

Driftserfaringer og veien videre

av

Arnstein Wee, MPM

Oversikt

- Historikk
- Teknologi oversikt
- Utfordringer
- Felt konfigurering
- Driftserfaringer
- Kalibrering
- Måleusikkerhet
- Råd til nye brukere/prosjekt
- Veien videre

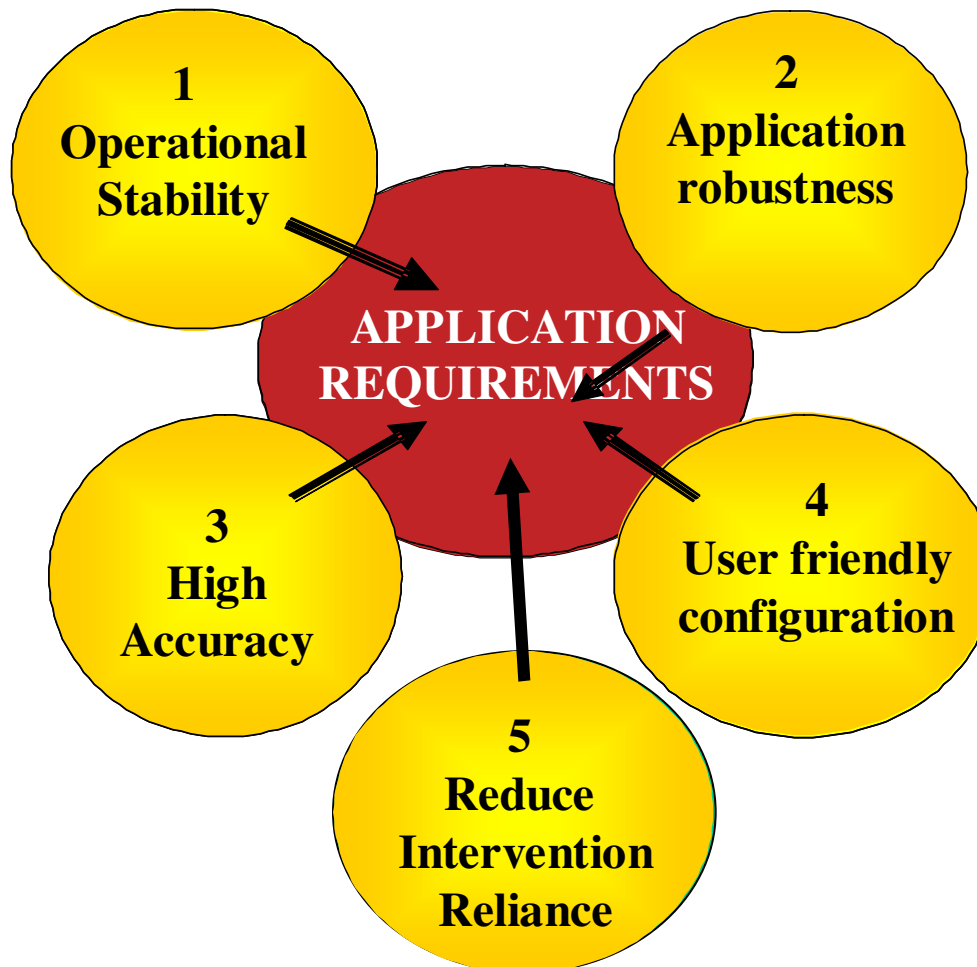
- **mpm** er et uavhengig norsk olje-service selskap, etablert i 2003.
- Hovedkvarter i Stavanger med avdelingskontorer/datterselskaper i
 - Kongsberg (subsea)
 - Dubai
 - Houston
 - Milano
 - + lokale representanter
- Avansert flow laboratorium
- Proprietær teknologi base:
 - 7 patenter (2 pending)
 - 3D Broadband™
 - Lisensiert teknologi
- Fabrikasjon og sammenstilling skjer i Norge hos MPM, i samarbeid med internasjonale partnere.
- HSE & kvalitets system ihht ISO stds





Goal of MPM JIPs (5 JIPs in total)

to build and qualify a high performance multiphase meter that better fits user application requirements



Partners:



StatoilHydro



MPM meter hovedpunkter





- **‘3D BroadBand™ Technology’**
 - Tomografi basert måleprinsipp
 - Fler-dimensjonal, fler-frekvens baserte elektromagnetiske målinger
 - Høy toleranse mot avvik/endringer i PVT/konfigurasjonsdata.
- **‘Dual Mode’**
 - Kombinert våtgass & flerfase måler
 - Automatisk svitsjing mellom flerfase og våtgass modus
- **‘Water Salinity Measurement’**
 - Automatisk konfigurering av vann konfigureringsdata (konduktivitet og tetthet)
 - Deteksjon og måling av formasjonsvann gjennombrudd.
- **Full HP/ HT design:**
 - P design 1000 bar
 - T design 250 °C
- **Design/kvalifiserings basis**
 - ISO 13628
 - API 17D / API 6A.
 - NACE
 - DNV RP-203



TOPSIDE VERSION

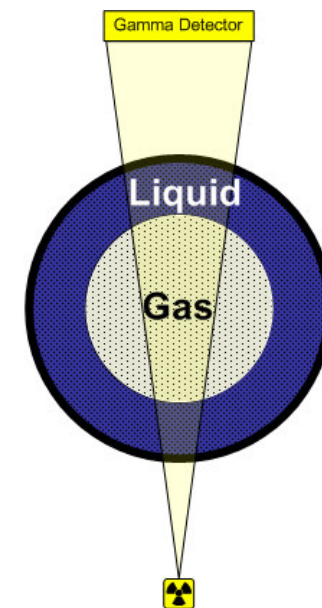


SUBSEA VERSION

 DET NORSKE VERITAS STATEMENT OF COMPLIANCE		Rev. No: 02 Ref. No: 2007-1568
NAME OF OWNER:	Multi Phase Meters (MPM)	
LOCATION:	Stavanger, Norway	
DESCRIPTION:	Qualification of the MPM subsea flowmeter. This document is an upgrade of the Qualification certificate issued 2nd October 2007.	
KEY PARAMETERS:	Design life: 25 years Design water depth: 3727 m Max. internal pressure: 1024 bar Max. internal fluid temperature: 250°C Max. internal fluid temperature: 50°C Seawater temperature range: 4 - 25°C * The MPM flowmeter has been calculated to withstand a water depth of 3500 meter, however the MPM flowmeter has not been pressure tested to this depth.	
THIS IS TO STATE THAT:	The MPM subsea flowmeter was qualified according to DNV-RP-A203 "Qualification Procedures for New Technology". Reference is made to DNV Qualification Report 2007-1568, Rev. 01.	
QUALIFICATION INVOLVEMENT:	The qualification activities has included: - Review of MPM test results and relevant documentation.	
LIMITATIONS:	The following limitations applies for this Statement of Compliance: - Static pressure tests, pressure cycling and combined pressure- and temperature cycling tests have been performed according to ISO 13628-4, ISO 10423, API 17D and API 6A. - DNV personnel have not been present during pressure- and temperature cycling tests. - The MPM subsea flowmeter relies on a gas penetrator antenna sealing system which includes a single barrier glass-to-metal seal, see attached executive summary from the qualification report.	
VALIDITY:	This statement is valid at the date of issue.	
REFERENCE DOCUMENT:	DNV Qualification Report Number: 2007-1568, Rev. 01.	
PLACE: <i>Trondheim</i> DATE: <i>30/10-08</i> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>  Cecilie Lagerberg Project Manager </div> <div>  Lars Tore Høeg Project Sponsor </div> <div>  Leif Håvar Mørk Principal Engineer </div> </div>		

Utfordringer

- Våtgass
 - Den ultimate flerfase applikasjonen
 - Mange faser og hastigheter
 - Marginale vannfraksjoner av stor interesse (ppm målig)
- PVT
 - Variasjon i enfase vann, gass og olje egenskaper
- Slug flow
 - Både måletekniske og design-messige utfordringer
- Annulær Flow / Annulær gass konsentrasjon
 - Behov for tomografisk måleprinsipp
- Verifikasjon
 - Hvordan vet man at måleren holder spec ?
- HP/HT
 - Kommer mer og mer....

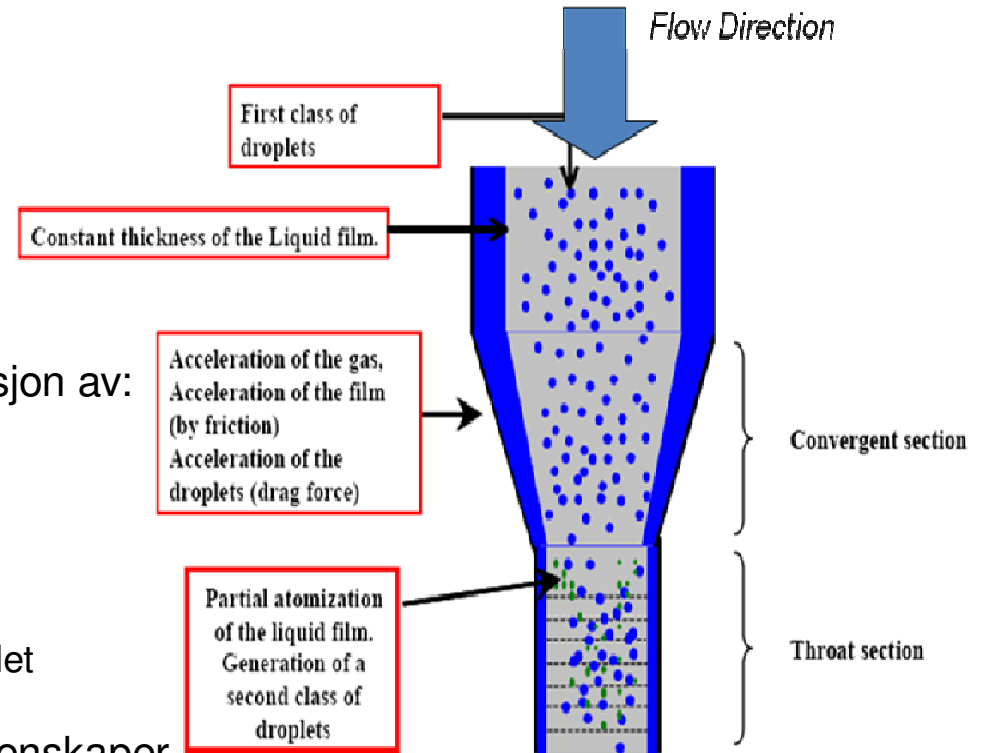


Actual GVF : 36.0 %
Measured GVF : 55.0 %

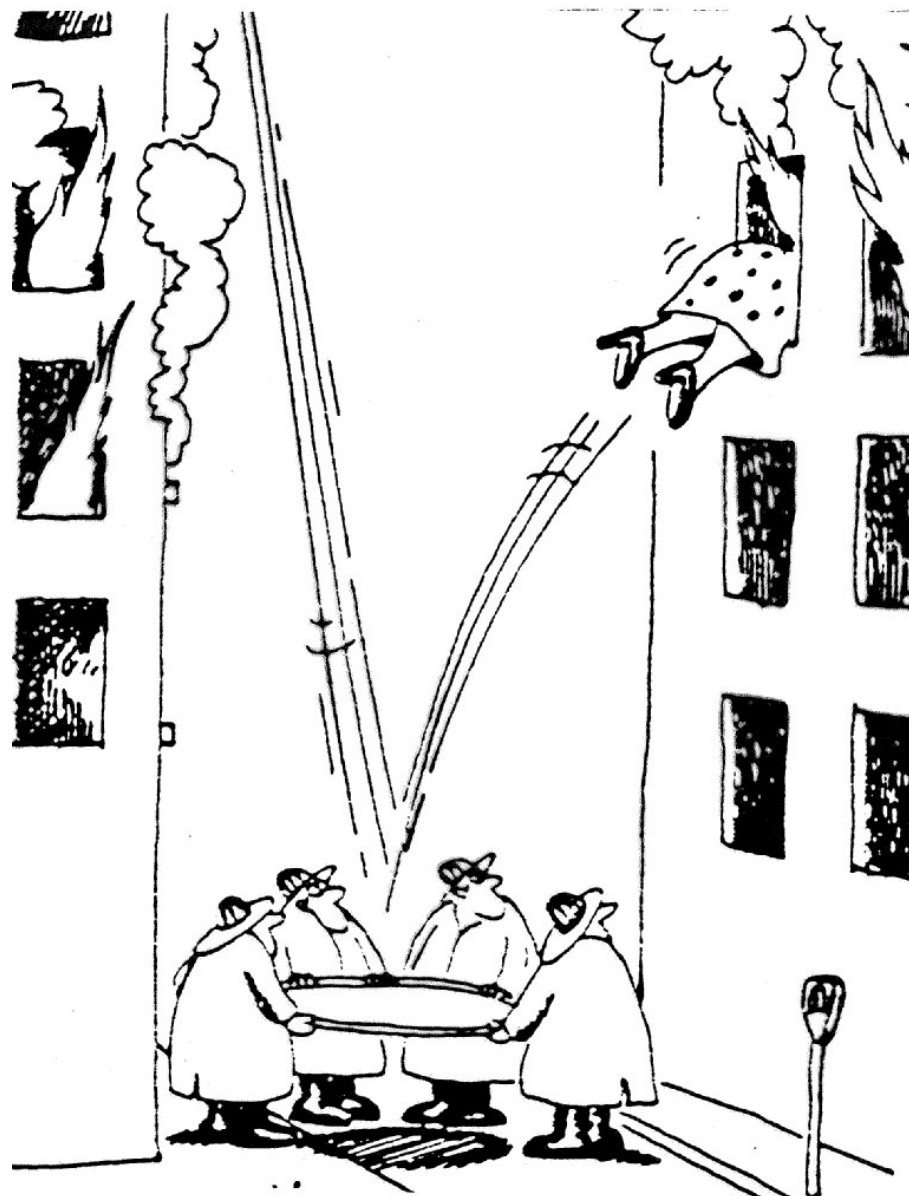
Utfordring : Våtgass Måling

- Den ultimate flerfaseapplikasjon

- Tre fraksjoner og tre hastigheter
 - Film, dråper og gass
- Interaksjon mellom fasene
 - Avrivning av dråper fra film
 - Dråper som binder seg til filmen
- Flowregime endrer seg radikalt som funksjon av:
 - Trykk
 - Viskositet
 - Overflatespenning væske / gass
- Høye krav til væskemåling
 - Måling av vann og kondensat i ppm området
- Må være robust mht variasjoner i PVT egenskaper
 - Må eksempelvis kunne tolerere 5% usikkerhet i gass tetthet uten at væske og gass ratene påvirkes nevneverdig



Hva hvist det går galt....




Hva hvist det går galt....

- ..da må den ihvertfal være tett....
- Design og kvalifisering av måler
 - DNV RP A203
 - Temperatur : -50-250 °C
 - Trykk : 15.000 PSI (1035 Bar)
 - 3.500 m havdyp
- Kvalifisering av mekanisk design gjennomført i HP/HT testtrigg ihht :
 - ISO 13628
 - API 17D og API 6A



Rev. No.: 02
Ref. No.: 2007-1568



DET NORSKE VERITAS STATEMENT OF COMPLIANCE

NAME OF OWNER:	Multi Phase Meters (MPM)
LOCATION:	Stavanger, Norway
DESCRIPTION:	Qualification of the MPM subsea flowmeter. This document is an upgrade of the Qualification certificate issued 2nd October 2007.
KEY PARAMETERS:	Design life: 25 years Design water depth: 2727 m * Max. internal pressure: 1034 bar Max. internal fluid temperature: 250°C Min. internal fluid temperature: -50°C Seawater temperature range: 4 - 25°C
THIS IS TO STATE THAT:	* The MPM flowmeter has been calculated to withstand a water depth of 3500 meter, however the MPM flowmeter has not been pressure tested to this depth. The MPM subsea flowmeter was qualified according to DNV-RP-A203 "Qualification Procedures for New Technology". Reference is made to DNV Qualification Report 2007-1568, Rev.: 01.
QUALIFICATION INVOLVEMENT:	The qualification activities has included: - Review of MPM test results and relevant documentation.
LIMITATIONS:	The following limitations applies for this Statement of Compliance: - State pressure tests, pressure cycling and combined pressure- and temperature cycling tests have been performed according to ISO 13628-4, ISO 10423, API 17D and API 6A. - DNV personnel have not been present during pressure- and temperature cycling tests. - The MPM subsea flowmeter relies on a glass penetrator antenna sealing system which includes a single barrier glass-to-metal seal, see attached executive summary from the qualification report.
VALIDITY:	This statement is valid at the date of issue.
REFERENCE DOCUMENT:	DNV Qualification Report Number: 2007-1568, Rev.: 01.

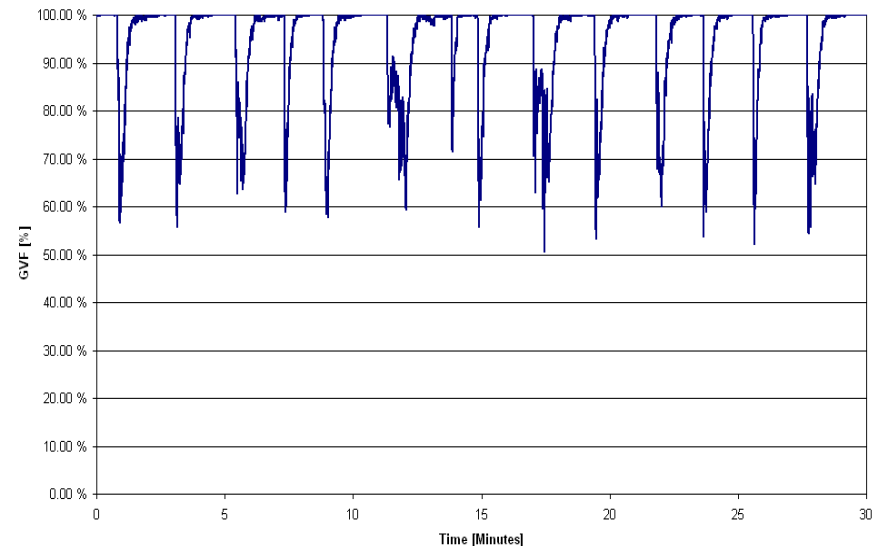
PLACE: *Hord* DATE: *30/10-08*

Cecilie Lagerberg Lars Tore Haug Leif Håvard Møen
Project Manager Project Sponsor Principal Engineer

Lange rør med slugging

- Strømningen varierer mellom våtgass og flerfase forhold
- MPM måler svitsjer automatisk mellom våtgass og flerfase modus
- Slug flow i lange rør vil normalt forbedre ytelsen til måleren
 - Mesteparten av væske måles ved lavere GVF (bedre spec)
 - Mesteparten av gassen måles i våtgass modus (bedre spec)
 - Reduserer sansynlighet for systematisk avvik

Slug Flow Example in Long Pipe Lines



Felt Konfigurering (PVT data)

- Fluid egenskaper ved aktuelle betingelser
 - Tetthet for olje og gass
 - Viskositet for olje og gass
 - Overflatespenning for olje/gass
 - Vanntetthet og konduktivitet kan enten måles av måleren (auto config) eller gis inn manuelt
- Fluid egenskapene til den største fraksjonen i røret er viktig for nøyaktig måling av den minste fraksjonen i røret
 - Eks. 1 : Vannegenskapene er viktig for nøyaktig måling av oljerate for brønner med høyt vannkutt
 - Eks. 2 : Gassegenskapene er viktig for nøyaktig måling av væskeraten for våtgass brønner
- Bruker Behov
 - Enkel feltkonfigurering
 - Unngå sampling – spesielt SubSea.
 - Høy grad av toleranse mot endringer / usikkerhet i PVT data.
 - In-situ verifikasjon av konfigurasjons data (fremskaffe dokumentasjon på konfigureringen)

Typisk konfigurering av MPM Måler

- Olje og gass egenskaper beregnes baser på komposisjon v.h.a Calsep PVT Sim
 - Look-up tabell for tetthet, viskoitet og overflatespenning
- Vannegenskaper måles av måleren (auto config)
- Måleren leveres ferdig konfigurert fra MPM
 - Enkelt å sette måleren i drift
 - In-situ målinger for verifikasjon av konfigureringsdata



MPM målere i drift

MPM meter - Operational experience

updated January 09



				Total units	10		VERSION		APPLICATION				FEATURE				13.2
					No Meters	Size	Topside	Subsea	Well monitoring	Allocation	Process ctrl	Well Services	HPHT	Other	Delivered	Commissioned	Years in operation (Feb.09)
Project	Country	Customer	Operator														
Oseberg B30	Norway	Aibel	StatoilHydro	1	5"	x				x					sep. 08	jan-09	
Oman Well Testing	Oman	BG	MB Petroleum	1	3"	x						x			aug. 08	aug. 08	
Separation module	Norway	StatoilHydro	StatoilHydro	1	2"	x					x				apr. 08	aug. 08	
Compression project	Norway	StatoilHydro	StatoilHydro	1	10"	x					x				jan. 08	mar. 08	
Oseberg B28	Norway	Aibel	StatoilHydro	1	5"	x				x					dec 07	mar. 08	
Vega (test)	Norway	StatoilHydro	StatoilHydro	1	5"		x			x			x		sep. 07	oct. 07	
Ekofisk 2/4 M	Norway	ConocoPhillips	Conoco Phillips	1	5"	x			x					R	sep. 07	nov. 07	
Separation module	Norway	StatoilHydro	StatoilHydro	1	3"	x					x				aug. 07	oct. 07	
Separation module	Norway	StatoilHydro	StatoilHydro	1	3"	x					x				aug. 07	oct. 07	
Gullfaks A	Norway	StatoilHydro	StatoilHydro	1	3"	x			x					R	oct 06	nov. 06	

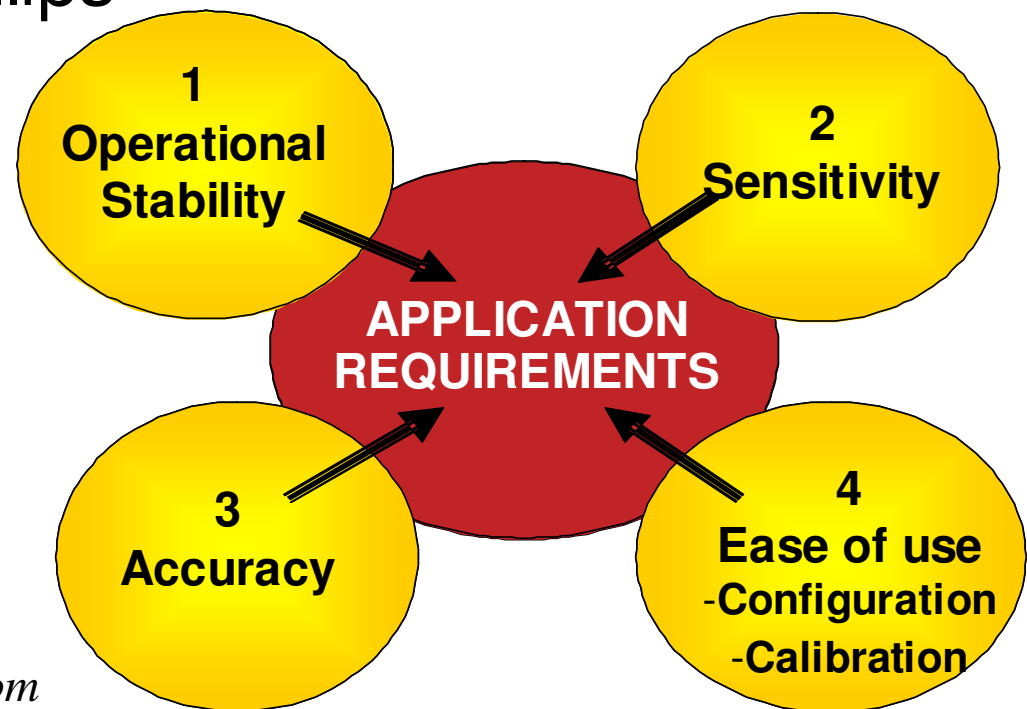
R: Retrofit

Driftserfaringer

- 100% oppetid på målere i drift
- Flesteparten av målerene er oppsatt med automatisk konfigurasjon av vanndata
 - Viktig funksjon for brønner med lav GOR og vann injeksjon
- Enkel konfigurering av målere
 - Gullfaks A :
 - Et felles oppsett for alle brønner untatt en (annet reservoar)
 - Gullfaks C :
 - Et felles oppsett for alle brønner basert på gjennomsnitt komposisjon for tre reservoarer
 - Ekofisk
 - Et felles oppsett for alle brønner
- Enkel oppstart av målere
 - Oppstart i løpet av noen dager – ingen tuning
- Ingen behov for recalibrering av målere i drift
 - Har foretatt verifikasjon av kalibrering etter nesten 2 års drift uten behov for å gjøre justeringer

Driftserfaringer

- 100% ihht StatoilHydro
- 100% ihht ConocoPhillips
- 100% ihht BG (Oman)
- Svarer til forutsetninger og mål for JIP utviklingen



MPM Måler utviklet og kvalifisert igjennom

5 JIP prosjekter med 10 deltagende oljeselskaper



ConocoPhillips



Gaz de France



PETRONAS



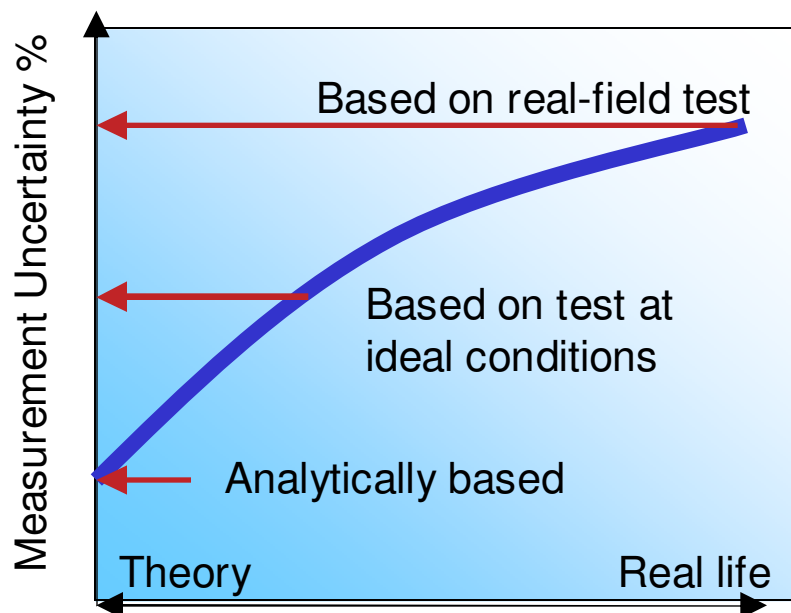
StatoilHydro



Kalibrering

- Målere leveres ferdig kalibrert fra MPM
 - Statisk kalibrering og kalibrering av venturi i egen test rig
- Sjekk av kalibrering i hht øvrig måleutstyr
 - Årlig / hvert annet år / hvert tredje år
 - eller ved behov basert på informasjon fra redundans / in-situ målinger (tilstandsbasert vedlikehold)
- Re-kalibrering kan foretas på tomt rør

Hvordan spesifisere måleusikkerhet ?



Usikkerhet kan oppgis basert på:

– **Analytiske metoder.**

- Gir best spec, men...
- ...hvor relevant?

– fra **lab tester under ideelle forhold**

- Mer realistisk,.. men
-får ikke med seg alt...

– fra **reelle felt tester**

- Inkluderer effekter som:
 - Flow regime variasjoner
 - Variasjoner i fluid egenskaper
 - Usikkerhet i PVT beregninger

Test Resultater – avvik individuell punkter

	Individual wells / test points				
	MPM Lab '06	K-Lab '06	Gullfaks Dec '06	Gullfaks Jan '07	SwRI Nov '07
Oil Flow rate	± 5 to 10 %	± 4 to 10 %	± 8 %	± 6 %	± 4 %
Gas Flow rate	± 6 %	± 5 %	± 8 %	± 3 %	± 2.5 %

Test Resultater – akkumulert avvik

Cumulative rates - all wells / tests combined					
	MPM Lab '06	K-Lab '06	Gulfaks Dec '06	Gulfaks Jan '07	SwRI Nov '07
Oil Flow rate	+ 1,1 %	+ 0,1 %	+ 3,4 %	+ 1,4 %	+ 0,7 %
Gas Flow rate	+ 1,4 %	+ 1,3 %	+ 1,4 %	+ 0,1 %	+ 1.2 %

Usikkerhetsspesifikasjoner

- Utarbeidet av JIP selskaper fra kvalifiserings tester (blindtester)
- K-Lab, Gullfaks & SwRI
- Bekreftet fra alle målere installert i felt
- Demonstrert skalerbarhet til forskjellige måler dimensjoner
- Demonstrert skalerbarhet til forskjellige driftsforhold

Råd til nye brukere - pass på brønnforhold

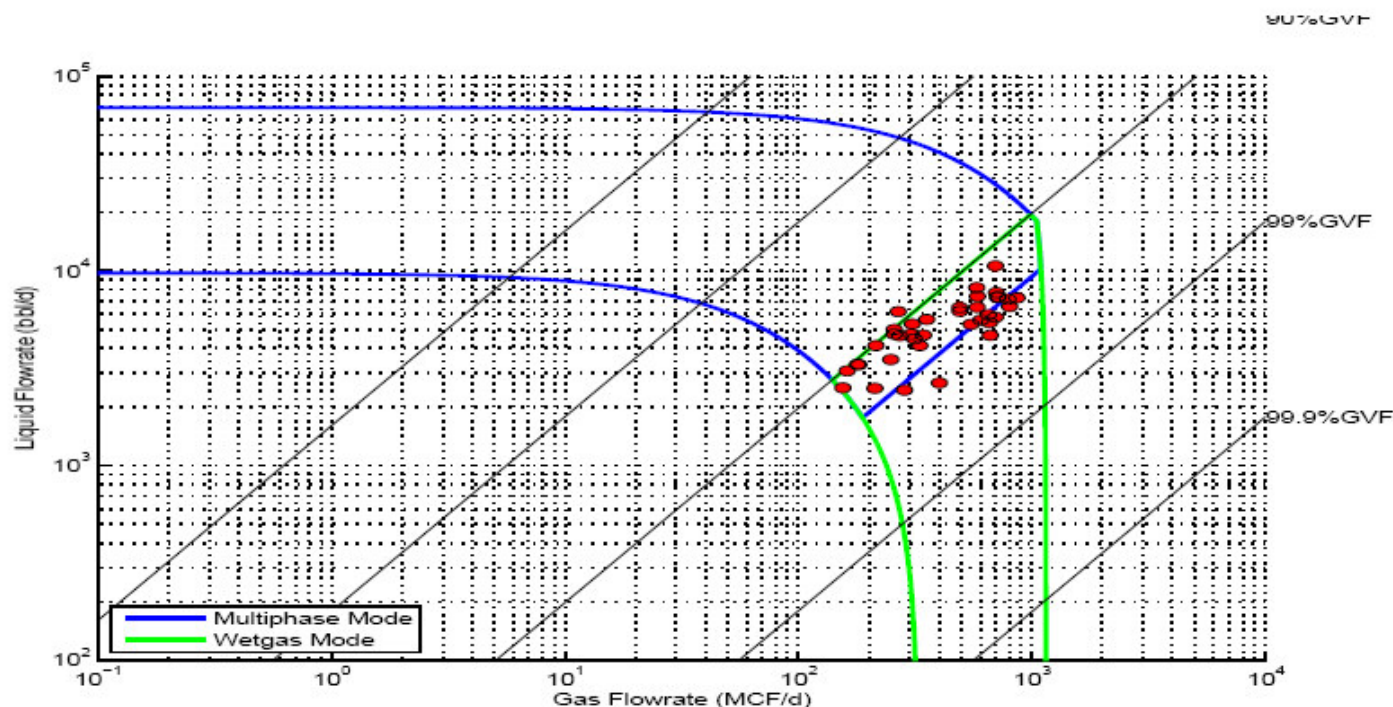
Typisk input fra prosjekt:

		Flashed til Std. Bet.				
Brønn	Test Separator			Temp deg. C	Trykk barg	
	Olje BBLs/D	Gass MSCF/D	Vann BBLs/D			
1	2810	3326	489	73	2	
2	7369	10265	828	85	2	
3	3084	4534	420	75	2	
4	5158	12511	624	81	2	
5	5843	10522	663	78	2	
6	4823	6553	808	70	2	
7	1924	3957	571	68	2	
8	1768	5360	673	64	2	
9	2040	2985	1028	71	2	
10	4104	12035	1318	74	2	
11	4265	11039	1332	74	2	
12	2894	5415	1838	83	2	
13	5203	6196	134	42	2	
14	2618	7557	41	64	2	
15	5273	10329	44	64	2	
16	4643	12546	25	62	2	
17	3020	4799	1627	86	2	
18	3977	8635	2229	88	2	
19	5508	10148	1887	92	2	
20	4634	6199	44	78	2	
21	6412	14183	150	86	2	
22	2321	2935	187	62	2	
23	5703	11509	251	85	2	
24	5006	4811	0	66	2	
25	7184	13164	193	72	2	
26	10452	15269	145	162	3	
27	7422	12325	308	89	2	
28	6840	13790	326	90	2	
29	5554	8575	931	90	2	
30	2344	3243	965	77	2	
31	3467	4744	2717	85	2	
32	5761	12532	1547	87	2	
33	3854	4533	878	87	2	
34	6030	15326	1234	84	2	
35	3596	4078	539	61	2	
36	3963	5749	511	73	2	
37	3529	6052	605	74	2	

Råd til nye brukere - pass på brønnforhold

Typiske beregninger utført av leverandør:

Customer:	NFOGM	Prepared By:	Siri Malmquist
Project:	Temadag 2009	Date:	20-Feb-2009
Reference:	—	Meter Size:	109.5mm (5")
Case:	Sizing example	β :	0.70





Råd til nye brukere - pass på brønnforhold

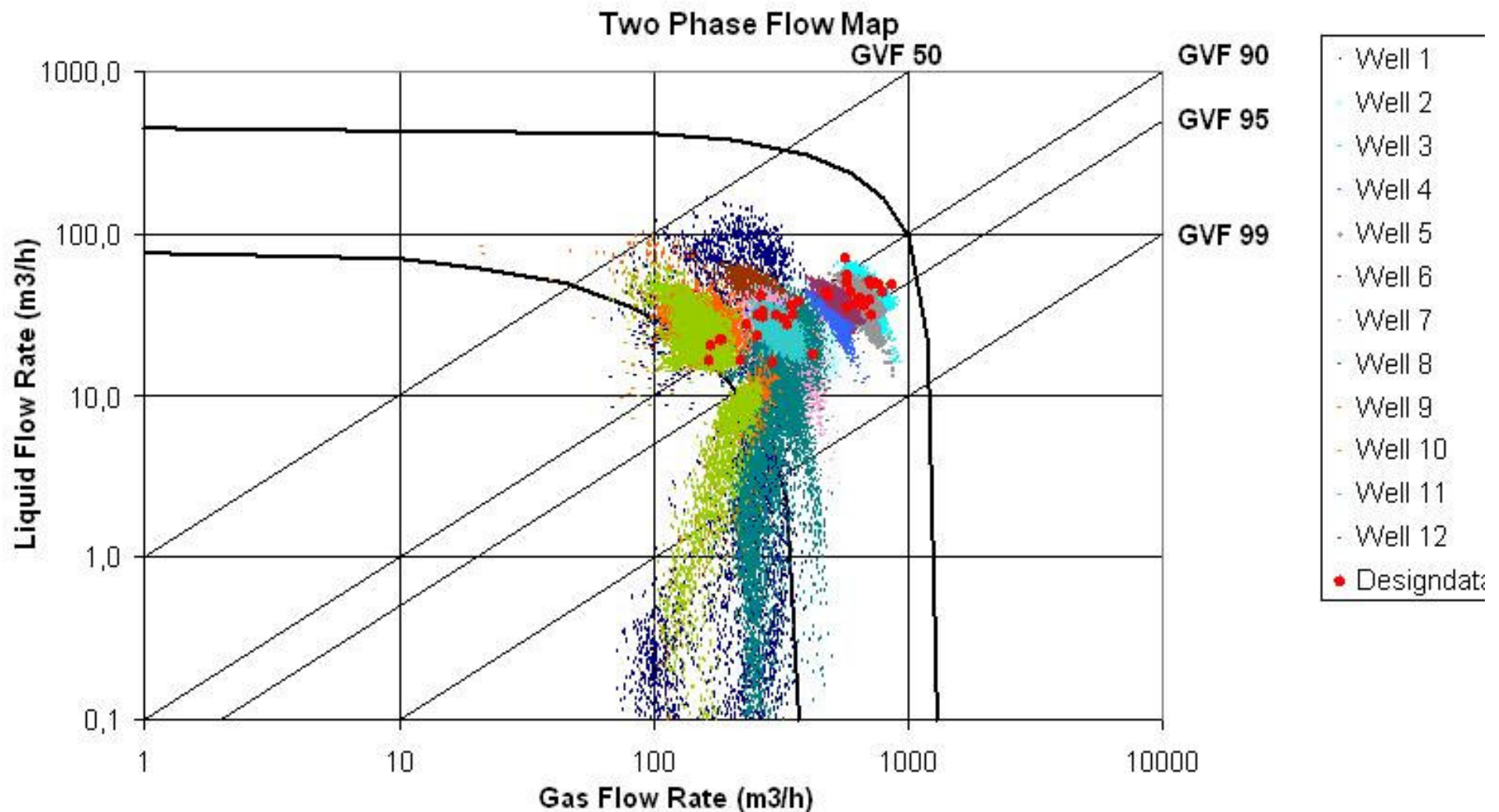
Typiske
beregninger
utført av
leverandør:

Customer:	NFOGM	Prepared By:	Siri Malmquist
Project:	Temadag 2009	Date:	20-Feb-2009
Reference:	—	Meter Size:	109.5mm (5")
Case:	Sizing example	β :	0.70

ID no	ID	Gas (MCF/d)	Oil (bbl/d)	Water (bbl/d)	P (barg)	GVF (%)	WLR (%)	dP (mBar)	V (m/s)
1	1	181.50	2810.00	489.00	21.0	90.74	14.82	78.6	7.0
2	2	579.59	7369.00	828.00	21.0	92.64	10.10	643.7	21.8
3	3	248.85	3084.00	420.00	21.0	92.67	11.99	118.6	9.3
4	4	698.52	5158.00	624.00	21.0	95.56	10.79	630.2	25.4
5	5	582.49	5843.00	663.00	21.0	94.10	10.19	541.1	21.5
6	6	354.50	4823.00	808.00	21.0	91.81	14.35	266.9	13.4
7	7	212.82	1924.00	571.00	21.0	93.82	22.89	76.3	7.9
8	8	284.90	1768.00	673.00	21.0	95.41	27.57	109.7	10.4
9	9	161.95	2040.00	1028.00	21.0	90.39	33.51	66.9	6.2
10	10	658.66	4104.00	1318.00	21.0	95.58	24.31	568.4	24.0
11	11	604.15	4265.00	1332.00	21.0	95.06	23.80	518.2	22.1
12	12	304.04	2894.00	1838.00	21.0	91.96	38.84	200.6	11.5
13	13	307.84	5203.00	134.00	21.0	91.13	2.51	212.6	11.8
14	14	401.67	2618.00	41.00	21.0	96.42	1.54	178.8	14.5
15	15	549.01	5273.00	44.00	21.0	94.84	0.83	427.5	20.1
16	16	662.89	4643.00	25.00	21.0	96.20	0.54	505.0	24.0
17	17	271.72	3020.00	1627.00	21.0	91.24	35.01	172.6	10.4
18	18	491.64	3977.00	2229.00	21.0	93.38	35.92	439.9	18.3
19	19	584.18	5508.00	1887.00	21.0	93.36	25.52	612.9	21.8
20	20	343.17	4634.00	44.00	21.0	92.89	0.94	215.9	12.9
21	21	803.05	6412.00	150.00	21.0	95.61	2.29	816.5	29.2
22	22	155.08	2321.00	187.00	21.0	91.68	7.46	51.3	5.9
23	23	649.83	5703.00	251.00	21.0	95.11	4.22	579.1	23.8
24	24	257.23	5006.00	0.00	21.0	90.15	0.00	163.5	9.9
25	25	716.30	7184.00	193.00	21.0	94.53	2.62	762.3	26.4
26	26	698.46	10452.00	145.00	32.0	92.15	1.37	976.2	26.4
27	27	703.68	7422.00	308.00	21.0	94.19	3.98	772.8	26.0
28	28	789.49	6840.00	326.00	21.0	95.15	4.55	849.6	28.9
29	29	490.93	5554.00	931.00	21.0	93.10	14.36	440.1	18.4
30	30	179.02	2344.00	965.00	21.0	90.60	29.16	79.5	6.9
31	31	267.86	3467.00	2717.00	21.0	88.53	43.94	223.5	10.5
32	32	711.54	5761.00	1547.00	21.0	94.55	21.17	771.1	26.2
33	33	257.37	3854.00	878.00	21.0	90.64	18.55	160.6	9.9
34	34	862.93	6030.00	1234.00	21.0	95.49	16.99	980.8	31.5
35	35	214.83	3596.00	539.00	21.0	90.25	13.04	115.5	8.3
36	36	313.73	3963.00	511.00	21.0	92.59	11.42	190.3	11.8
37	37	331.22	3529.00	605.00	21.0	93.45	14.63	191.7	12.3

Råd til nye brukere - pass på brønnforhold

Hvordan verden egentlig ser ut:



Råd til brukere og Prosjekt

- God forståelse av applikasjon og hva som har betydning for ytelse til måleren
 - Strømningsforhold (våtgass, flerfase, slugg, annulær, trykk , temperatur)
 - Endringer i enfase egenskaper (salinitet, hydrokarbon komposisjon, H₂S)
- Vær obs på dimensjonering og design av måler ved slugging
 - Krever stort GVF og venturi dP måleområde
 - Raske målinger
 - ...,men håndtert riktig vil slugger bidra til å redusere måleusikkerheten
- PVT
 - Ensartet PVT modell (samme PVT model for konfigurering av måler som konvertering til standard betingelser)
 - Identifiser sensitivitet/måleusikkerhet relatert til endring i PVT data
 - Salinitet, komposisjon, tetthet, H₂S
 - Identifiser og fokuser på den (de) parameterene som er mest viktig
 - PVT for den største fraksjonen har størst relativ innvirkning på den minste fraksjonen

Veien videre

- Levere målere med høy kvalitet til rett tid og sørge for mange flere fornøyde brukere
- Bygge ut leveransekapasitet gjennom oppbygging av organisasjon og strømlinjeformede produksjonsfasiliteter
- Utvikling fokusert rundt pågående JIP med 9 oljeselskap (JIP nr. 5) med fokus på In-situ verifikasjon
- In-situ verifikasjon / dokumentasjon av
 - Måler funksjon og kalibrering
 - PVT konfigurerings data
- Robusthet i forhold til usikkerhet / feil i PVT data
 - Minimalisere målefeil relatert til avvik i PVT data