

Blindtesting av flerfasemålere – En oversikt og noen erfaringer

Kenneth Gundersen, Equinor
NFOGM fagdag 2024

Oversikt

- Bakgrunn- flerfasemålere i Equinor
- Hvorfor blindtesting i alle prosjekt?
- Blindtesting – i bunn og grunn
- Gjennomføring
 - Valg av flowloop
 - Avklaringer og forberedelser
 - Testmatrise
 - Under testen
- Utfordringer og håndtering av avvik

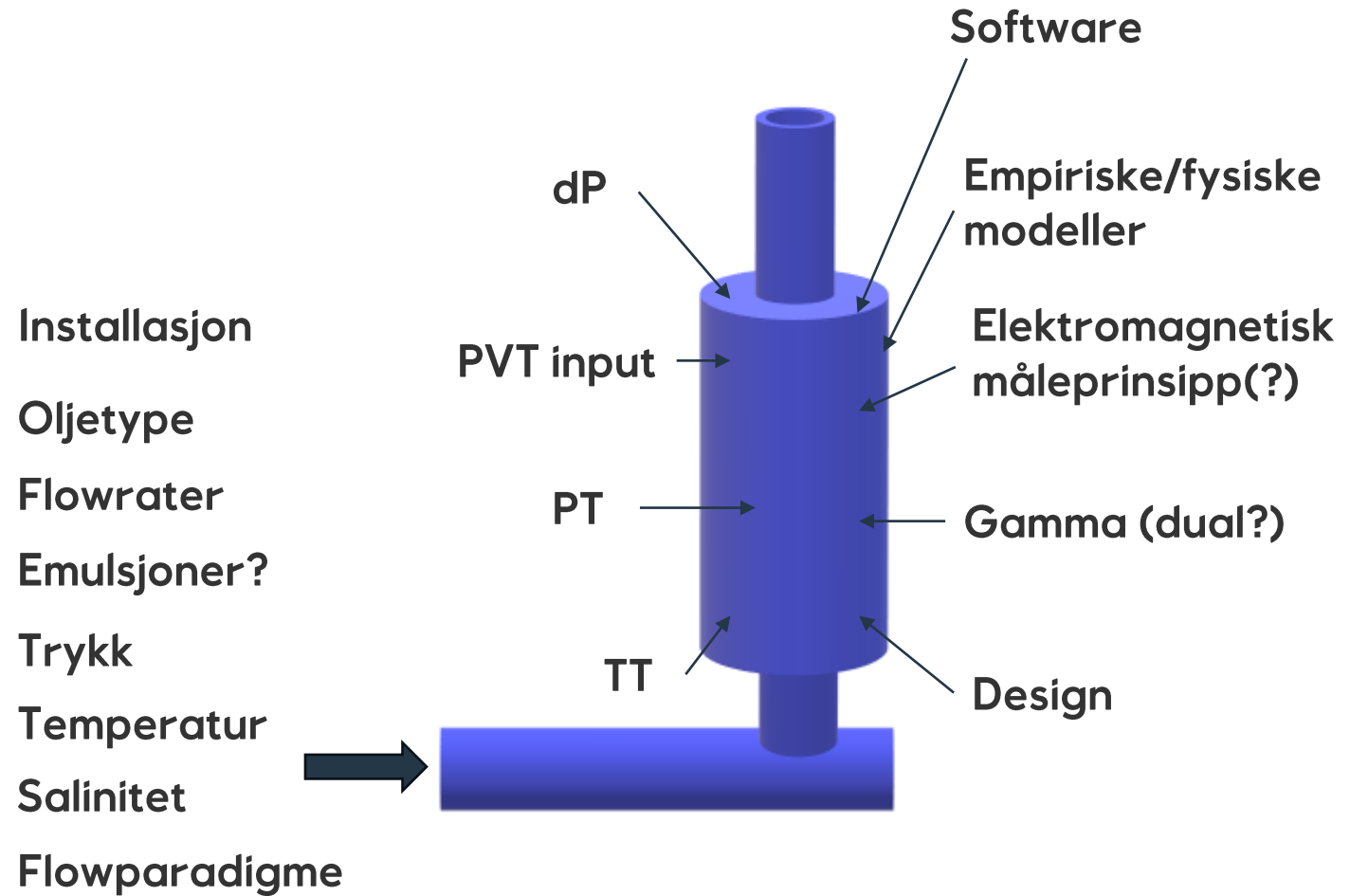


Bakgrunn – Flerfasemålere i Equinor

- Equinor har ~300 flerfasemålere i drift p.t
- De aller fleste nye utbygninger har flerfasemålere som bl.a brukes til
 - Eierskapsallokering
 - Brønnallokering
 - Produksjonsoptimalisering
- Flerfasemålere er en **sentral del av målefilosofien** i de fleste prosjekt
- Samtidig: **Måleusikkerhet** for **flerfasemålere varierer** med mange faktorer og ulike teknologier har sine **sterke og svake sider**
- Altså: flerfasemålere er et viktig, men komplekst, instrument, sammenlignet med de fleste andre sentrale måleteknologier
- Derfor: **i alle prosjekter skal en måler av hver størrelse blindtestes.**
 - Til d.d. er det gjennomført ~40 blindtester av flerfasemålere av Equinor

Hvorfor blindtesting i alle prosjekt?

- En flerfasemåler er et komplekst instrument...
- ... som skal brukes i et miljø med mange variabler
- Verifisere hvordan akkurat **denne** målertypen fungerer på akkurat **disse** forholdene
- Prinsipielt viktig for å dokumentere ytelse ihht krav i et realistisk testoppsett (ved myndighetskrav)
- Praktisk viktig å ha et realistisk bilde av ytelse for å kunne bruke utstyret rett i felt
 - Skille skitt fra kanel
 - Unngå at en får en baby/badevann-situasjon når måler kommer i drift
- Testing viktig for å drive teknologien framover. Fortsatt store teknologi-gap



Blindtesting – i bunn og grunn

- En test av en flerfasemåler i testlab hvor måleren opererer så nært som **mulig realistiske feltbetingelser**
 - Flowratene og andre testbetingelser, utenom PVT, er **ikke kjent for leverandør** hverken på forhånd, eller under testen
 - Flerfasemåler er **satt opp på samme måte** som den ville vært **i felt**
- Viktig å **unngå** alle små og store «**hjelpemidler**» som ikke vil oppstå i felt:
 - Ingen pre-testing eller tuning-punkter før blindtesten starter
 - Ingen single-fase flow i flerfasemåler før eller mellom testpunkt
 - Ikke bruke fast input vannsalinitet hvis måleren skal brukes med egen salinitetsmåling i felt
 - Unngå at leverandør har kontinuerlig tilgang til måler/grensesnitt og dermed gjøre manuelle vurderinger av målinger (og i teorien endre oppsett)
 - Etc

Valg av flowloop

- Testen må gjennomføres så tett opp mot reelle operasjonsbetingelser som mulig:
 - Trykk, temperatur, fluidtyper, maks flowrater, maks vannsalinitet, GVF, WLR
 - I praksis er må en ofte kompromisse på en eller flere faktorer. Ingen eksisterende flowlooper kan
 - test en 5" flerfasemåler over ~130 bar
 - teste med olje med API < ~22 (avh av temp)
 - teste 5" og større i hele måleområdet
- Flowloop må ha et tilfredsstillende referansemålingssystem, med tilhørende usikkerhetsbudsjett
 - Sporbar kalibrering på alle enfasemålere og tilhørende instrumenter
 - Live konvertering av flowrater fra referansestasjon til testseksjon (trykkfall)
- Effektivitet: Tid det tar å fullføre testmatrise kan variere



ProlabNL, Arnhem

Avklaringer og forberedelser

- Tidligst mulig: Klarer sertifikat på måler vs lokale krav
- Kickoff-møte med flowloop og leverandør rett etter kontrakt settes (noe vil også dekke i kontrakt):
 - Roller og ansvar
 - HMS
 - Målsetninger og forventninger
 - **Test spool design (rørgeometri)**
 - Væskeinjeksjonspunkt for små rater?
 - Leveranser
 - Commissioning av måler
 - Logging av data
 - **Sampling**
 - **PVT: analyse og data til leverandør før/under test**
 - Plan/schedule
 - Lengde testpunkter/stabilitetskriterier
 - Assistanse fra leverandør under test
 - Klarifisere eierskap til testresultat
 - **Retningslinjer for deling av informasjon til leverandør**



K-Lab, Kårstø

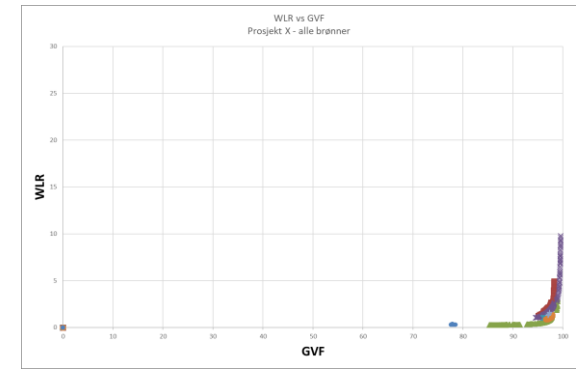
Testmatrise

- Utgangspunktet for å lage matrisen er de forventede produksjonsprofilene for prosjektet
 - Lag en (sparsom) **grunnmatrise som dekker de forventede profilene** (inkludert usikkerhet i profiler)
 - Repeter denne matrisen med variasjon i ulike faktorer som kan påvirke måleren
 - Hastighet/dP, trykk, salinitet
 - Test spesifikt funksjonalitet som er viktig for det aktuelle feltet
 - I dette eksempelet: evnen til å detektere små endringer i vannrate og salinitet (varier WLR)
 - Legg inn et lite antall repetisjonspunkter mot slutten av testen (repetierbarhet)
- NB: Hvis en tester **kun forventet profil**, så står en **på bar bakke** ifht å vurdere årsaker til eventuelle avvik

	A	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1	Input verdier						Kalkulerte verdier								
2	Nominelle verdier						Gas rate	Cond rate	Water rate	Liquid rate					
3	Test run ID	GVF [%]	WLR	mål-dP	barg	°C	Total volu	Qg [m3/h]	Qo [m3/h]	Qw [m3/h]	Qliq [m3/h]	Salinity [wt% NaCl]	WVF [%]	GVF [%]	
4	HAL_Ø5_1	78,00	0,30	1600	120,0	70,0	668,061	521,1	146,5	0,44	147,0	0,0	0,07	78,0	
5	HAL_Ø5_2	78,00	1,00	1600	120,0	70,0	667,667	521,1	146,5	1,47	148,0	0,0	0,22	77,9	
6	HAL_Ø5_3	78,00	2,00	1600	120,0	70,0	667,104	521,1	146,5	2,94	149,5	0,0	0,44	77,7	
7	HAL_Ø5_4	85,00	0,30	2000	120,0	70,0	827,967	703,8	123,8	0,37	124,2	0,0	0,05	85,0	
8	HAL_Ø5_5	85,00	1,00	2000	120,0	70,0	827,557	703,8	123,8	1,24	125,1	0,0	0,15	84,9	
9	HAL_Ø5_6	85,00	2,00	2000	120,0	70,0	826,973	703,8	123,8	2,48	126,3	0,0	0,30	84,8	
10	HAL_Ø5_7	92,00	0,30	2000	120,0	70,0	942,827	867,4	75,2	0,23	75,4	0,0	0,02	92,0	
11	HAL_Ø5_8	92,00	1,00	2000	120,0	70,0	942,504	867,4	75,2	0,75	76,0	0,0	0,08	91,9	
12	HAL_Ø5_9	92,00	2,00	2000	120,0	70,0	942,043	867,4	75,2	1,51	76,7	0,0	0,16	91,9	
13	HAL_Ø5_10	94,00	0,30	2000	120,0	70,0	985,523	926,4	59,0	0,18	59,1	0,0	0,02	94,0	
14	HAL_Ø5_11	94,00	1,00	2000	120,0	70,0	985,246	926,4	59,0	0,59	59,5	0,0	0,06	94,0	
15	HAL_Ø5_12	94,00	2,00	2000	120,0	70,0	984,851	926,4	59,0	1,18	60,1	0,0	0,12	93,9	

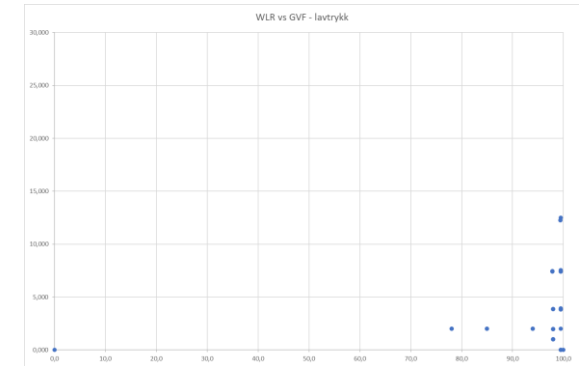
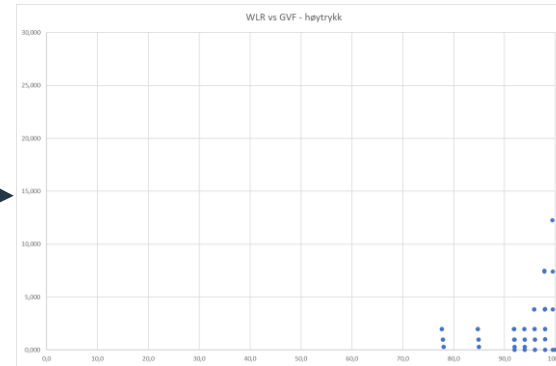
Testmatrise - Eksempel

Brønnprofiler



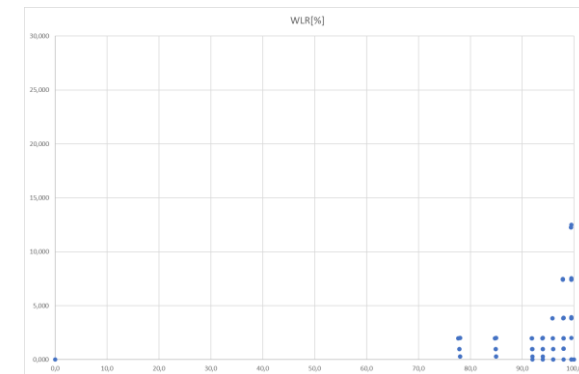
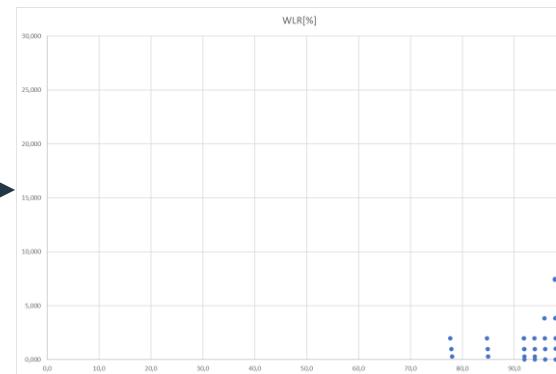
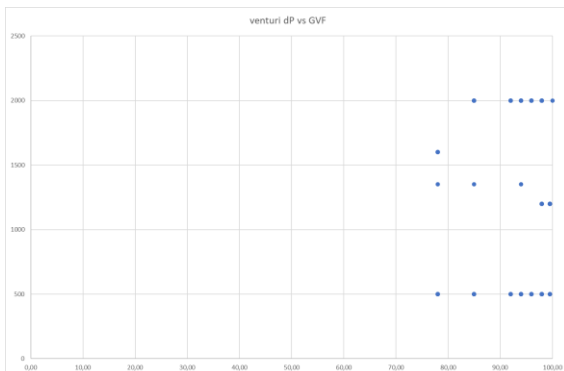
Matrise

To testtrykk →



Tre dP nivå

To saliniteter →



Under testen

- Ansvarlig måleingeniør må være tilstede under gjennomføring av test
- Viktig å være det det skjer («hands-on») under testen for å plukke opp små og store saker
 - Vær i kontrollrommet
 - Følg med på testkjøring
 - Få daglige oppdateringer på resultater
 - Loggfør hendelser under test

Blindtesting i praksis – testlab'er (flowlooper)

Lab	Oljetyper	Gass	Maks målerstørrelse våtgass*	Maks målerstørrelse flerfase*	Maks trykk
K-Lab (No)	API > ~35	Naturgass	10"	7"	~130 bar
Prolab (NL)	Crude API 22 - 36	Metan	5"	7"	60 bar
DNV-GL (NL)	Exxsol D60-120	Naturgass	5"	7"	33 bar
TÜV SÜD NEL (UK)	Exxsol D140	Nitrogen	10"	~10"	140 bar
CEESI (US)	Exxsol D80	Naturgass	2-3"	7-10"	75 bar
SwRI (US)	Crude	Naturgass	-	3"	250 bar

* Forenklet oppsummering for venturi beta 0.7

Blindtesting i praksis – testlab'er


Teste 5" subsea-måler for felt med GVF=70-97%, API 40, P=200 -> 80

Lab	Oljetyper	Gass	Maks målerstørrelse våtgass*	Maks målerstørrelse flerfase*	Maks trykk
K-Lab (No)	API > ~35	Naturgass	10"	7"	~130 bar
Prolab (NL)	Crude API 22 - 36	Metan	5"	7"	60 bar
DNV-GL (NL)	Exxsol D60-120	Naturgass	5"	7"	33 bar
TÜV SÜD NEL (UK)	Exxsol D140	Nitrogen	10"	~10"	140 bar
CEESI (US)	Exxsol D80	Naturgass	2-3"	7-10"	75 bar
SwRI (US)	Crude	Naturgass	-	3"	250 bar

* Forenklet oppsummering for venturi beta 0.7

Blindtesting i praksis – testlab'er

Eksempel: Teste 5" subsea-måler for felt med GVF=70-97%, API 40, P=200 -> 80

Lab	Oljetyper	Gass	Maks målerstørrelse våtgass*	Maks målerstørrelse flerfase*	Maks trykk
 K-Lab (No)	API > ~35	Naturgass	10"	7"	~130 bar
Prolab (NL)	Crude API 22-36	Metan	5"	7"	60 bar
DNV-GL (NL)	Exxsol D60-120	Naturgass	5"	7"	33 bar
TÜV SÜD NEL (UK)	Exxsol D140	Nitrogen	10"	~10"	140 bar
CEESI (US)	Exxsol D80	Naturgass	2-3"	7-10"	75 bar
SwRI (US)	Crude	Naturgass	-	3"	250 bar

* Forenklet oppsummering for venturi beta 0.7

Utfordring 1 – spesialtilpasning til testlab?

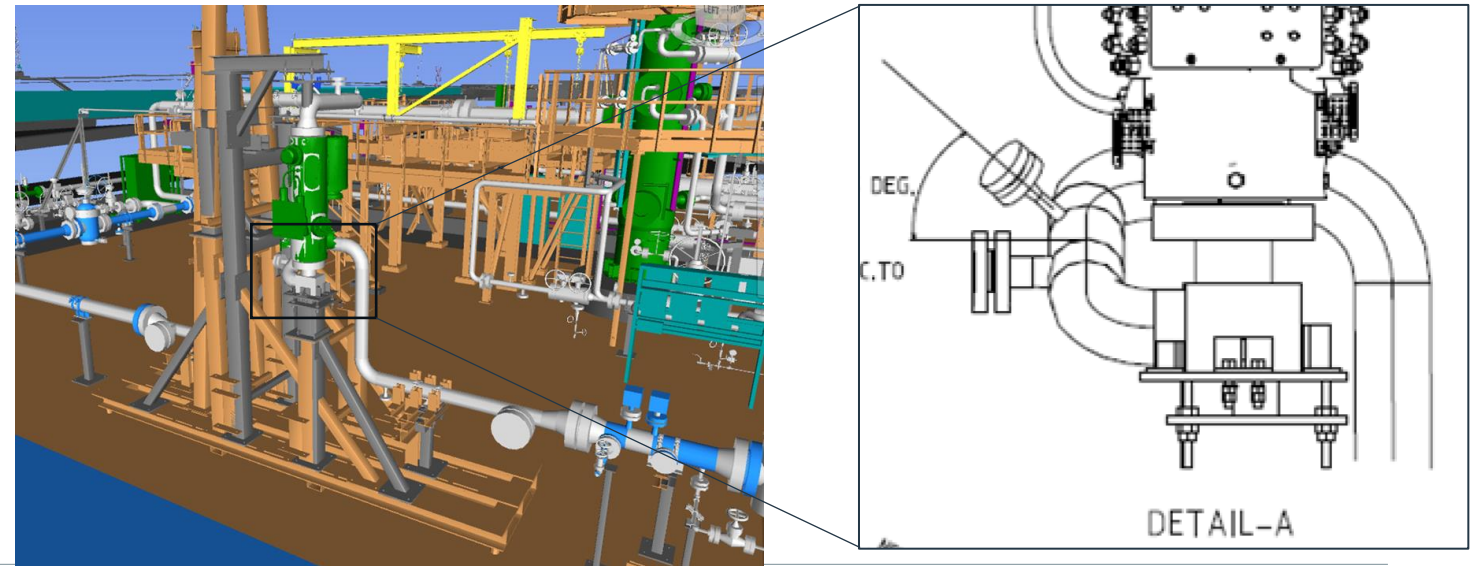
- På grunn av begrensninger på tilgjengelige testlaber ender man ofte opp med å gjøre flesteparten av blindtestene på et fåtall (to) testlab'er
 - Samtidig gjør leverandørene mye av sin egen utviklingstesting på de samme stedene...
- Over årene har leverandørene testet mye på de få laboratoriene som finnes, og med de fluidene og piping-geometriene som brukes der.
- Dette **utfordrer blindtestingsprinsippet om «Ingen pre-testing, ingen tuning-punkter»!**



Ai generert fra Google Image FX:
A modern comic with colors of a hotel concierge welcoming a guest back. Saying "Welcome back, MR Meter "

Håndtering – spesialtilpasning til testlab

- For å håndtere dette problemet så er det viktig å i hver test endre på de viktigste faktorene som kan påvirke en flerfasemåler:
 - Fluider: **Etterstreb å bruke en ny oljetype** (evt ny batch) som er representativ for feltet
 - Flowbetingelser
 - Bruk **identisk piping-geometri** som i felt-installasjon på test (for eksempel 10-20 ID oppstrøms blind-T)



Utfordring 2 – Unngå enfasepunkter under forberedelser/test

- Før selve testen starter så blir skal fluidene fylles på i riggen og stabiliseres. I denne prosessen så sirkuleres ofte fluidene i loopen
- I denne prosessen kan det fort oppstå enfasestrøm i flerfasemåleren -> i strid med intensjon om å ikke ha enfasepunkter før testen
 - **Enfase vann:** mulighet til å plukke opp **vannsalinitet** (som ofte forblir uendret gjennom testen)
 - Bør også unngå midlertidige urealistisk høye vannfraksjoner av samme årsak
 - **Enfase gass/olje:** mulighet til å **justere/ «tune»** oppsett av **fraksjonsmålinger**
- Merk: fullt mulig å automatisere slike justeringer/målinger. Det er derfor ikke tilstrekkelig at leverandør ikke har tilgang til måler.
- **Måler bør være uten strøm fram til man er klar til testkjøring**
- **Testlab må instrueres til å ikke kjøre enfasepunkter, eller punkter langt utenfor testmatrisen, mens måleren har strøm**

Håndtering av avvik/problemer

- Det er viktig at **rådata** logges i **flerfasemåleren** slik at data kan reprocesseres i etterkant av testen hvis nødvendig
 - Kan reprocessere med **korrigerede tettheter**, dempingskoeffisienter etc for å sjekke **sensitivitet**
 - Kan korrigere evt **feil i oppsett av måler**
 - Kan sjekke effekt av nylige **forbedringer** i SW/modeller
- Det er en **vesenforskjell** for verdien av en slik reprocessing om den gjøres **FØR eller ETTER** at **referansedata** har blitt delt med leverandør
 - Bør derfor være veldig nøye på å holde vanntette skott når det gjelder (foreløpige) resultater. Små hint kan i praksis avsløre en god del
 - Hvis en test kommer «skeivt ut» så er det fristende å be leverandør se på det på stedet.
 - Men: Vanskelig å gjøre dette uten å avsløre informasjon om avvik.

Det som ikke kan testes...

- Flerfasemåleren kan være sensitiv til faktorer som ikke håndteres av flowloop:
 - Sensitivitet til små mengder tunge komponenter i oljen/røret: Svovel, Kalsium (i scale),...
 - Effekt av komplekse emulsjoner
 - Tyngre oljer
 - Slugging
 - Trykk over 130 bar på 5" måler
 - Temperatur over 70 grader
 - etc....

Oppsummering

- Flerfasemålere er et viktig, men komplekst instrument, og i alle prosjekter det gjennomføres en blindtest på relevante forhold.
 - dokumentere ytelse ihht krav (for aktuell måler på aktuelle forhold)
 - ha et realistisk bilde av ytelse for å kunne bruke utstyret rett i felt
 - drive teknologien framover
- For å gi nyttige resultater må en blindtest gjennomføres
 - så nært som **mulig til realistiske feltbetingelser**
 - uten å gi måleren «**hjelpemidler**» som ikke vil være tilstede i felt
- Testmatrisen bør omfatte usikkerhet i brønnprofilene og ha variasjon i faktorer som kan påvirke ytelse (dP, trykk etc)
- Pga få tilgjengelige testlab'er bør det testes med
 - samme rørkonfigurasjon som skal brukes i felt
 - med en (for måleren) ny olje



Blindtesting av flerfasemålere – En oversikt og noen erfaringer

Kenneth Gundersen, Principal Engineer Fiscal metering

© Equinor ASA

This presentation, including the contents and arrangement of the contents of each individual page or the collection of the pages, is owned by Equinor. Copyright to all material including, but not limited to, written material, photographs, drawings, images, tables and data remains the property of Equinor. All rights reserved. Any other use, reproduction, translation, adaption, arrangement, alteration, distribution or storage of this presentation, in whole or in part, without the prior written permission of Equinor is prohibited. The information contained in this presentation may not be accurate, up to date or applicable to the circumstances of any particular case, despite our efforts. Equinor cannot accept any liability for any inaccuracies or omissions.