

Risikoanalyser for brønner i operasjon i situasjoner med barrieresvikt

*ESRA Seminar: Risiko relatert til brønnhendelser
Statoil, IB-senteret, Forus Øst, Stavanger - 2012*

Einar Molnes, Daglig leder, ExproSoft

Disposisjon

- Bakgrunn, nytteverdi og problemstillinger
- Datagrunnlag og datakilder
- Metodikk og eksempel-studier
- Erfaringer og muligheter

The slide features a decorative header consisting of two horizontal bars. The left bar is a solid orange color, and the right bar is a solid blue color. The text is centered within the blue bar.

Bakgrunn, nytteverdi og problemstillinger

Macondo Well Deepwater Horizon

□ Concluding Comments:

«Envisioning failure is key to the safe development and operation of systems, particularly systems that incorporate the complexity of a deepwater well. Risks must be recognized, quantified and mitigated. Designers, developers, operators and regulators must know and understand that the risks are real and conduct themselves accordingly.»

Source: US National Academy of Engineering and National Research Council Report: Macondo Well Deepwater Horizon – Lessons for Improving Offshore Drilling Safety

Company Overview

Well Risk, Reliability & Integrity	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Founded in 2000<input type="checkbox"/> Trondheim, Stavanger & Houston<input type="checkbox"/> Extensive Agent Network<input type="checkbox"/> Employee Ownership<input type="checkbox"/> Strategic Investors
Leading Industry Expertise	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Equipment Reliability<input type="checkbox"/> Well Integrity<input type="checkbox"/> Technology Qualification<input type="checkbox"/> Risk Management<input type="checkbox"/> Best Practices
Clients	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Operators & Vendors
Experience	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Over 300 projects covering 5000+ wells

Nytteverdi

- Gir mulighet for tallfesting av risiko og effekt av risikoreduserende tiltak ved ulike feil-scenarier
- Gir basis for fakta-baserte beslutninger
- Gir mulighet for kobling/oppdatering av plattform QRA mot mer detaljert brønndesign (oppdatering av FAR-verdier, etc.)
- Gir mulighet for sammenligning av alternative brønndesign/vurdere effekt av modifikasjon av brønndesign i drift:
 - ▣ Konvertering til gassløft
 - ▣ Sidesteg og punktering av barrierekonvolutt på liten/grunn brønndybde
- Gir mulighet for verifisering av kvalitet av regelverk
- Gir potensielt store besparelser for operatør og lisenspartnere

Feiltyper og feilhendelser

Feilkategorier

- Installasjonsfeil/driftsfeil
- Enkeltfeil
- Følgefeil/hendelseskjeder
- Fellesfeil

Hendelser

- Feiltolkning av kontrollinjetrykk for ringroms-sikkerhetsventil medførte undergrunns-utblåsning
- Trykksetting av ringrom med løftegass med blindplugg satt i sidelomme ga undergrunns-utblåsning
- Korrosjons-inhibitor ga akselerert korrosjon av foringsrør, ødela integritet på en serie brønner
- BSV som løsnet fra posisjon strømmet til ventiltre og blokkerte sekundærbarriere (master ventil i ventiltre)

Typisk operasjonell problemstilling

- Houston...? We have a problem....
- Situasjon med en eller flere barrierer har sviktet, helt eller delvis
- Brønnen(e) har fortsatt høy produksjon
- Opprettholde produksjon m/risikoreduserende tiltak eller stenge brønn og planlegge for brønnintervensjon?
- Begrensninger i tilgang på rigg
- Risiko forbundet med intervensjon
- Vurdering av sannsynlighet, konsekvens, risikoreduserende tiltak



Datagrunnlag og datakilder

Data vedr. utblåsninger og brønnutslipp

Category	Sub category	Dev. drlg	Expl. drlg	Unk. drlg	Comp- letion	Work- over	Production	Wire- line	Un- known	Total
Blowout (surface flow)	Totally uncontrolled flow, from a deep zone	8	23		10	20	7 (14*)	4	1	73
	Totally uncontrolled flow, from a shallow zone	23	19				1			43
	Shallow gas "controlled" subsea release only		10	1						11
	Total	31	52	1	10	20	8 (15*)	4	1	127
Blowout (underground flow), all		5	7				1		1	14
Diverted well release (shallow gas)		18	12							30
Well release , all		8	9	1	8	24	3	5		58
Unknown			1							1
Total		62	81	2	18	44	12 (19*)	9	2	230

Viktig å hensynta risiko-bidrag fra brønnintervensjoner ved vurdering av risiko for produksjonsfase

Kilde: SINTEF Offshore Blowout Database/ExproSoft. Grunnlag: Norge, Storbritannia og Mexicogulfen, 1980-2007

Utblåsninger under produksjon (1980 -2007)

Blowout year	Country	Flow medium	Remark
1980	US/GOM OCS	Oil, Gas (deep)	DHSV and two master valves could not be closed and gas was leaking through a needle valve
1980	US/GOM OCS	Oil, Gas (deep)	DHSV and bonnet of the bottom master valve failed
1987	US/GOM OCS	Shallow gas, Water	Poor cement, Shallow gas blowout between 13 3/8" csg and the 20" conductor.
1989	UK	Gas (deep)	Tubing to annulus communication for some time. Leakage through the 3/4" test port for tubing hanger.
1987	US/GOM OCS	Oil, Gas (deep)	Tubing to annulus communication for some time. One casing failed, then underground blowout, crater
1989	US/GOM OCS	Gas (deep)	Experienced an uncontrolled flow from a 3/8" sample fitting in the horizontal run from the wellhead, DHSV failed, used 36 hours to close master valve
1998	US/GOM OCS	Condensate, Gas (deep)	Erosion in SCSSV body, then erosion in casing
2007	US/GOM OCS	Gas (deep)	Ignored annulus pressure for 7 months, inner casing failed, fracture at casing shoe
1992	US/GOM OCS	Oil, Gas (deep)	Tubing to annulus communication, then casing leak, underground flow only

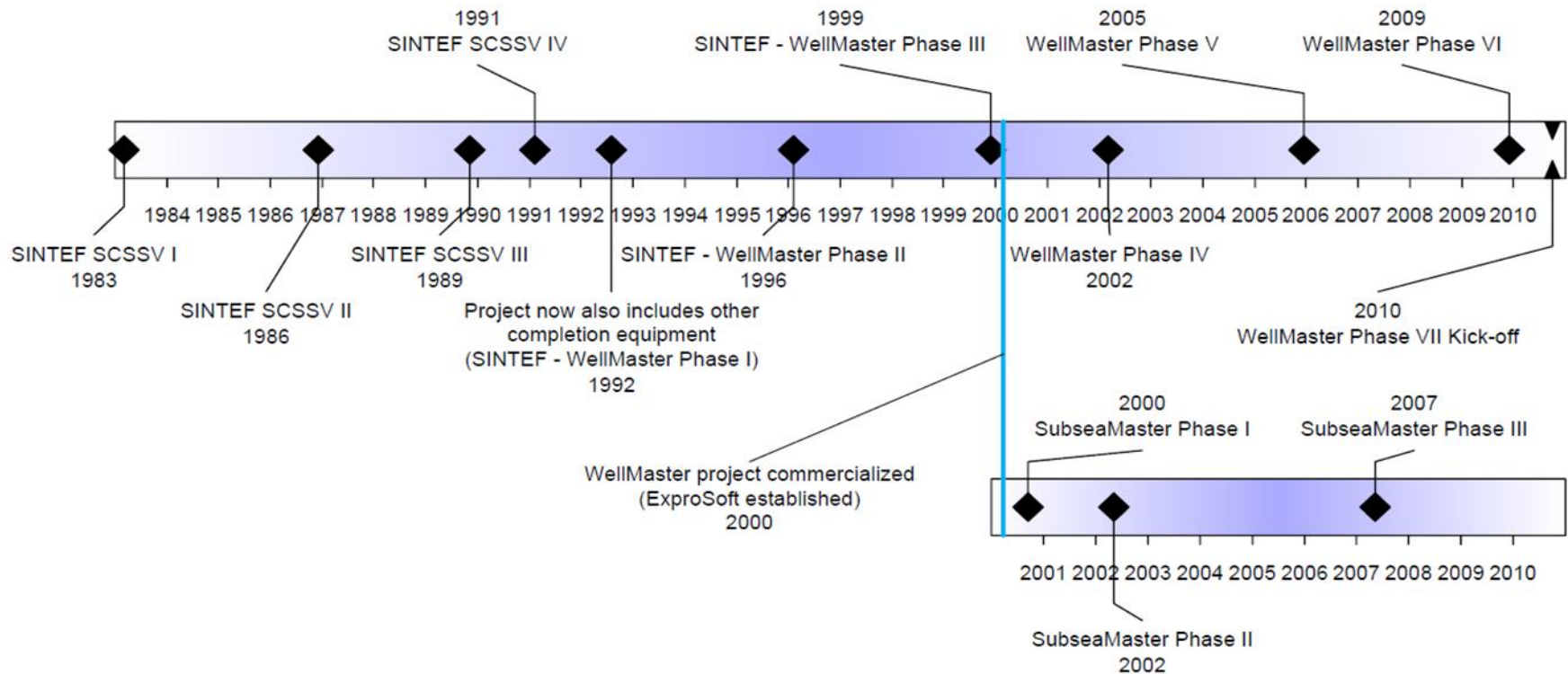
Sammendrag, årsaker:

- Ignorering av trykk i ringrom
- Feil på brønnsikkerhetsventil/
Tilbakeslagsventil («storm choke»)

Sammendrag, konsekvens:

- Ingen hendelser med stort/middels utslippsvol.
- Ingen antennelse

WellMaster: Historikk



Kontinuitet og god dekningsgrad for norsk sokkel: mer enn 95% av brønnene representert med opptil 20 års historikk

Datakilden WellMaster

- Totalt 4 156 brønner med 4 923 kompletteringer, nesten 29 000 brønn-år med erfaring inkludert
- Ca 244 000 ulike utstyrsenheter fra kompletteringsstreng
- Ca 3 100 utstyrsfeil for 5 ulike kategorier av brønnutstyr

WellMaster Phase	No. of failures by Equipment Category						Completion years
	String items	Insert items	Control line/cable failures	Casing	Gravel pack	Total	
Phase II	353	243	23	7		626	5 642,3
Phase III	412	110	27	15		564	5 043,4
Phase IV	260	105	24	9		398	3 530,4
Phase V	217	105	14	20		356	2 994,8
Phase VI	739	338	32	71	9	1189	11 722,1
Total	1 981	563	120	122	9	3 133	28 933

Industriens mest omfattende database vedr. feil på brønnutstyr

Kilde til forbedring av utstyr/sikkerhet

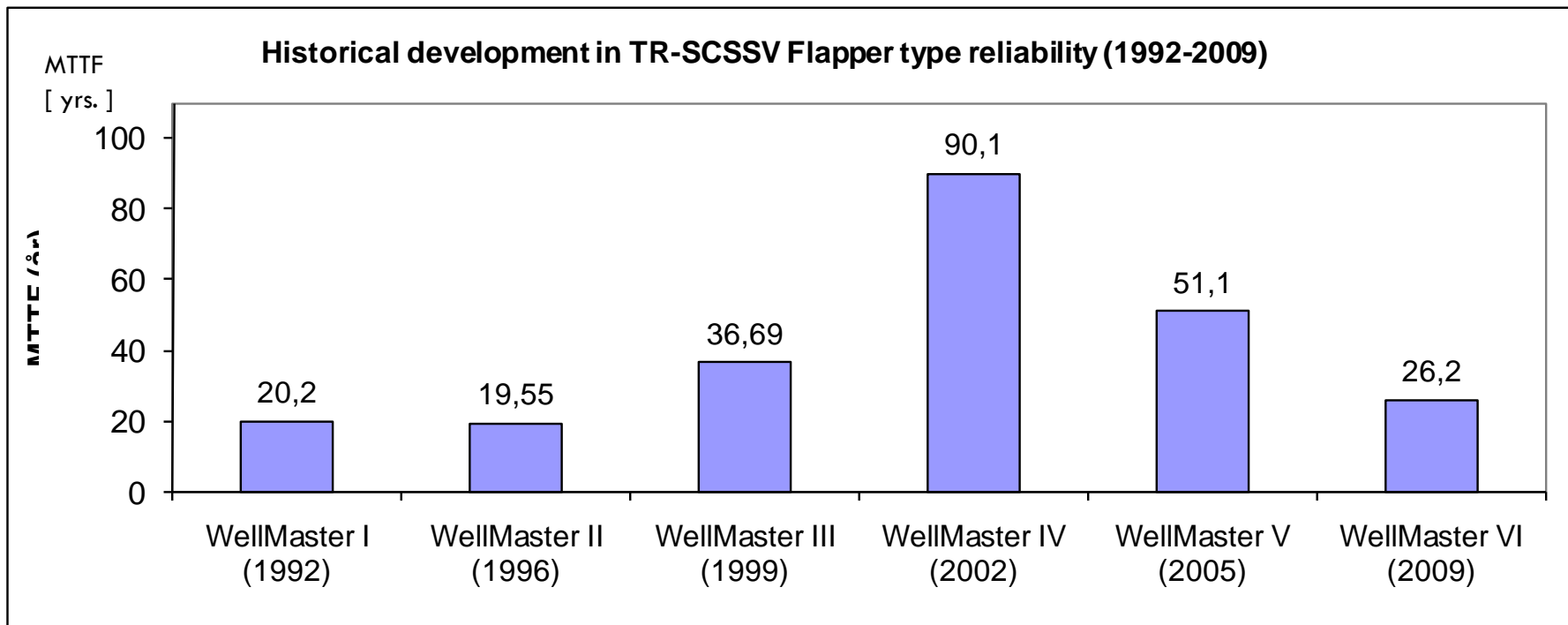
- Berører brønn-pålitelighet og –integritet
- Omfatter utstyr fra produksjons-rør oppheng til bunnen av brønn (primær og sekundær barrierer, komplettering, foringsrør)

Item	Service Time [yrs]	Item Population	Failure Mode	Number of Failures	MTTF [yrs]
TR-SCSSV (FLAPPER)	4476.8	2600	Fail to close on demand (FTC)	16	279.8
			Leakage in closed position (LCP)	25	179.1
			Premature valve closure (PCL)	13	344.4
			Fail to open on command (FTO)	3	1492.3
			Control line to well communication (CLW)	4	1119.2
			Well to control line communication (WCL)	4	1119.2
			Other (OTH)	6	746.1
			All	71	63.1

Feilmode-definisjoner for brønnutstyr gir konsistens i feilrapportering for deltakere i databasen. Gir mulighet for å skille feil som gir produksjonsavbrudd fra feil som gir tapt integritet.

Langsiktig trend:

Modne felter trekker pålitelighet ned (TR-SCSSV)



Samarbeid rundt innsamling og deling av data øker troverdigheten til dataene og øker presset på leverandørene til å levere pålitelig utstyr

Datakvalitet

- Jevnlig oppdatering av grunnlagsdata
- Kontinuitet i data
- Kvalifisering av datainnsamlere
- Tilpassing av data til aktuelle brønnbetingelser
- Sensitivitetsanalyser v/svakt datagrunnlag
- Bedre verktøy for tilstandsovervåking av brønner gir økt kvalitet i pålitelighetsdata





Metodikk og eksempel-studier

Visualisering av strømningeveier

Systembeskrivelse

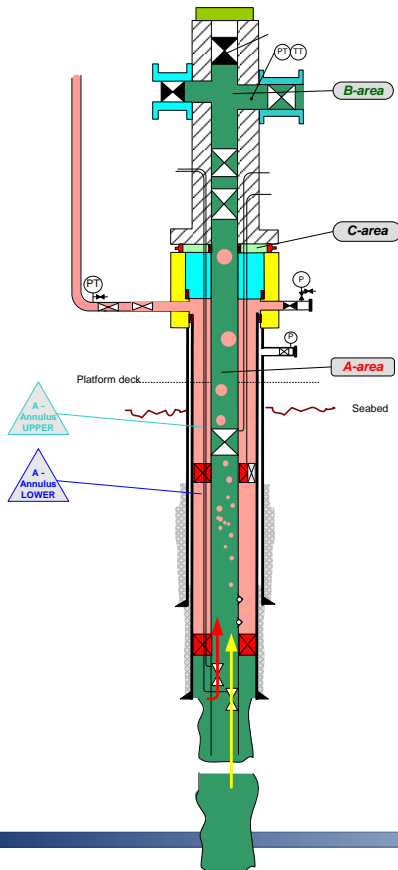
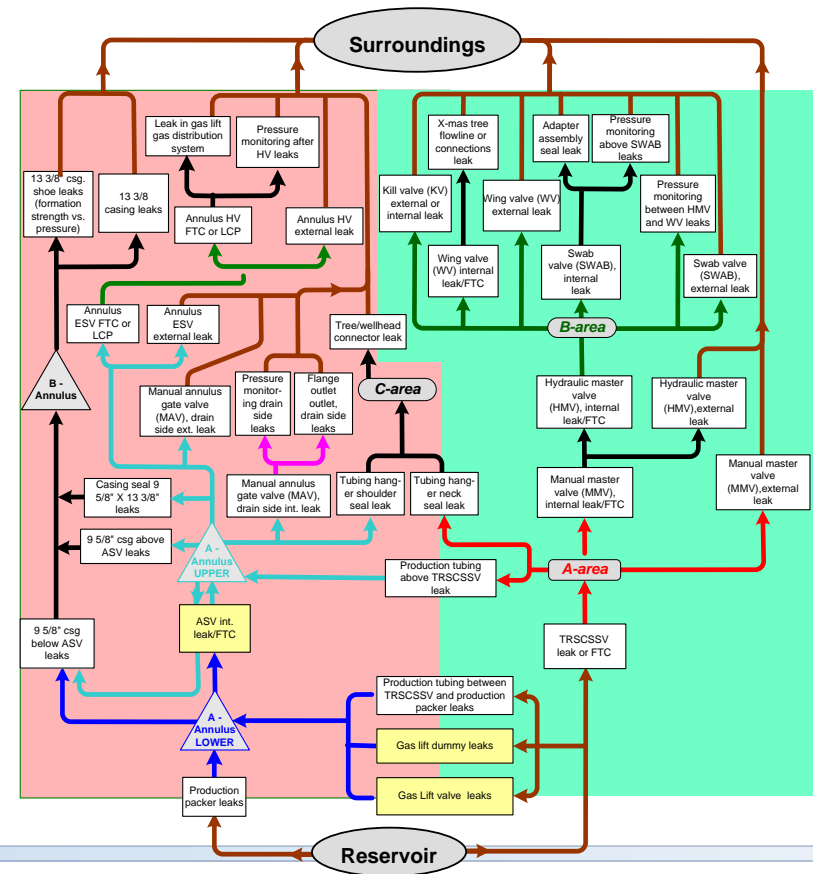
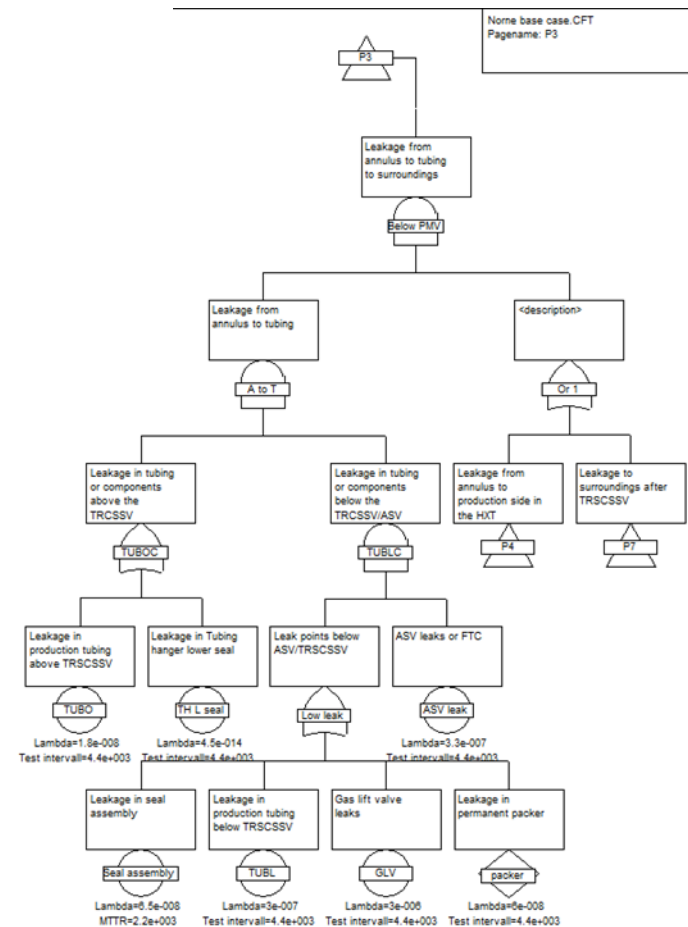


Diagram for strømningeveier med barriere-elementer



Analysemetodikk - Risikoanalyser

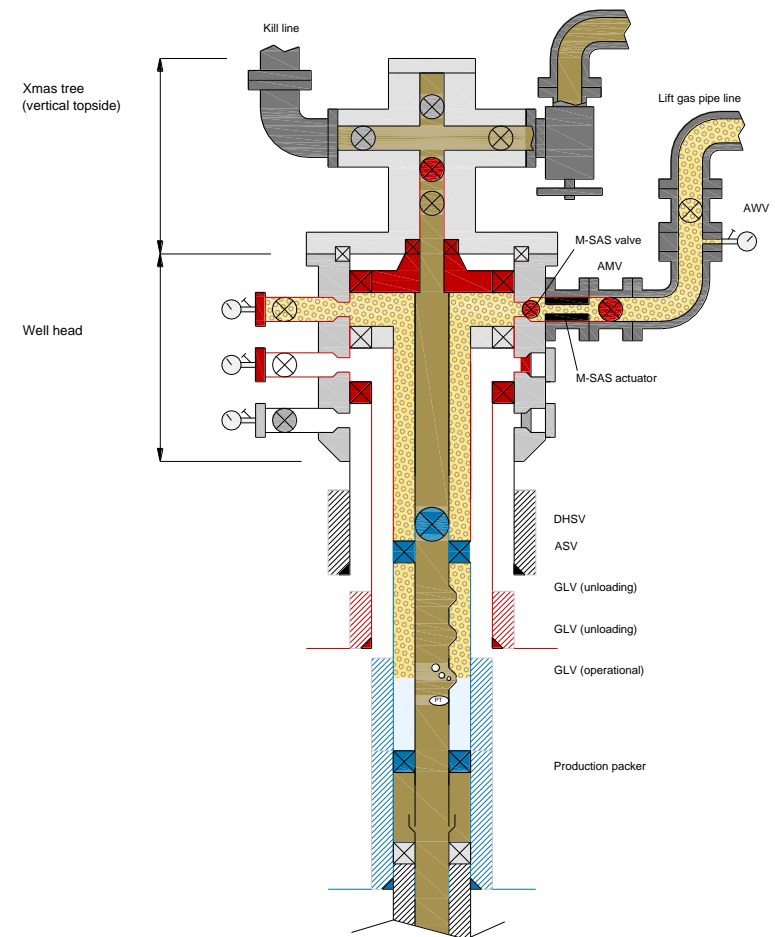
- Sannsynlighet:
 - Feiltreanalyser
 - Monte Carlo simulering
 - FMECA/HAZOP
- Konsekvens:
 - Strømningsberegninger
 - Gass-/olje-spredning
 - Oppsprekking av formasjon



Eksempelstudie 1: Skifte ut en (a) feilet ringromsventil (ASV) eller ikke? Alternativt: (b) tilbakeslagsventil i brønnhode

- (b) gir fordel mht ekstra sikkerhet mot hele gassvolumet i ringrommet
- (b) medfører at man unngår en intervensjon i forbindelse med utskifting
- (b) gir ulempe mht at hele ringrommet kan slippe ut under gitte hendelser

Konklusjon: tilbakeslagsventiler i brønnhode er foretrukket løsning

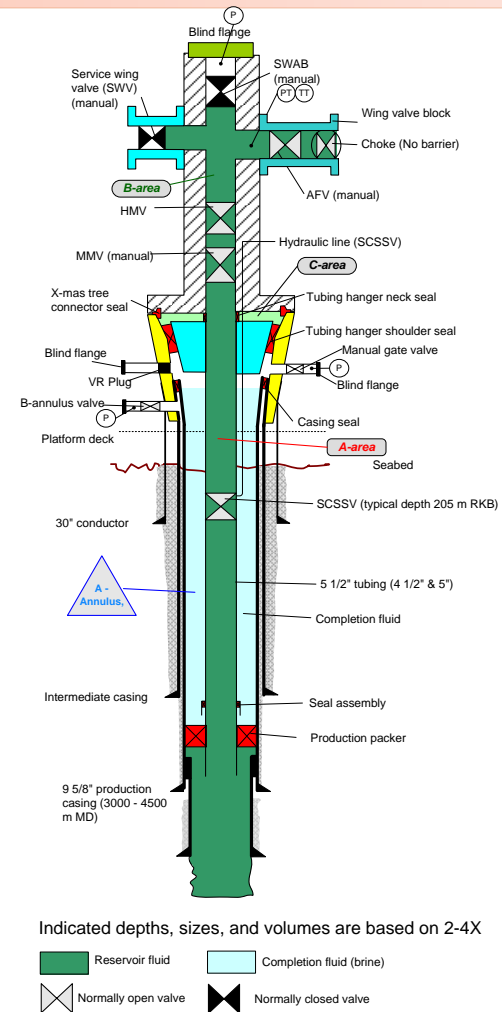


Eksempelstudie 2: Produksjonsrør lekker til ringrom over og under DHSV/BSV (brønnsikkerhetsventil), under DHSV

Avgjørende faktorer:

- Lekkasje rate
- Reststyrke, foringsrør
- Muligheter for trykkavlasting («bleed off»)
- Kontinuerlig trykkovervåking

Konklusjon: produksjon kan anbefales opprettholdt med iverksettelse av korrigerende tiltak

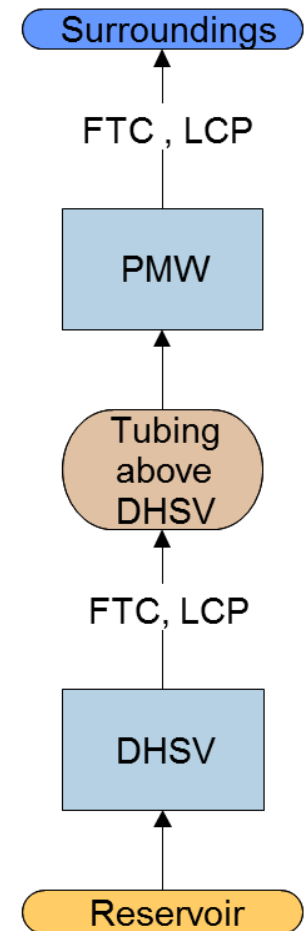


Regneeksempel – risiko: én eller to sikkerhetsventiler i brønn?

Cases	MTTF (years)	Failure rate, λ (failures / hour)	Common cause failure factor, β (%)	Test interval, τ (months)	Probability of failure on demand, PFD	Relative difference
1 active barrier element	57.1	2.00E-06	NA	6	0.438 %	1
2 active barrier elements	57.1	2.00E-06	2	6	0.009 %	50
1 active barrier element, 3 months test interval	57.1	2.00E-06	NA	3	0.219 %	2
2 active barrier elements, 3 months test interval	57.1	2.00E-06	2	3	0.004 %	100

PFD-Single active barrier = $\lambda * \tau / 2$

PFD-Two active barriers = $\beta * \lambda * \tau / 2$



A decorative horizontal bar at the top of the slide, consisting of an orange square on the left and a blue rectangle on the right.

Erfaringer og muligheter

Barrieresvikt i Brønn - Hva Nå?

Alternativer:

- ❑ Ignorere problemet, produsere videre
- ❑ Stenge brønnen, vente på intervensjon
- ❑ Produsere brønnen mens man venter på intervensjon
- ❑ Analysere problemet, identifisere alternative tiltak, vurdere om dette gir en akseptabel risiko

Mulige resultat:

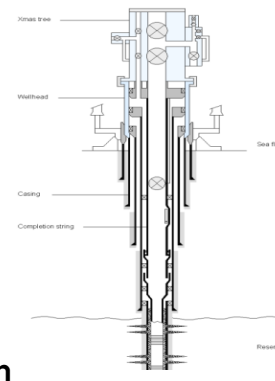
- ❑ Utføre intervensjon for å utbedre feil, eller
- ❑ Produsere brønnen med alternative risikoreduserende tiltak inntil workover
- ❑ Produsere brønnen med alternative risikoreduserende tiltak

Kan unngå en intervensjon som er beheftet med risiko og kostnader

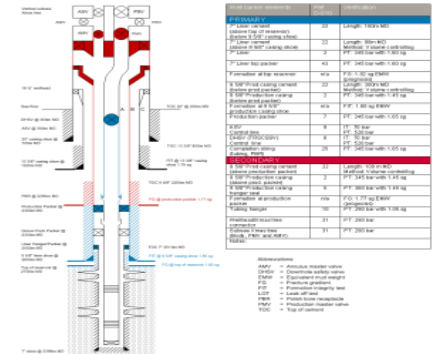
Visjon – dynamisk risikoanalyse for brønner i operasjon

Fire trinns prosess for hurtig oppdatering av risikoanalyser:

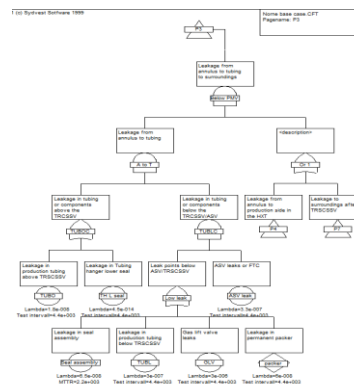
1. Representasjon av brønn
2. Generering av barriere-diagram
3. Generering av strømningsvei-diagram
4. Generering av feiltre



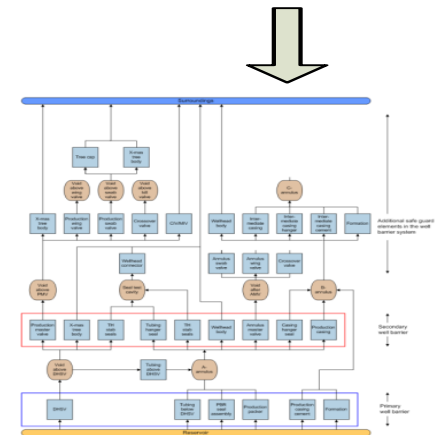
TRINN 1



TRINN 2



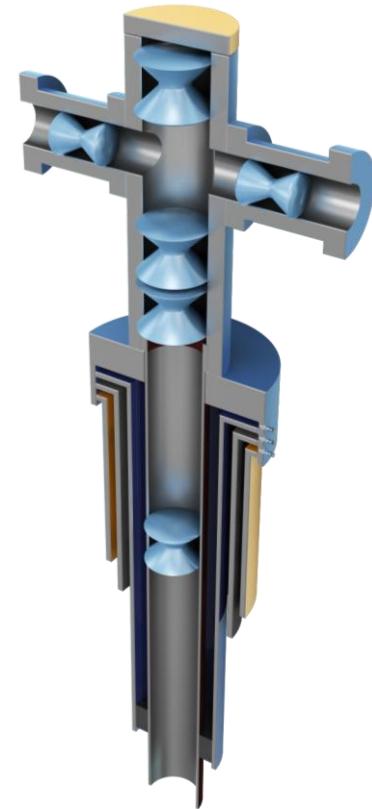
TRINN 4



TRINN 3

Sammendrag

- Kontinuerlig prosess for innsamling og analyse av pålitelighetsdata
- Læring av feil og identifisering av rotårsaker
- Data bør være konsistente, sporbare og etterprøvbare
- Analyser bør gjennomføres med basis i god systemforståelse og metodeforståelse



Konklusjon

- Operasjonelle risikoanalyser bidrar til å balansere teknisk og finansiell risiko – gir retning og beslutningsstøtte når et operasjonelt problem har oppstått
- Risikoanalyser må gjøres utfra helhets-perspektiv og som uavhengig vurdering, trekke inn relevante deler av brønnens levetid når relevant
- Uten gode erfaringsdata mister analysen mye av sin verdi
- Økt forståelse for betydning av brønnerisikoanalyser etter Macondo