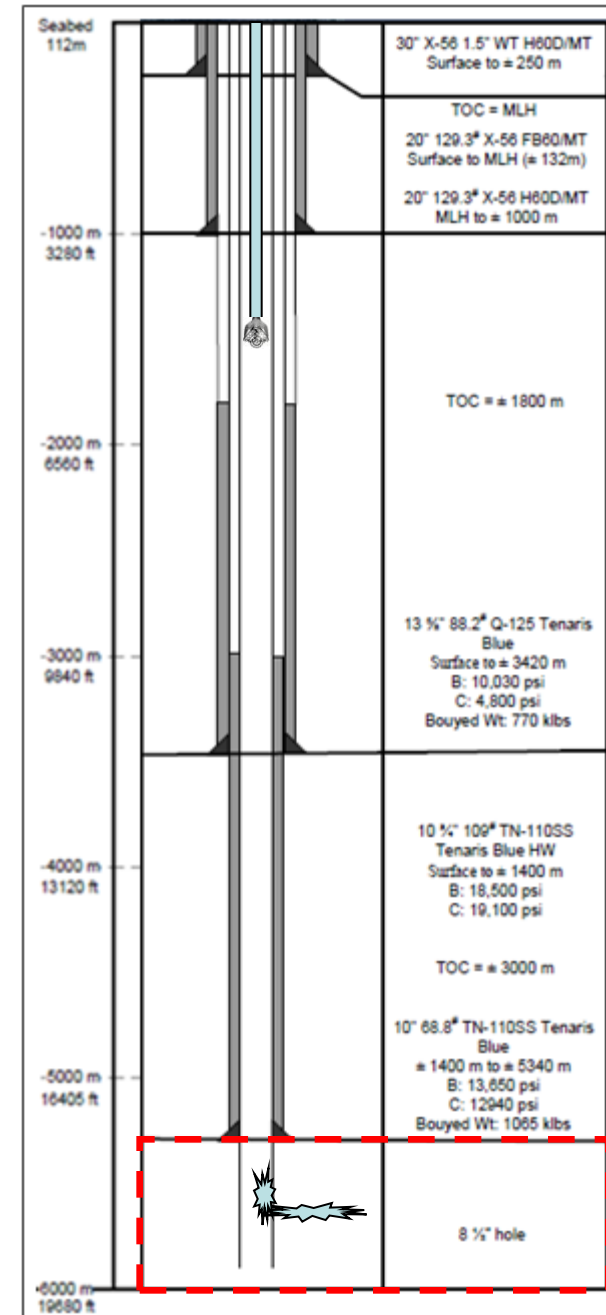
Tap av slam

- Utførte FIT under 10" skoen til 2.16 sg ekvivalent slamvekt.
- Boret 8½" hull med 1.94 sg slamvekt og ECD på 2.09 sg.
- Gikk på slam tap ved 5550m med en rate på 28,600 l/t.
- Stabiliserte brønnen ved 1.86 sg ekvivalent slamvekt ved bruk av 1.16 sg pre-mix. Totalt slam tap = 122,400 l.
- Brønnstatus: Stabil brønn med 5000m av 1.94 sg slamkolonne i nedre del av brønnen, og en 550m 1.16sg slamkolonne i øvre del av ringrom. Ekvivalent til 1.86 sg ved taps dybde.
- Med den tunge slamvekten på 1.94 sg i store deler av hullet og kjennskap til at brønnen går på tap dersom en overstiger 1.86 sg ekvivalent slamvekt, hvordan skal den tunge borevæsken kunne sirkuleres ut og erstattes av et lettere slamsystem for å redusere det hydrostatiske trykket uten å indusere nye tap?
..... Diskuter.
- Det ble utviklet en plan som innebar en stegvis utsirkulering av den tunge borevæsken som skulle erstattes med en lettere væske som ikke tillot å overstige ekvivalent slamvekt på 1.86sg. Dette innebar å trekke borekronen ut av hullet til 1500m.



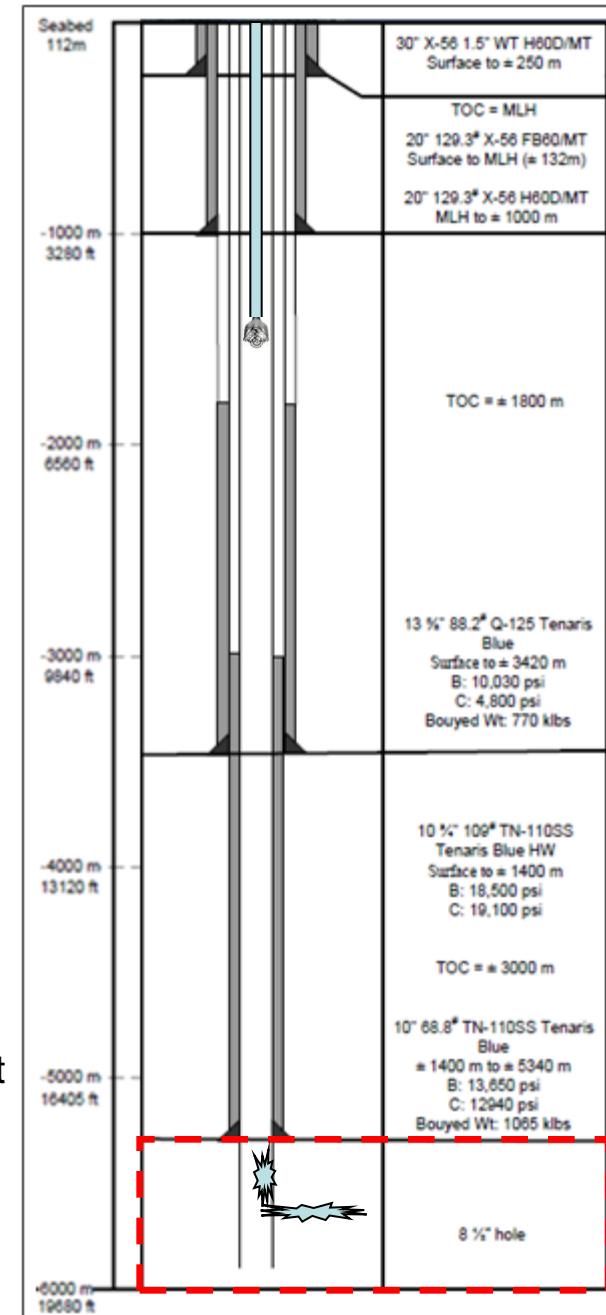
Trekke bit ut til 1500m

- Trakk ut av hullet til 1500m og fortrengete til 1.16 sg slamvekt i hht planen.
- Med den lette væsken ved borekronen, ble det observert en hurtig økning i tilbakestrømning på 4,770l.
- Stengte inn brønnen and observert trykkene:
 - SIDPP = 580 psi (40 bar) / SICP = 435 psi (30 bar)
- Fortsatte å sirkulere inn 1.16sg slamvekt og beholdt DP trykk konstant. Slamvekt i retur på BU ble observert til 1.44sg
- Det ble igjen observert en 3,180l økning i retur. Stengte inn og observert trykkene.
 - SIDPP = 900 psi (62 bar) / SICP = 830 psi (57 bar)
- Sirkulerte inn 1.44sg slamvekt ved å holde baktrykk for å oppnå tilsvarende brønnsituasjon som før inn sirkulering av 1.16sg.
 - SIDPP = 230 psi / SICP = 408 psi
- Sirkulerte inn 1.58sg slamvekt. Stengte inn brønnen og observert trykk oppbygning
 - SIDPP = 320 psi (16 bar) / SICP = 320 psi (22 bar)
- Blødde av CP i 25 psi (1,7 bar) inkrementer. Strømningssjekkert brønnen via åpen choke. Observert initielt en liten økning i retur strømmen men gikk over på en synkende trend mot 80 l/time.
- Disse observasjonene indikerte at den nedre grensen av operasjonsvinduet var på 1.68 sg ekvivalent slamvekt. Den øvre grensen forble 1.86sg, som resulterte i ett "sikkert" operasjons vindu på 0.18 sg.
- Dette medførte behov for en oppdatert utsirkuleringsplan basert på det nye og begrensede operasjonsvinduet.



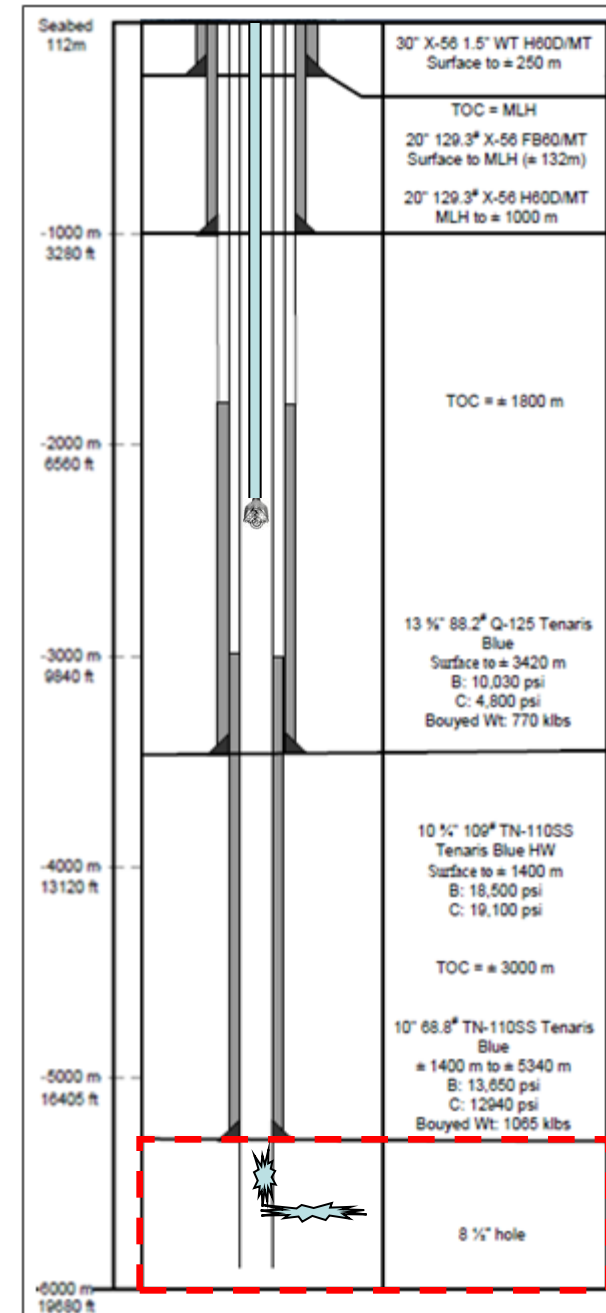
Onshore støtte

- Land organisasjonen for leteboring ble delt i to grupper som arbeidet 12 timers skift for å støtte operasjonen offshore. Dette ble gjort 24/7 til den primære barrieren var sikret.
 - Etablerte to grupper i support senteret hos operatør for å sørge for et kontakts punkt og tilgang til videokonferanse fasiliteter til alle døgnets tider.
 - Ingen endring i ansvarsforholdet mellom offshore og onshore.
 - Onshore gruppe forberedte videre planer for å gjenvinne brønnkontoll mens offshore personell hadde fullt fokus på brønnen og forholdene nedi hulls.
 - Det ble opprettholdt detaljert operasjons- og observasjonslogg fra land.
- MI-Swaco COVR sanntids hydraulikk simuleringer støttet operasjonen 24/7 gjennom hele brønnen. Ved bruk av historiske brønndata i en hydraulisk modell ble utsirkuleringsplanen som ble laget mer pålitelig.
 - Hvor langt kan vi gå inn i denne tunge 1.94sg borevæsken, sirkulere ut og fortrenge med en lettere væske?
 - Hvilke sirkulasjonsrater kan bli brukt?
 - Hva er forventet pumpetrykk ved fortrening av ny borevæske?
- Med 1.94 sg slamvekt under borekronen og 0.06sg ECD på åpent hull ved sirkulering på inni foringsrør, vil arbeidsvinduet og de stegvise intervallene være begrenset.



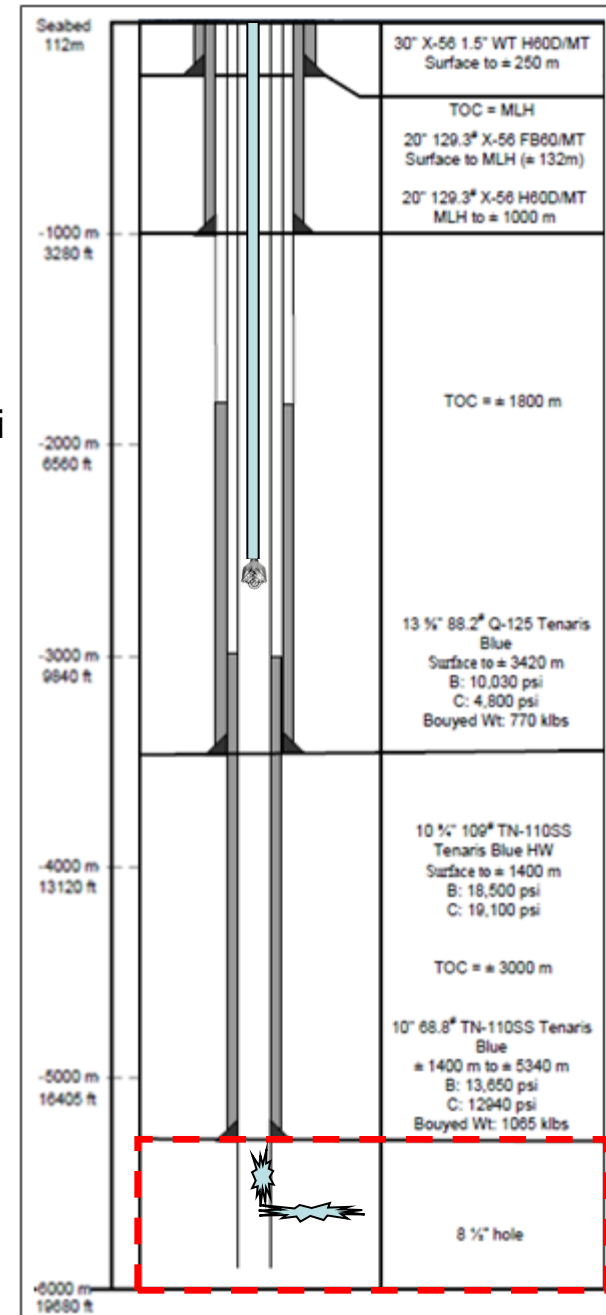
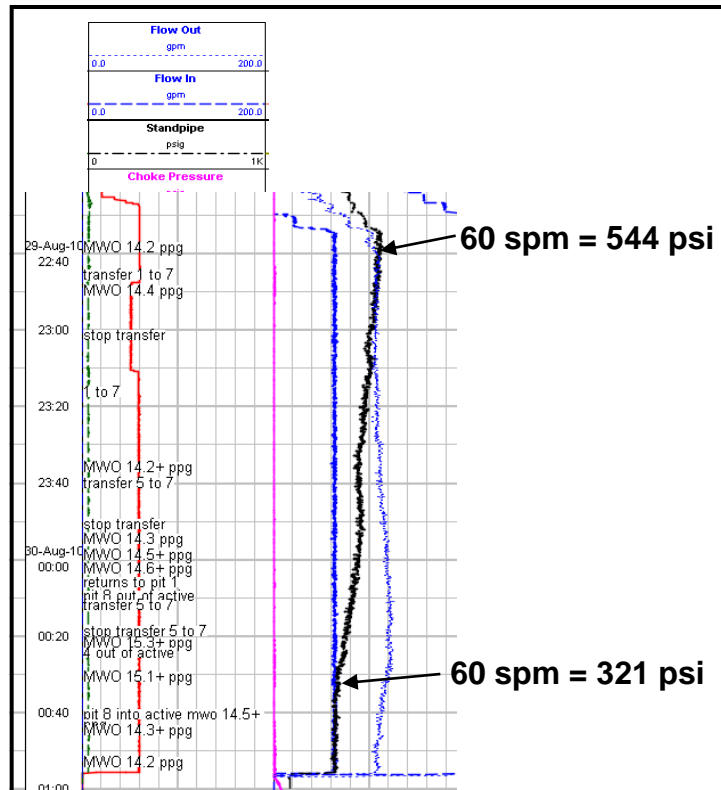
Stegvis i hullet

- Etter å ha kommet til 2160m, kom det indikasjoner på at tilbakeslagsventilene i BHA'en lakk. To stempeltype ventiler ble brukt i nedre del av BHA.
- Hva gjør vi nå?Diskuter.



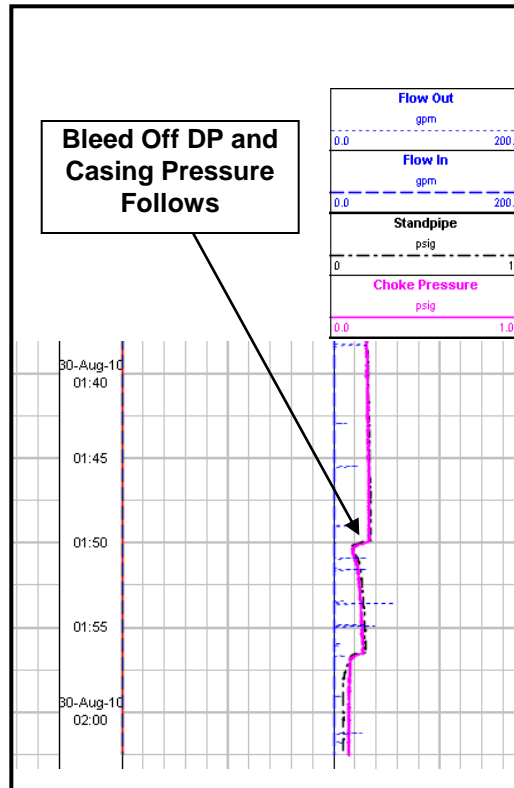
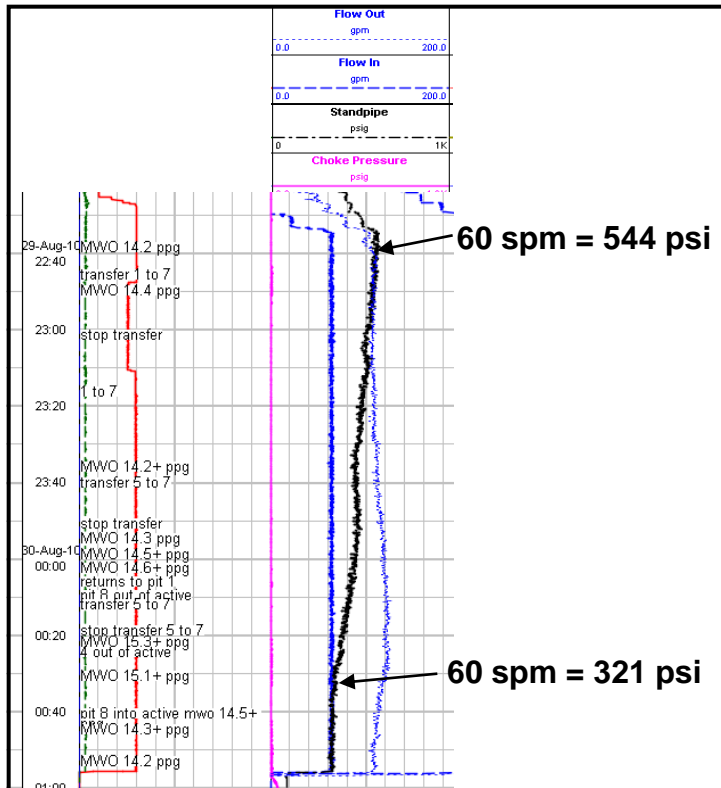
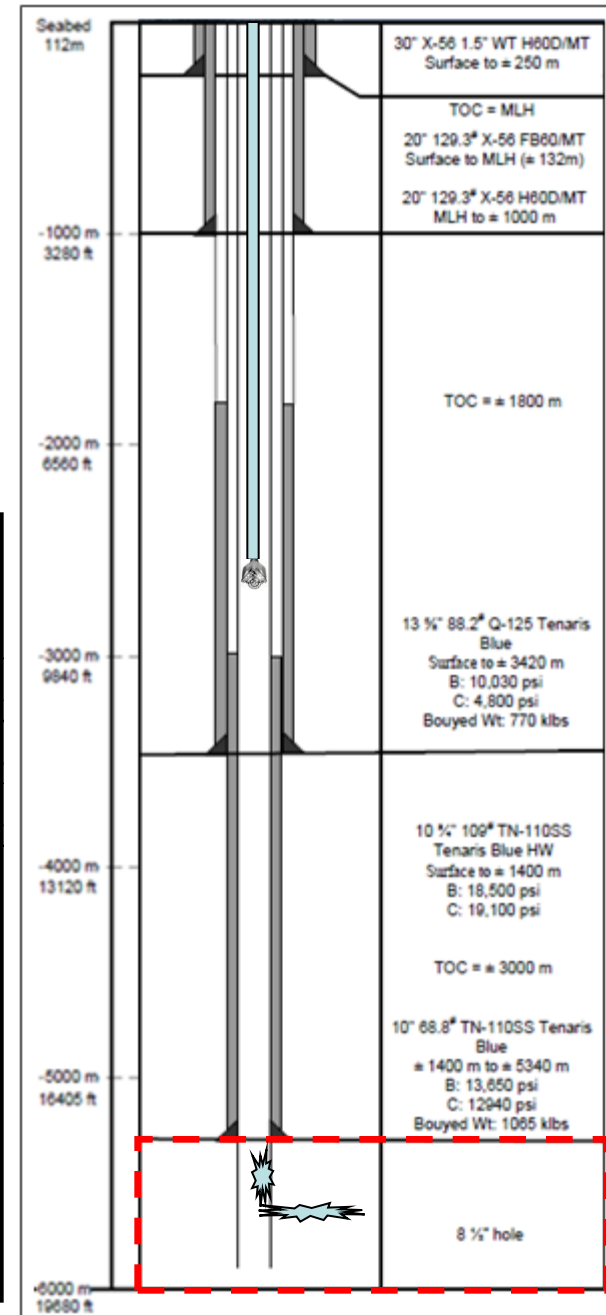
Stegvis i hullet

- Etter å ha kommet til 2160m, kom det indikasjoner på at tilbakeslagsventilene i BHA'en lakk. To stempeltype ventiler ble brukt i nedre del av BHA.
- **Hva gjør vi nå?**Diskuter.
- En IBOP ble installert i strengen for å kunne fortsette med planlagt operasjon inn i brønnen.
- Med borekronen på 2650m ble det observert en gradvis reduksjon i SPP. Dette var ikke i henhold til de simulerte trykkene.
- **Hva skjer?**Diskuter.



Trykk Kommunikasjon

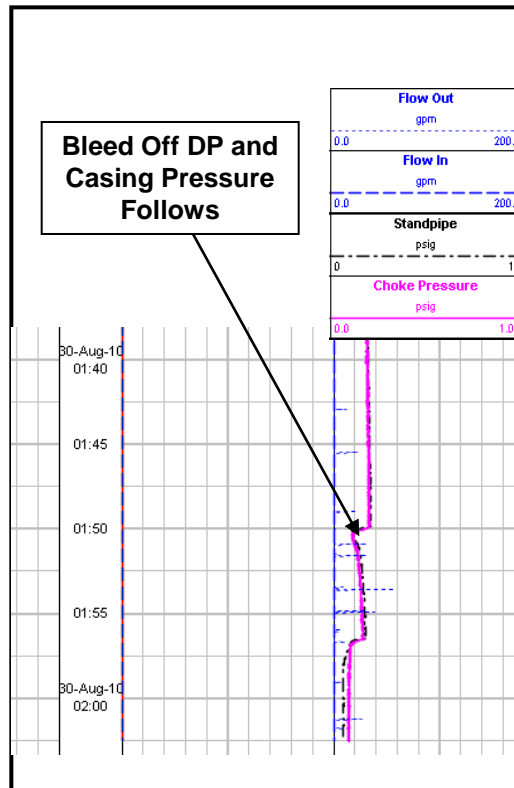
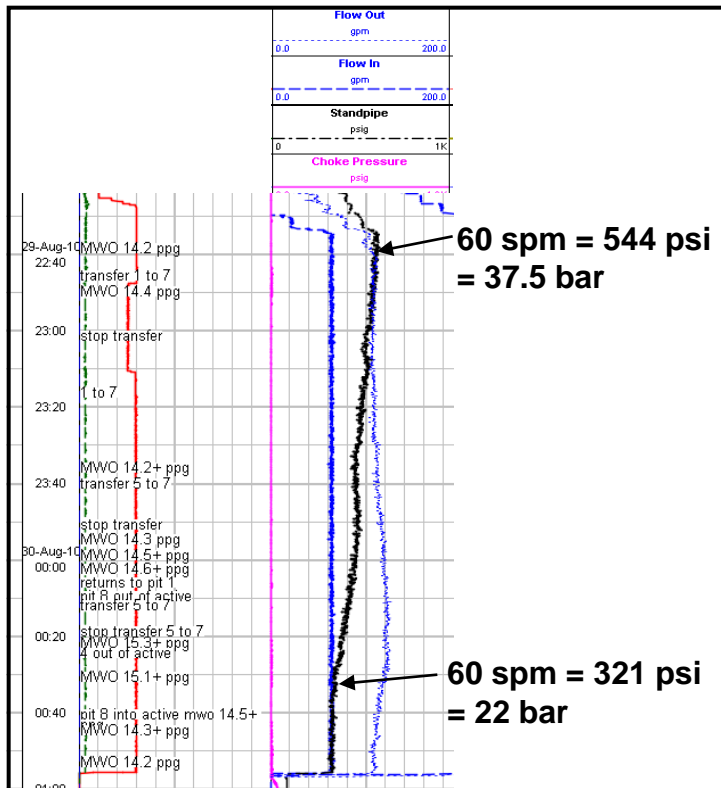
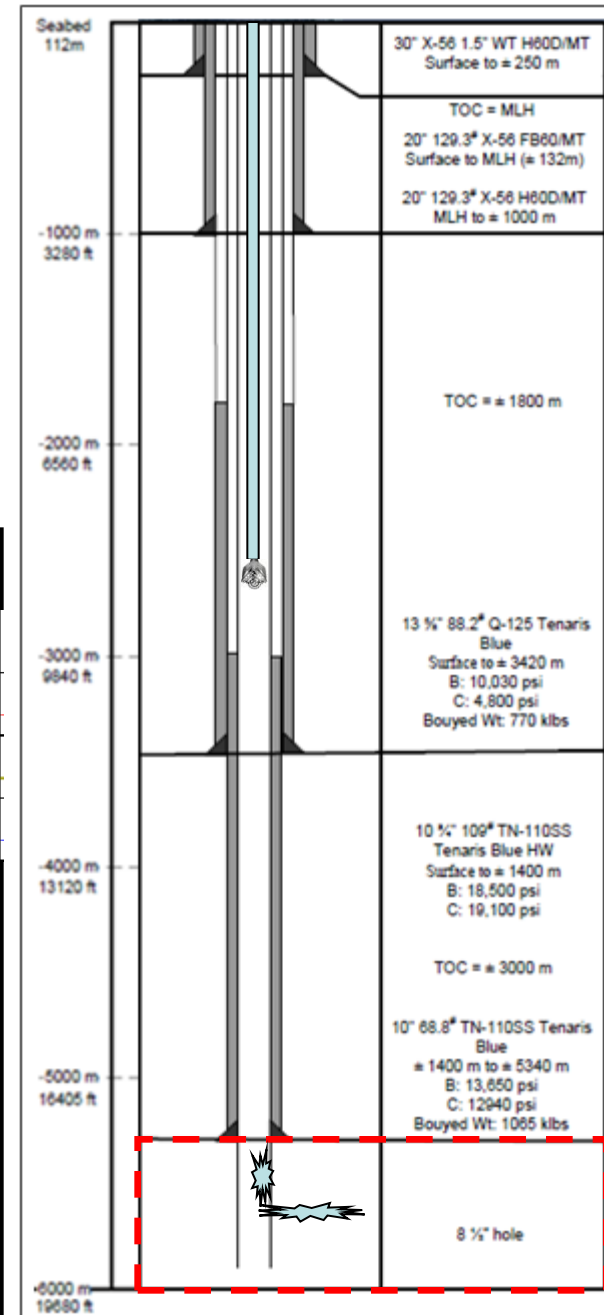
- Brønnen ble stengt inne og observert for trykkoppbygning i borestreng og ringrom.
- SIDPP og SICP viste seg og være like og overlappet hverandre.
- **Hva skjer?**Diskuter.



Trykk Kommunikasjon

Observasjoner:

- Likt innstengnings trykk i borestreng og ringrom indikerte kommunikasjon mellom DP og annulus.
 - To tilbakeslagsventiler i BHA'en og en IBOP i strengen. Er det lekkasje i alle tre ventilene?
- Tung 1.94sg borevæske kommer tilbake senere enn forventet.
- Pumpetrykket blir gradvis mindre med lik rate og er lavere enn forventet sammenlignet med MI Swaco's hydrauliske modell
- Hva skjer?Diskuter.

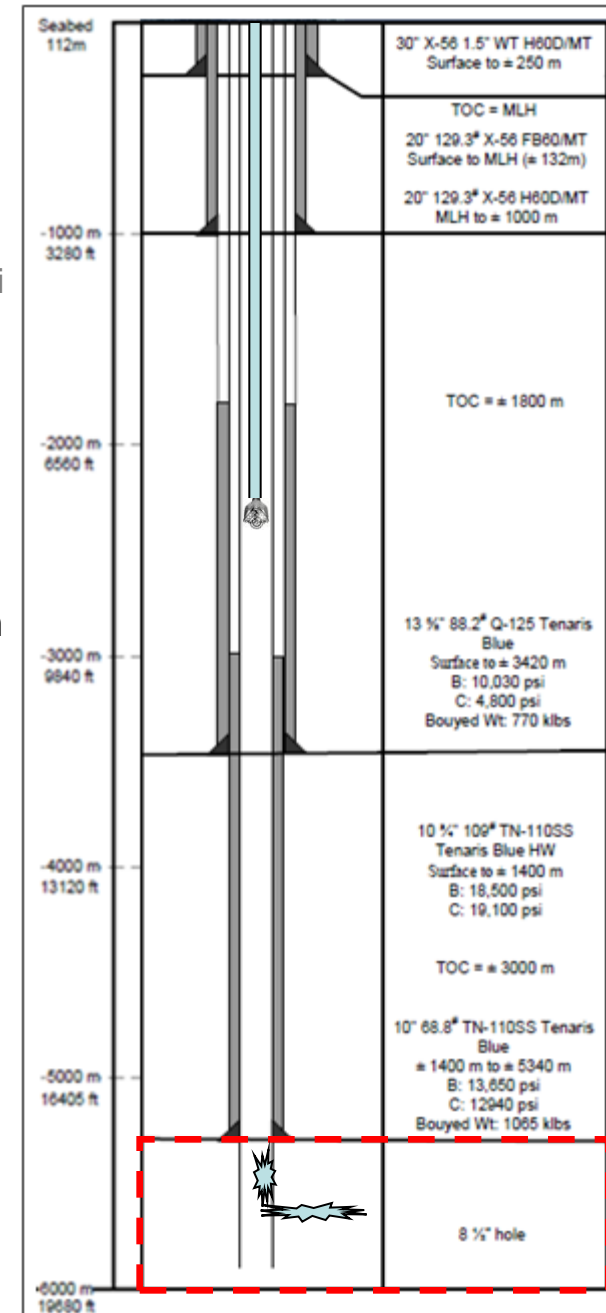


Trykk Kommunikasjon

Observasjoner:

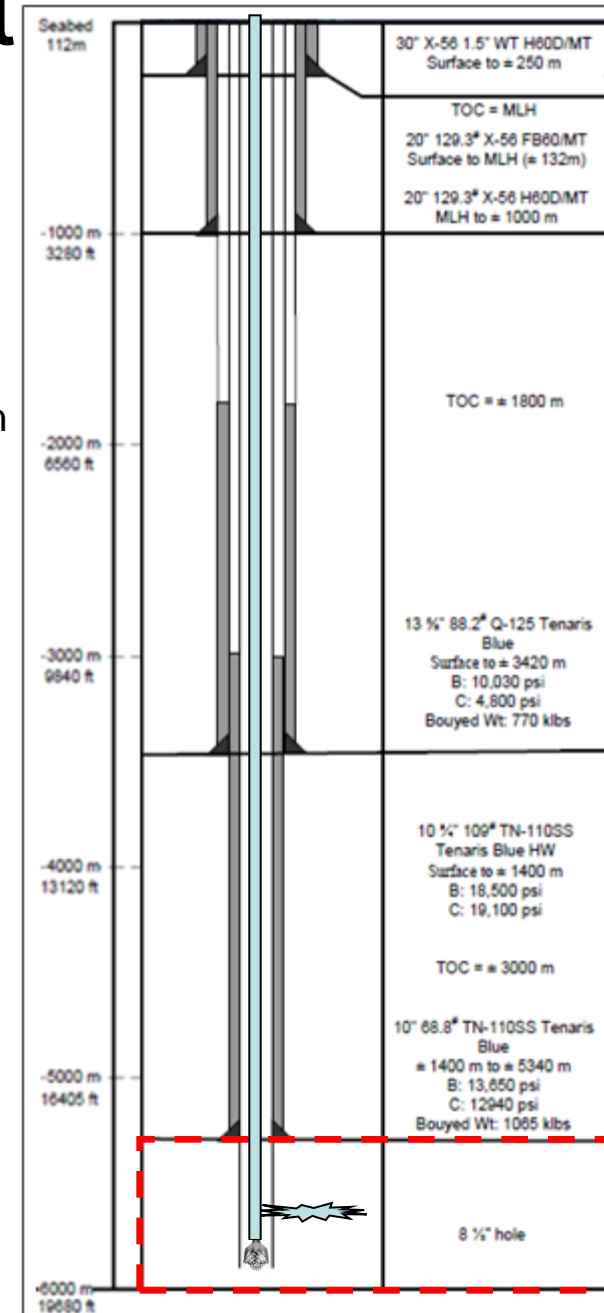
- Likt innstengnings trykk i borestreng og ringrom indikerte kommunikasjon mellom DP og annulus.
 - To tilbakeslagsventiler i BHA'en og en IBOP i strengen. Er det lekkasje i alle tre ventilene?
- Tung 1.94sg borevæske kommer tilbake senere enn forventet.
- Pumpetrykket blir gradvis mindre med lik rate og er lavere enn forventet sammenlignet med MI Swaco's hydrauliske modell
- **Hva skjer?**Diskuter.
- Dette er alle indikasjoner på en mulig utvasking i strengen.
- Strengen ble pumpet ut 300m til borekronen var på 2350 m. En kraftig utvasking rett under en koblingsboks ble observert.

Hva kunne vært konsekvensene dersom denne utviklingen ikke hadde blitt observert og korrekte handlinger utført?



Fortsatte stegvis inn i hullet

- Det utvaskede standet ble erstattet og den stegvise utsirkuleringen fortsatte etter planen.
- Etter totalt 14 stegvise intervaller var brønnen fortrenget til 1.82 sg slamvekt fra 10" sko og opp. Brønnen ble bekreftet statistisk over en åpen choke.
- Ingen indikasjon av formasjonsvæske ble overservert.
- Innstrømningen som ble observert i begynnelsen av utsirkuleringen med borekrone på 1500m var tidligere tapt borevæske som hadde blitt returnert inn i brønnen – såkalt brønnpusting.
- Slamvekten ble ytterligere redusert til 1.8sg og borekronen ble vasket til bunnen av hullet med en begrenset ECD til 1.85sg ekvivalent slamvekt.
- Brønnen ble strømnings sjekket og observert statistisk før en reduksjon av slamvekt ble utført til 1,78 sg.
- Etterfulgt av en stabil strømnings sjekk, ble brønnen boret nye 190m til planlagt slutt dyp av brønnen.



Lærepunkter

- 24 timer støtte av onshore boreteam gjennom de 2 ukene det tok og gjenopprette den primære brønnbarrieren for igjen å kunne fortsette boreoperasjonen bidro til en sikker utførelse av en utfordrende operasjon.
- Operatøren vil planlegge for denne type støtte fra land dersom liknende brønnkritiske hendelser skulle oppstå i fremtiden.
- MI-Swaco's PressPro simuleringer var til god hjelp når den stegvise utsirkulerings planen skulle optimaliseres. Simuleringene støttet også bekymringene angående utvasking i borestrengen.
- En hendelsen oppstår sjeldent alene.
 - Tap av borevæske
 - Skjøre brønnforhold / begrenset operasjonsvindu
 - Innstrømning med borekrone av bunnen
 - Lekkasje i tilbakeslagsventiler
 - Utvasking i strengen

