



NORSK  
OLJEMUSEUM

*Årbok 1994*  
*med årsmelding for 1993*

---

Ingvill Rørnes Hide<sup>1</sup>

## Saga under høytrykk

Fem år er gått siden det dramatiske uhellet på 2/4-14, ni kilometer nordøst for Albuskjell-plattformen i Ekofiskområdet. Et uhell der teori måtte prøves ut i praksis og som satte de involverte menneskenes utholdenhet og pågangsmot på en knallhard prøve. 14 måneder skulle det ta før 2/4-14 kunne forlattes etter forskriftene. Dager, uker og måneder der alle måtte forholde seg til et *worstcase* scenario, dersom operasjonene som ble satt i gang ikke skulle lykkes. Eksplosjon og blow-out ble unngått, og erfaringene som smertelig ble høstet og metodene som ble utviklet, er i dag i bruk i oljevirkosomhet over hele verden.

Men hva var det som skjedde og hvordan taklet Saga, som den gang bare talte rundt åtti ansatte i selskapets Driftsdivisjon i Stavanger, problemene som tårnet seg opp? Offshorehistorien er ung, men innholdsrik og 2/4-14 er et viktig kapittel i læreboken.

### 14 MÅNEDERS INTENST ARBEID

#### **Fredag 20. januar 1989. Dagen det hele startet.**

Boringen med Treasure Saga er på denne tiden Sagas eneste aktive operasjon. Ombord på plattformen befinner det seg 75 personer. Borekronen gjøres klar til å trenge inn i det tynne sandstenslaget 4700 meter under boredekket. De første indikasjonene på hydrokarboner registreres. De er under høyt trykk. Et trykk som overstiger styrken i bergartene høyere oppe i brønnen. For å stabilisere trykket settes en sementplugg i bunnen av borehullet. Etter støpingen må borestrengen rengjøres innvendig ved hjelp av et kveilerør. Under dette arbeidet bryter plutselig sementpluggen sammen, samtidig oppstår det utstyrssvikt og brønnen er ute av kontroll.

## Location of Well 2/4-14

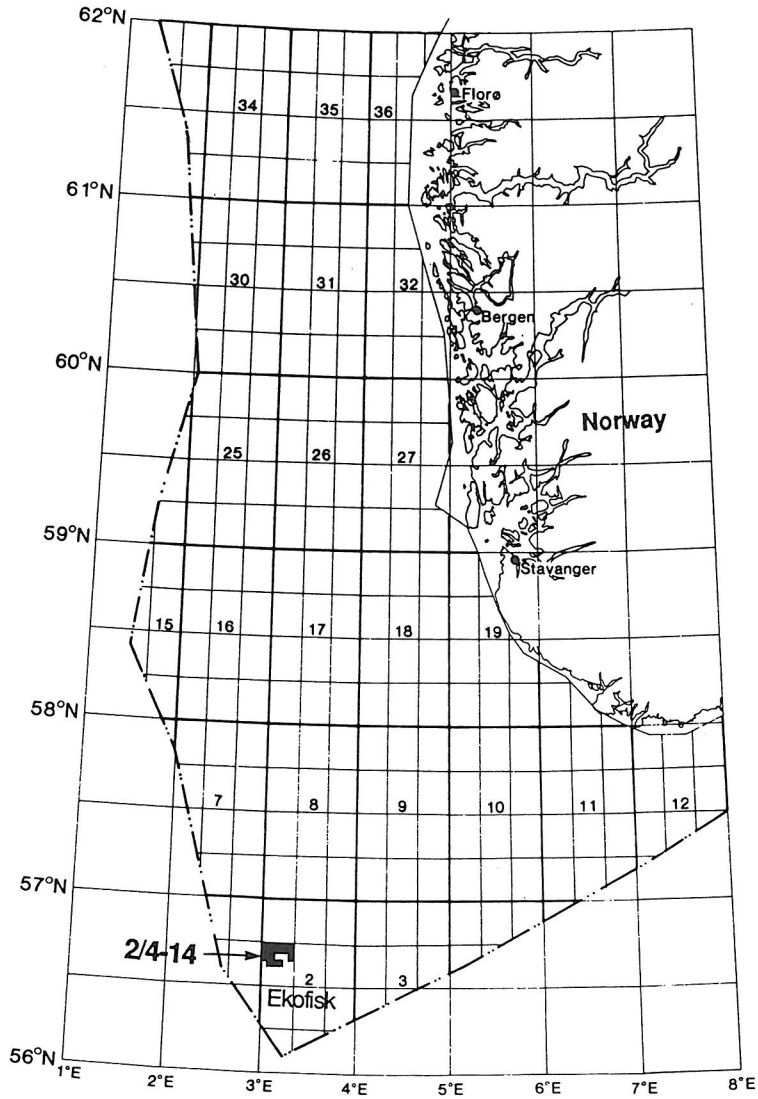


Figure 1

*Blokk 2/4, som ligger helt sør i Nordsjøen, ble tildelt i 12. konsesjonsrunde i 1988, med Saga Petroleum som Operatør og Statoil, Elf og Amerada Hess som Partnere. Ill.: Saga Petroleum*



Det blir kraftig gassutvikling på boredekket, og utblåsningsventilen på havbunnen må stenges. Dette blir gjort klokken 16.40. Forbindelsen med borestrengen blir borte, men det er fortsatt kontakt med brønnen via "drepelinen" fra sikkerhetsventilen og til boredekket. Dermed kan trykket i brønnen fremdeles avleses. Et trykk som utvikler seg dramatisk opp til 700 bar. Tilsvarende det trykket som befinner seg i bunnen på en tenkt vannsøyle med 7 kilometers høyde, og langt høyere enn hva som har vært vanlig i Nordsjøen til nå.

38 av de 75 personene som befinner seg ombord evakueres til Ekofisk, mens de resterende blir igjen for å stabilisere brønnen. Senere på kvelden evakueres ytterligere mannskap. Bare 28 personer er tilslutt igjen på riggen. I evakueringsarbeidet er Phillips, med sin infrastruktur på Ekofisk, til stor hjelp. De stiller til rådighet båter og helikopter og gir Saga innpass i deres etablerte satelittkommunikasjon. Utblåsing er stanset med sikkerhetsventilen, men fortsatt er situasjonen kritisk og Sagas beredskapsorganisasjon kalles sammen for å bistå til å løse problemene. I Stavanger er Saga ansatte på vei til årets julebord på Sola Strandhotell. I stedet må drosjene omdirigeres til Sagas lokaler på Forus der beredskapsorganisasjonen mobiliseres og det opprettes pressesenter. Allerede denne første natten blir de fleste av de større selskapene kontaktet for å bidra med råd og assistanse. Olje- og media-verdens øyne rettes mot situasjonen som utspiller seg i Nordsjøen.

### **Det smeller på nytt**

Første forsøk på å stabilisere brønnen går ut på å pumpe tungt boreslam ned via "drepelinen". Neste dag, lørdag 21. januar, ryker den. Et enormt smell blir etterfulgt av et drønn som om ti jetjagere skulle ta av samtidig. Sikkerhetsventilen blir stengt etter få sekunder og gass-strømmen stanses igjen. Etter dette har Treasure Saga ingenting mer den kan gjøre med 14- brønnen. Riggen trekkes derfor i sikkerhet 150 meter unna.

Bare sikkerhetsventilen står igjen på havbunnen. Den holder igjen trykket på 700 bar og hindrer ukontrollert utstrømming



fra reservoaret. Takket være at denne sikkerhetsventilen holder, blir det tid til å planlegge det videre arbeidet.

### **Force Majeure**

2/4-14 blir en hastesak og får topp prioritet fra alle involverte. Allerede dagen etter uhellet er hovedlinjene for organisasjonen på plass. Åpenhet er viktig fra første stund, og informasjon og kvalifisert assistanse blir åpen for alle deltakerne. Ikke minst er myndighetenes holdning utslagsgivende. Her blir det gitt rom for å sette normale behandlingstider og regler til side. En situasjon som nok til tider er vanskelig å svelge for de mest innbarkedede regelrytterne. En hovedmålsetting som Saga imidlertid klart prioriterer er sikkerheten, som hele tiden skal være på nivå med normal operasjon.

Det amerikanske brønndreplings selskapet Boots & Coots blir kontaktet umiddelbart og ankommer Stavanger allerede dagen etter uhellet. De bistår Saga som rådgivere i planleggingen og gjennomføringen av operasjonen for å gjenvinne kontroll over brønnen. Fra og med 24. januar er en grovplan for tilbakekobling på brønn 2/4-14 lagt og arbeidet med å bore en avlastningsbrønn påbegynt.

### **Hvilke metoder velges og hvorfor?**

For å øke sannsynligheten for å lykkes forberedes to metoder, og begge blir utført parallellt. Den ene operasjonen går ut på å gå tilbake over brønn 2/4-14 og koble seg til sikkerhetsventilen på havbunnen med spesialutstyr. Dette utstyret skal gjøre det mulig å trinnvis arbeide seg ned i brønnen. På denne måten vil man igjen få mulighet for å etablere sirkulasjon i brønnen, slik at man kan pumpe ned tung borevæske og dermed balansere det høye trykket. Denne operasjonen skal gjennomføres med en bunnfast enhet, den oppjekkbare plattformen Neddrill Trigon.

Parallellt med dette skal Treasure Saga sette igang arbeidet med å bore en avlastningsbrønn, 2/4-15S, ned til bunnen av 2/4-14. Målsettingen er å oppnå kontakt fra undersiden og etablere en tilsvarende sirkulasjon av borevæske ned gjennom

den nye brønnen og inn i problembønnen. For å få full kontroll med resultatet av denne operasjonen er man avhengig av å være koblet til brønnen fra oversiden.

På grunn av det høye trykket som er registrert i brønnen, stilles det strenge krav til valg av utstyr for brønnintervensjon. Det blir derfor gjennomført en undersøkelse for å identifisere og dokumentere tidligere utførte høytrykks snubbeoperasjoner (kvelingsoperasjoner) på verdensbasis, og hvilket utstyr som har vært involvert i disse. Et nært samarbeid med de andre rettighetshaverne Statoil, Elf og Amerada Hess etableres. I hovedsak blir alle hovedvalg drøftet og etablert i enighet på forhånd. I tillegg til støtten fra partnerne blir ekspertise, teknologi og utstyr innhentet fra hele verden.

Med nytt boreprogram og ny lokalitet starter Treasure Saga boring av avlastingsbrønnen ca. 1250 meter fra brønn 2/4-14, tirsdag den 31. januar. Et 8,5 tommers hull skal treffes på 4700 meters dyp.

### **Mobilisering av nødvendig utstyr**

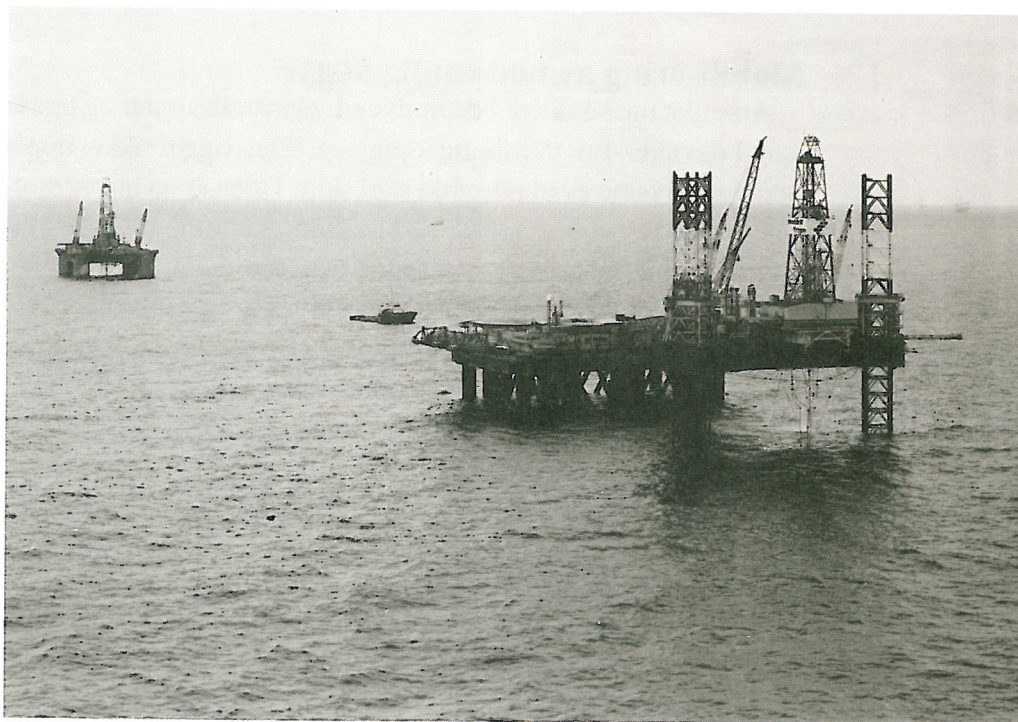
Arbeidet med å få tak i de nødvendige installasjoner og utstyr kan begynne. En vanskelig oppgave. Det ligger ikke noe i opplag i påvente av at noe slikt skal skje. Tiden er nå hovedmotstanderen. Det må arbeides raskt. Kontraktsforhandlinger blir gjennomgått. Ny borerigg og flere spesialfartøy må kontraheres og utrustes for oppgaven. Design og produksjon av høytrykksutstyr som krever spesialstål må igangsettes, og modifisering på utstyr må utføres. Flere bedrifter utsetter igangværende produksjon for å kunne ta på seg de nye oppgavene.

Interessen og velviljen industrien viser for å være med på å løse de teknologiske utfordringene 2/4-14 nå står overfor er stor. Kun i et tilfelle opplever Saga et firma som klart er ute etter å sko seg på problemene. I dette tilfellet blir all foretningsforbindelse umiddelbart kuttet.

Den oppjekkbara riggen *Neddrill Trigon* mobiliseres fra dansk sektor, og kontraktsforhandlinger om kaifasiliteter for inntak av riggen og med påfølgende modifikasjoner starter.

Jack-up riggen skal benyttes til å utføre selve brønnintervensjonen. Flotellet Safe Britannia mobiliseres til feltet for at offshore personell skal ha et trygt oppholds- og evakueringssted. Flotellet skal også benyttes som kontroll-senter offshore. Vanligvis blir operasjonsledelsen etablert på land, men for å få korte og raske beslutningsprosesser blir det sett på som riktig å etablere seg offshore. I den situasjonen som det nå arbeides med må en hele tiden være instillt på komplikasjoner som krever øyeblikkelige avgjørelser. I tillegg til dette er det ønskelig å styrke offshoreorganisasjonen. Dette bidrar til at borelederne kan konsentrere seg om selve operasjonen. Operasjonsledelsen stasjoneres på Safe Britannia fra starten av.

I tillegg til riggene mobiliseres det ekstra standbybåter utstyrt for å håndtere beredskapstiltak og eventuell forurensning. Ni båter er til enhver tid på plass i området. Det blir inngått kontrakter med tre rigger og over tid totalt femti fartøy.



*Jack-up riggen Neddrill Trigon, Flotellet Safe Britannia og i bakgrunnen Treasure Saga under operasjonen på 2/4-14. Foto.Saga Petroleum A/S*



## 96 dager senere

Første seksjon av avlastningsbrønnen bores før Treasure Saga må gå inn til Lyngdal for å ta ombord ny sikkerhetsventil. I Stavanger klargjøres den oppjekkbare boreriggen Neddrill Trigon. I slutten av mars er denne riggen ferdig modifisert og installert 500 meter fra 14- brønnen. Omfattende beredskapstiltak blir iverksatt for å kunne håndtere eventuelle uhell ved gjenåpning av brønnen. I april gir myndighetene tillatelse til å starte operasjonen, og i slutten av måneden er de siste forberedelsene over. Alt er klart for å koble Neddrill Trigon til sikkerhetsventilen på havbunnen. 96 dager er gått siden uhellet på Treasure Saga.

Kontinuerlig overvåking med ROV (fjernstyrt undervannsfartøy) har vist at ikke noe olje eller gass har strømmet ut. Ny kontakt med brønnen blir opprettet. Målerne viser nå at trykket har sunket til 210 bar. Geologer og ingeniører setter i gang et intenst arbeid for å finne årsaken til endringen av trykket. Etter vurderinger fortsetter operasjonen uten at det er nødvendig å forandre planene. 5. mai kan skjæreventilen på havbunnen gjenåpnes og arbeidet med å rense brønnen starter.

## Fisking og Snubbing

I boresammenheng brukes uttrykket fisking for å beskrive de operasjonene som utføres når man går ned i brønnen for å "fiske opp" rørbiten og annet utstyr som har blitt mistet ned i den.

På 2/4-14 står man overfor den vanskelige oppgaven å skulle fiske opp den avkuttete borestrengen og kveilerør fra et hull under svært høyt trykk. For å utføre dette arbeidet benytter man seg av en teknikk som kalles *snubbing*, hvor fiskeutstyret tvinges ned i brønnen gjennom spesiallaget utstyr og ventiler på boredekket. Det er en sikker men tidkrevende prosess, som i første fase bare tillates gjennomført i dagslys. I slutten av mai blir det påvist at brønnen faktisk strømmer ut i en rate på 20-30 000 fat pr. dag, inn i en formasjon på omtrent 900 meters dyp. Etter en tids arbeid med å reetablere kommunikasjon med bunnen av brønnen, drepes brønnen i slutten av juni. Kort tid etter

viser imidlertid målingene at brønnen fremdeles strømmer og at prosessen vil fortsette enda en god stund fremover.

### **Proessen tar tid**

Arbeidet utføres med stadig nye fremskritt og fiskingen pågår helt ned mot 4000 meters dyp. Fiskingen av borestrengen går rimelig greit, men det er betydelig mer problemer med å fiske kveilerøret inne i borerøret.

En operasjon som i utgangspunktet ble forventet å være overstått i løpet av 3-4 måneder, drar ut i langdrag. Hver uke blir til starten på en ny 14 dagers periode. En situasjon som, samtidig som den er en drivkraft, etterhvert fortoner seg svært slitsom. *Worst case* er hele tiden aktuelt. En rigg med arbeidsstokk kan havarere og en brønnstrøm på 20 - 30 000 fat pr. dag kan gå i havet og føre til omfattende forurensning.

Presset på nøkkel-personell øker og frustrasjoner oppstår. For å forbedre prosessen blir brønndreplings-organisasjonen gjort om til et selvstendig prosjekt team, som er operativt fra august. Alt involvert personell blir dedikert på full tid for nettopp denne oppgaven. I tillegg mobiliseres ekstra personell for å få en fullstendig prosjektorganisasjon. En avgjørelse som viser seg å være svært nyttig.

Statoil bistår med en del personell til prosjektteamet. De andre partnerne, Elf og Amerada Hess bidrar med aktuelt personell når sentrale veivalg må gjøres.

Arbeidet foregår under et høyt press av møteaktivitet og dokumentasjonskrav. I selve slutfasen er endel av onshore funksjonene bemannet 24 timer i døgnet.

### **Tilbake til nullpunktet**

Strømningen i brønnen, som ble oppdaget i slutten av mai, har forårsaket avleiringer inne i foringsrøret som må fjernes før drepeoperasjonen kan gjennomføres. Under denne operasjonen ryker borestrengen, den 21. oktober. Enda en gang må man stenge skjæventilen på havbunnen og utstrømningen blir stanset etter åtte minutter. Hele operasjonen settes tilbake.

Frustrasjonen er stor. Forskjellen er at denne gangen er organisasjonen mobilisert og utstyret tilgjengelig.

Det blir holdt fast ved de opprinnelige planene og Neddrill Trigon fortsetter fiskingen av borestreng. I løpet av fjorten dager er fiskeoperasjonen ajour igjen, men under dette arbeidet blir det konstatert at brønnen begynner å bryte sammen. Kombineringen av strømminger i brønnen og andre belastninger resulterer i at foringsrøret blir brutt på 870 meters dyp. Dette gir strømmen av olje, gass og vann en ny vei inn i den porøse sandsteinssonen. Faren for at utstrømningen skal forplante seg videre opp til havbunnen øker. Gassbobler registreres over en tidligere boret brønn i området. Usikkerheten vokser. De igangværende operasjonene blir revurdert og man beslutter å stanse operasjonen med videre fising i 14-brønnen. Den videre innsatsen blir nå konsentrert mot 15-brønnen. Boringen av denne avlastningsbrønnen har, helt siden slutten av januar, forgått parallellt med intervensjonen i 2/4-14.

### **Kontrollen gjennvinnes**

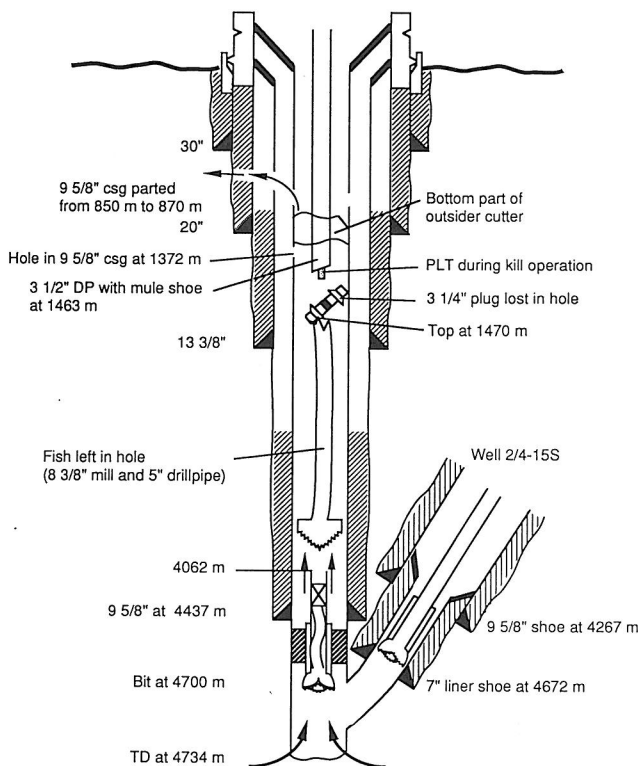
Boringen av 15-brønnen tar lengre tid enn ventet. Borestrengen som står igjen i 14-brønnen gir fra seg et svakt magnetfelt som brukes som referanse for å styre retningen av borekronen fra Treasure Saga. I begynnelsen av desember gjøres det klart for slutfasen på operasjonen og den 12. desember er man klar til å bore de resterende 8-10 meterne inn til 14-brønnen og starte nedpumpingen av tungt boreslam via den nye brønnen. Drepeoperasjonen er i gang. Måleinstrumentene på Neddrill Trigon viser at slammet som pumpes ned fra Treasure Saga kommer inn i 14-brønnen og etter hvert stoppes all utstrømning. Ganske raskt er faktisk brønnen i full balanse. Kommunikasjonen er fullstendig. Man har truffet 8,5 tommer blink på 4700 meters hold med hundre prosents treffsikkerhet. Borestrengen faller faktisk nesten en meter ned i det man borer inn i brønnen. Etter noe videre overvåking og etablering av en plugg dypt i 2/4-14, kan brønnen erklæres død 13. desember. Arbeidet med opprensning av brønnen må imidlertid fortsette



for at den skal kunne sikres på akseptabel måte og endelig forlattes.

Få hadde trodd operasjonen skulle ta så lang tid. En operasjon som var forventet å vare i tre til fire måneder ut i fra den tiden det ville ta å mobilisere utstyr, ble en problemfylt prosess som varte helt frem til 13. desember, altså 11 måneder. I mars 1990, 14 måneder etter uhellet, kunne Saga forlate 2/4-14 forsvarlig gjenpluggget etter alle forskrifter. Målsetningen var nådd både med hensyn til dreping og plugging av brønnen og sikkerhet. Et mareritt var over.

### Status 2/4-14 During Killing



*Denne skissen viser situasjonen i de to brønnene mens selve drepeoperasjonen pågikk. Ill: Saga Petroleum A/S*

## **KRAVENE TIL ORGANISASJONEN OG MENNESKENE**

Entusiasme og pågangsmot preget alt personell som var involvert i brønndrepingen på 2/4-14. Et pågangsmot som ble satt på alvorlige prøver, ikke minst etterhvert som det viste seg at prosessen skulle ta mye lengre tid enn selv de verste pessimistene hadde forventet. Det ble hele tiden arbeidet under et svært hardt press og unntakstilstanden førte til skjerpert innsats, noe som ga seg positivt utslag på sikkerhetsbevisstheten. Etter 14 måneder i risiko-operasjon ble det registrert færre skader enn under normal operasjon. Et resultat av at alle var seg bevisst at maksimal oppmerksomhet måtte utvises dersom man skulle lykkes.

### **Endringer i organisasjonen**

Saga sin driftsorganisasjon måtte gjennomgå en rask omstilling for å kunne møte den nye og ukonvensjonelle situasjonen. En måtte sikre seg den riktige og den beste kompetansen. Nødvendige behov for å kunne gjennomføre evalueringer og beslutninger måtte dekkes og kapasiteten måtte økes for at man skulle være i stand til å ivareta alle forhold.

Fra første stund ble det innarbeidet gode rapporteringsrutiner til gruppeansvarlige og i prosessen med å velge utstyr ble myndighetskrav tatt i betraktning for spesifisering. Helt fra starten av var man bevisst at dette var svært viktig å ta hensyn til i den situasjonen selskapet var kommet opp i. Innsamling av dokumentasjon og sertifikater på nytt og innleid utstyr ble vektlagt fra dag en i operasjonen.

Det strenge kravet til dokumentasjon skapte i begynnelsen et noe problemfylt forhold til brønndreperne i Boots & Coots, som med sin handlingsfokuserte rolle, ikke var vant til den norske dokumentasjonsinnstillingen.

## **Korrekt informasjon**

Det vil alltid være noen som ønsker å få vite mer enn den informasjonen en til en hver tid har tilgjengelig. Dette vil alltid være det utgangspunktet man må forholde seg til i en beredskapssituasjon.

Korrekt informasjon skal nå raskest mulig frem til alle involverte parter, inkludert media. Dette er et krav som det ble lagt stor vekt på og som det var ressurskrevende å få gjennomført under 2/4-14 operasjonen. Feilinformasjon i nyhetsbildet gjør raskt en vanskelig arbeidssituasjon mye verre.

En hovedutfordring var å gi pressen en overensstemmende forståelse av operasjonsstatus og videre planer. For Saga skulle et komplisert teknologisk budskap gjøres folkelig og forståelig. For å få til dette ble det for eksempel i forbindelse med snubbing operasjonen, laget en kostbar modell kun dedikert til informasjon av pressen.

## **Kravene til kommunikasjonslinjer**

Samtidig med informasjonsbehovet utad ble det i løpet av operasjonen en stadig større gruppe som ble involvert i arbeidet med å drepe brønnen. Antall rigger og spesialist- grupper vokste og behovet for flere rapporteringslinjer økte.

Når det rapporteres fra forskjellige grupper, i forskjellige retninger og til alle døgnets tider, er risikoen for misforståelser hele tiden til stede. Dette var også situasjonen i Saga helt frem til prosjektorganisasjonen og offshore operasjonsledelse ble startet opp. Problemet nå ble at onshore organisasjonen til tider følte at oppdateringer fra offshoreorganisasjonen kom seint inn. Årsaken til dette var det faktum at planer som på papiret var beregnet til å ta få timer ofte tok mye lengre tid å gjennomføre i praksis, når alle sikkerhetsjekker og operasjonelle hensyn og prosedyrer måtte gjennomføres.

## **Meter eller fot?**

Mellom 800 og 1000 personer var på det meste involvert i 2/4-14 operasjonen, samtidig som ni fartøyer til enhver tid var



på plass i området. Med et så stort apparat i sving blir løpende kommunikasjon en utfordring, som man takket være dagens teleteknologi kan klare å takle effektivt. Problemer man imidlertid ikke kan gardere seg mot er forvirring med hensyn til språk og måleenheter. Fot eller meter ble i startfasen av snubbing-operasjonen årsak til misforståelser. Under boringen var det rapportert i meter, mens spesialistene som ankom senere kun var vant til å operere med fot. Dette er situasjoner man bør være klar over skaper potensiale for misforståelser. En bør i tillegg gardere seg for at alt personell som involveres i en operasjon som dette kan kommunisere på ett språk. Dette gjelder også norsk personell som for eksempel kan skape unødig irritasjon ved å la viktig informasjon passere på norsk.

Sett bort i fra dette foregikk kommunikasjonen som ønskelig og en klar fordel var det at hver offshoregruppe innenfor et ansvarsområde fikk anvist egne radiokanaler for kommunikasjon under arbeidet på feltet.

### **Kulturforskjeller**

Verdens mest profesjonelle selskap innenfor sine felt ble kontaktet i forbindelse med operasjonen. Her var det personer som ikke bare kom fra helt forskjellige kulturbakgrunner, men som i tillegg i høyeste grad var egne personligheter. Dette bidro til mange episoder som i ettertid kan ses på som mer eller mindre humoristiske opplevelser. Samtidig satte dette nye og store krav til det å vise toleranse overfor andres arbeidsfilosofi og jobb-adferd. En erfaringsmulighet som det var nyttig å få utviklet. Skulle en være i stand til å dra nytte av spesialistenes dyktighet måtte en også være mentalt forberedt på å takle sterke personligheter. Under 2/4-14 operasjonen var samarbeid av avgjørende betydning og toleransegrensene ble utvidet.

Internt i selskapet ble bevisstheten om hver enkelt avdelings viktige funksjon øket. Nært samarbeid måtte gjennomføres for å oppnå gode tekniske løsninger.

Sett ut i fra dette perspektivet ga 2/4-14 en unik mulighet for utveksling av synspunkter og erfaringer som siden har vært nyttig langt utover Sagas rekke.

## TEKNOLOGISKE ERFARINGER OG UTVIKLING

Høytrykksboringer på store dyp og med høye temperaturer er en utfordring for oljeindustrien. Erfaringene som ble gjort i arbeidet med å få kontroll over 2/4-14 har vært et viktig skritt videre innenfor dette området, for oljevirkosomheten på verdens-basis. Sagas operasjoner inkluderte "top intervention" fra "jack-up" rigg og presisjonsboring av avlastningsbrønn fra en halvt nedsenkbar boreplattform. Noen av de mest avanserte teknikker og utstyr som fantes ble brukt og forbedret i løpet av disse operasjonene.

Et aspekt som er av stor betydning i planlegging av brønndreplingsoperasjoner er den uavhengige verifisering som ved 2/4-14 ble gjennomført ved at man tok i bruk helt forskjellige teknikker for å forklare og å komme frem til konklusjoner. Dette ble gjort ved å ta i bruk måleinstrumenter basert på forskjellige fysiske prinsipper og ved å sammenligne informasjon med observasjoner og fortolkninger basert på for eksempel overflate registreringer av trykk, temperatur, strømningsrater og pumperater.

### **Hva skjer nede i grunnen?**

Enten det gjelder store synlige utblåsing eller mer skjulte undergrunnstilfeller, er man avhengig av flere simultane prosjekter som retter omfattende oppmerksomhet mot detaljer, dersom man skal lykkes. Fullstendig forståelse og oversikt over den fysiske situasjonen står sentralt for å gjennvinne kontrollen over en utblåsende brønn.

Ved 2/4-14 utblåsing var både reservoarets særtrekk og aktuelle væsker ukjent. I tillegg kjente man i utgangspunktet ikke til strømningsveien til gassen, trykket og temperaturen nede i borehullet og strømningsforholdene. Dette ble løst ved bruk av en rekke forskjellige måleteknikker i både utblåsningsbrønnen og avlastningsbrønnen. Informasjonen man kom frem til var av avgjørende betydning for planleggingen og

suksessen av det endelige brønndrepings-programmet. Bortsett fra de innledende målingene som ble utført ved planleggingen av "snubbingoperasjonen", ble alle de påfølgende målingene utført inne i borerøret. En stor del av arbeidet bestod i å "matche" undergrunnsmålingene med det vedvarende trykket på overflaten.

### **Lekkasjen ut i sandsteinslagene**

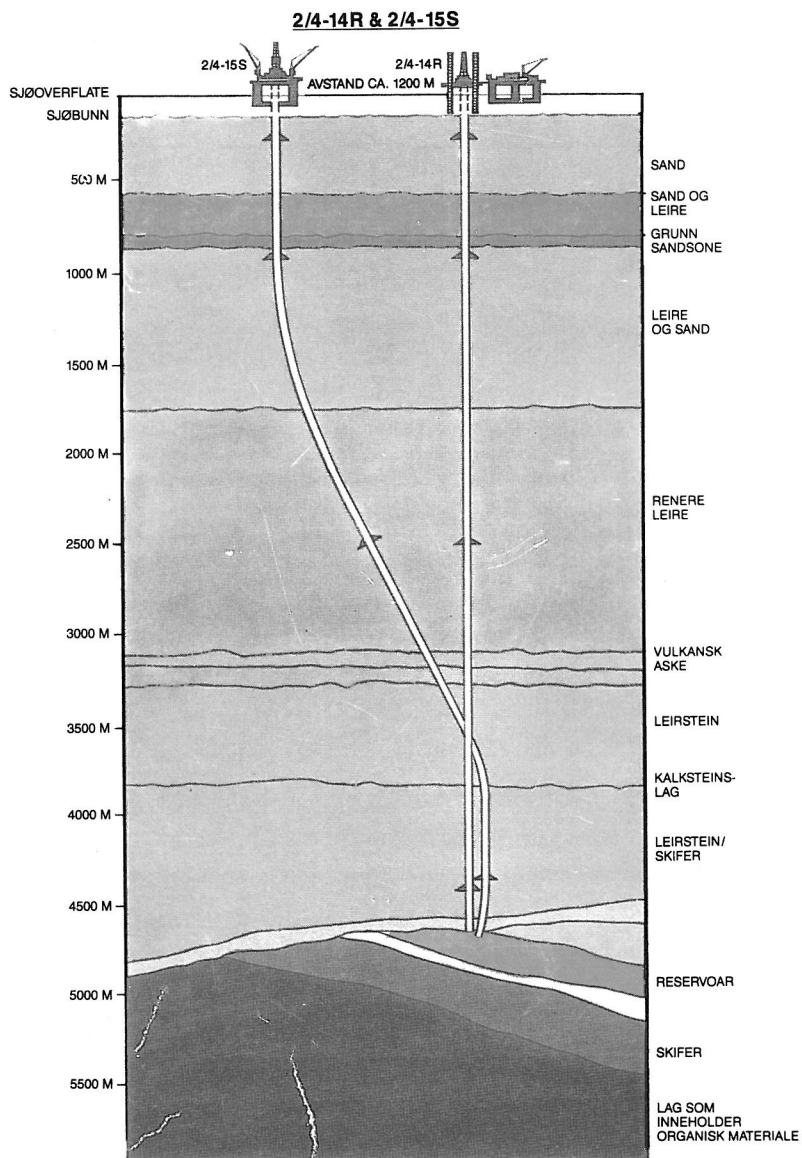
For å finne de hullene man ganske bestemt visste måtte være i foringsrøret, benyttet man temperatur, trykk, strømnings og støy-målinger, samt måling med radioaktive metoder. Målingene ble tildels utført inne i fem tommers borerør.

Ved den første temperaturmålingen ble det observert et stort temperaturfall ved 900 meters dybde, og dette ble da sett på som stedet der strømmingene forsvant ut fra brønnen og inn i de utenforliggende sandlagene. I tillegg til dette ble det registrert et lite temperaturfall ved 1370 meters dyp som dermed indikerte at det også her fant sted en lekkasje fra brønnen og ut i sandlagene utenfor. Ved injeksjon av sjøvann i tomrommet mellom borerøret og foringsrøret fikk en bestemt den nøyaktige posisjonen av de to hullene. Lokaliseringen ble i tillegg bekreftet ved hjelp av støymålinger og "pulsed neutron" målinger. Strømningsraten ble estimert ut i fra varme-simuleringer og kalkyler basert på en to-fase rørlednings simulator med data fra stømnings målinger.

For å undersøke og påvise lekkasjer i foringsrøret brukte man med stort hell et nedihulls-kamera med elektrisk førelinje. I tillegg til dette ble både flow-meter, trykk og temperatur målere senket ned i hullet med godt resultat.

I tillegg ble det foretatt høyoppløselige seismikkmålinger, som gjennom en optimal tolkning viste seg å være svært nyttig i den detaljerte overvåkingen av gass-strømningen og utbredelsen av gassen i de grunne sandlagene. Ved å kartlegge amplitude (utslag) og toveis tidsvariasjoner fra den ene målingen til den andre målingen ble det mulig å overvåke både de vertikale og horisontale bevegelsene til hydrokarbonene i disse høyere-liggende, grunne sandlagene.





*8,5 tommers blink skal treffes på 4700 meters avstand! Illustrasjonen viser hvordan avlastningsbrønnen (2/4-15S) ble plassert i forhold til den opprinnelige brønnen (2/4-14)*

*Ill: Saga Petroleum A/S.*

## Avlastningsbrønnen

Et sentralt punkt i planleggingen av avlastningsbrønnen var analyse av bergartene, og hvilken innvirkning utblåsing fra 14-brønnen hadde på bergartene i forskjellige avstander fra brønnen. Konsekvensene av å bore en ny brønn, som kanskje ville treffe gassen på mye grunnere dyp, måtte grundig analyseres. Forskjellige studier ble utført før man bestemte den endelige lokaliseringen av avlastningsbrønnen, som kom til å ligge ca. 1200 meter sør for 14-brønnen.

I valget av lokalisering ble det lagt vekt på at den måtte ligge i sikker avstand fra 14-brønnen i tilfelle "cratering". Stedet lå videre på et punkt der man hadde gode seismikk-data, og hvor sandsteinene hadde en bunn, med mindre fare for gassoppsamling. Videre ble det tatt hensyn til dominerende vindretninger og avstanden til nærliggende rørledninger.

Planleggingen og boringen av avlastningsbrønnen innebar, som det har vært påpekt tidligere, flere analyser og omfattende studier som resulterte i en innovativ strategi for dette arbeidet.

Lokaliseringen av og styringen mot treffpunktet ble utført ved hjelp av avansert elektromagnetisk avstandsmåling, kombinert med konvensjonelle overvåkingsteknikker. Integrering av pumper og alt utsyret som var nødvendig for brønndreplingsoperasjonen ombord på en halvt nedsenkbar rigg, bød også på ekstra utfordringer. Gjennom hele borefasen var det en nær koordinering mot de snubbing-aktivitetene som foregikk i 14-brønnen.

## Modell-forsøk

I planleggingsfasen av 15-brønnen og de operasjonene som skulle til for å drepe brønnen, benyttet man seg av såkalt dynamisk simulering av drepeoperasjonen på datamaskin.

Et viktig verktøy i dette arbeidet var dataprogrammet *Olga Well Kill*, som ble utviklet i denne sammenheng av Institutt for Energiteknikk og SINTEF i samarbeid med Saga. Bruken av *Olga Well Kill* som en dynamisk brønndreplings simulator viste seg å være et nyttig hjelpemiddel for å kunne evaluere de forskjellige mulighetene som kunne oppstå ved forskjellige

brønn-drepingsscenarioer. De forskjellige tidsplottene som ble produsert var av stor verdi for planleggingen og gjennomføringen av brønn-dreplingsoperasjonen.

Det å kunne forutse pumpehastighet, vekt og mengden av boreslam som var påkrevd ved de forskjellige scenarioene var helt sentral informasjon som man ikke ville vært i stand til å oppnå ved et konvensjonelt rørhydraulikk-program. Data fra operasjonen bekreftet at utførelsen av brønn-drepingen var godt sammenlignbar med modell forsøkene.

Basert på de erfaringene som ble gjort ved bruk av *Olga Well Kill* som dynamisk brønn-drepingssimulator, ble det iverksatt et forskningsprosjekt for å videreutvikle simulatoren til et skreddersydd verktøy for simulering av brønn-dreping. Den første versjonen etter videreutviklingen er benyttet med suksess under en meget kompleks brønn-dreplingsoperasjon i Venezuela.

### **Sikkerhetsanalyse og kriseplanlegging**

Sikkerheten fikk fra første stund topp prioritet under arbeidet med å få kontroll med brønnen. Sikkerhetsanalyse ble et viktig middel for å utrede alternative operasjoner, identifisere risikoreduksjoner og for å sørge for kommunikasjon og informasjon mellom de involverte.

Sikkerhetsanalysen bestod av forskjellige metoder som ble utviklet for de forskjellige fasene av operasjonen.

Et beslutningstre ble etablert parallellt med den tekniske planleggingen for å reflektere hovedbeslutninger og operasjoner som skulle gjennomføres i løpet av gjenåpning, opprensning, dreping, plugging og tilbaketrekking fra brønnen.

*Beslutningstreet* avspeilet operasjonsplanene og ga en entydig forståelse av de elementene som hver enkelt operasjon innbefattet, samtidig som det belyste elementer i planleggingen som ville trenge ytterligere bearbeidelse i løpet av planleggingsfasen.

Beslutningstreet ble et dynamisk redskap som til alle tider reflekterte aktuelle planer. En hadde alltid alternative handlemåter, dersom pågående operasjoner skulle slå feil.

Sikkerhetsprosedyrer i forbindelse med hver plan var også knyttet opp mot beslutningstreet.

*Risiko identifisering og "Drillers hazop"* var to av mange metoder som ble benyttet i tilknytning til Beslutningstreet og som førte til bedre kommunikasjon mellom de forskjellige personene og profesjonene som var involvert i planleggingen. Alle aktiviteter og prosedyrer som var forbundet med høy risiko eller ny og ukjent teknologi, ble gjenstand for Drillers HAZOP eller tilsvarende gjennomganger.

Teknikken gjør bruk av en serie ord som blir brukt til å formulere spørsmål med målsetting, om å identifisere alle mulige måter det kan oppstå operasjonelle feil, og å vise farene assosiert med disse feilene. Spørsmålene ble diskutert i en ekspertgruppe og konklusjonene ble resultatet av HAZOP studiet.

Selve sikkerhetsanalysene ble utført i to trinn, hvor man i første omgang gjennomgikk hele operasjonen for å identifisere og analysere årsaks- og konsekvensforhold til de mest kritiske operasjonene (FMEA-analyse).

Neste trinn tok for seg hver av de kritiske operasjonene, som forberedelsene og gjennomføringen av brønnintervensjon og drepeoperasjon. Målet med *Driller's Hazop*, som denne delen av analysen kaltes, var å forbedre design og gjennomføring av operasjonene for dermed å øke sikkerheten og effektiviteten. Resultatet av de forskjellige sikkerhetsanalysene ble viktig informasjon ved valg av utstyr, planlegging av operasjonsprosedyrer og katastrofeplanlegging.

## ERFARINGER SOM BLE GJORT

Når Saga i 14 måneder stod overfor problemene med høytrykksbrønnen 2/4-14, stod de i utgangspunktet overfor nye og dels ukjente problemer. Det tok tid før brikkene kom på plass.

### Komplekse forhold

Situasjonen på 2/4-14 var meget kompleks. Det var en undervannsbrønn med høyt trykk, høy temperatur, undergrunnsstrømning og stor mekanisk skade nede i brønnen. Normal brønnkontroll var umulig på grunn av skaden i brønnen.

I arbeidet med å få brønnen under kontroll ble nye barrierer brutt og ny teknologi utviklet. Erfaringene som ble gjort og verktøy og metoder som ble etablert har siden vært i bruk flere ganger ved brønnkontrollproblemer andre steder i verden.



*Heldigvis var værforholdene i denne perioden forholdsvis gode.  
Foto: Saga Petroleum A/S arkiv.*



## Hva krevde operasjonen?

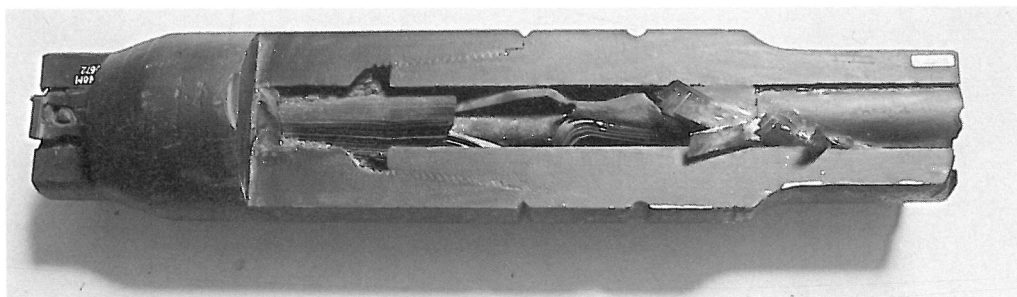
Kostnadene ble 1,7 milliarder kroner, som tilsvarer en døgnpris på 3-4 millioner kroner. Fra operasjonens begynnelse til slutt ble det holdt 100 offisielle møter med partnere og myndigheter. Arbeidsinnsatsen totalt onshore og offshore tilsvarer 1000 årsverk og operasjonen resulterte i 5 044 dokumenter som nå ligger lagret i arkivet til Saga.

En person omkom dessverre i forbindelse med lasthåndtering på boredekket på Treasure Saga, men ingen skader oppstod som resultat av de spesielle operasjonene som ble gjennomført. Kun minimale mengder hydrokarboner ble spilt i sjøen. Worst case ble unngått.

## Utveksling av erfaringer

Umiddelbart etter at brønndrepingsoperasjonen var vel overstått inviterte Saga, sammen med Rogalandsforskning, en rekke selskaper fra industrien til erfaringsseminar. Mer enn 250 personer møtte frem for å høste kunnskaper fra Nordsjøens mest langvarige brønndrepings-operasjon. I ettertid er det gitt ti presentasjoner i internasjonale fagforum og en rekke foredrag er blitt presentert over hele verden.

2/4-14 har vært en påminnelse til hele oljeindustrien om hvilke enorme krefter som kan bli satt i sving hvis ulykken er ute. En påminnelse som ikke må gå i glemmeboken, men leve i hver enkelt oljeansattes ansvarsbevissthet. Teknologien utvikles, men man kan aldri oppnå full kontroll over naturkreftene.



*Fiskeutstyr som ble brukt under arbeidet med problebrønnen. Utstyret er nå i Norsk Oljemuseums eie. Foto. Terje tveit.*

## Litteratur:

"2/4-14 EXPERIENCE TRANSFER SEMINAR, Stavanger 16 - 17 January 1991". Arrangert av Rogalandsforskning og Saga Petroleum A.S. På dette seminaret ble følgende publikasjoner ble presentert:

"Geology, pressure prognosis and status of knowledge. Rock mechanics ", Øystein Mjelde, Saga Petroleum a.s.

"Noise and temperature logging to determine underground flowpaths. Scaling and chemistry", Cathrine Slungaard, Saga Petroleum a.s.

"Shallow seismic and gas migration", Arild Lie and Dag O. Larsen, Saga Petroleum a.s.

"Flow paths and shallow gas migration", Arild Remen, Saga Petroleum a.s.

"Organization and communication", Reidar O. Nyvik, Saga Petroleum a.s.

"HTHP drilling research results and future activities", Rolv Rommetveit, Rogalandsforskning.

"Safety analysis, techniques, practices and results during operations",

Johan Selmer, Saga Petroleum a.s.

"Casing Materials and an alternative casing design", Bård Bakken, Saga Petroleum a.s.

"Top intervention, snubbing operations, special equipment, fishing lessons",

Johan Bysveen, Saga Petroleum a.s.

"Relief well planning and drilling", Frode Leraand, Saga Petroleum a.s.

"Dynamic kill simulations, planning and operations", Trygve Gilhuus and Jarle Haga, Saga Petroleum a.s.

"Production and experiences from deep, hot wells", Sigmar Schulien, Rogalandsforskning

*\* 1.Red. Anm: Oljemuseet ba i høst oljeselskapet Saga om å skrive sin versjon av historien rundt 2/4-14 brønnen. Selskapet sa seg villig til å bidra til årboken, og engasjerte Ingvil Rørnes Hide. Hide har som frilansjournalist også tidligere jobbet for Saga. Oljehistorien kan i likhet med all historie sees fra ulike synsvinkler. Dette er altså Sagas egen beskrivelse av hendelsen.*