



Universitetet  
i Stavanger

**FACULTY OF SCIENCE AND  
TECHNOLOGY**

## **MASTER'S THESIS**

Study programme/specialisation: Experience-based Master degree in Technology and Operations management	Spring / <del>Autumn</del> semester, 2017  Open/ <del>Confidential</del>
Author: Vidar Langeland	(signature of author)
Programme leader: Jayantha Prasanna Liyanage Administrative leader: Frode Leidland Supervisor: Tore Markeset	
Title of master's thesis:  Vedlikeholdsstudie av fiskal instrumentering i Statoil	
Credits: 30	
Keywords: Fiskalmåling Målesystemer Vedlikehold Analyse Forbedringer	Number of pages: 99  + supplemental material/other: 0  Bergen, 15.12.2017

# Sammendrag

Presise mengdemålinger av petroleumproduktene som utvinnes på norsk sokkel er avgjørende, i særdeleshet de offisielle målingene som benyttes i forbindelse med kjøp, salg og beregning av skatter og avgifter, kalt fiskale målinger.

For å etterleve myndighetskrav til usikkerhet i fiskale målinger må Statoil sette opp et drifts og vedlikeholds regime av de fiskale målestasjonene som er i stand til å balansere kostnader, kompetanse, utvikling og potensielle levetidsutvidelser. Målsetning har vært å gjennomføre en studie som kan belyse hvorvidt vedlikeholdet av fiskale instrumenter har utviklet seg i positiv eller negativ retning, og i hvilken grad det er relatert til de siste års forbedringstiltak.

Driftshistorikk og vedlikeholdsdata for instrumentering på trykk, temperatur og væsketetthet er innhentet og analysert, deretter sammenlignet med innhold i tilsynsrapporter fra partnere og myndighetsorganer. Effekten av forbedringsarbeidet er drøftet ut i fra de funn som er avdekket i vedlikeholdsanalysene og tilsynsrapportene.

Analysene peker i retning av at vedlikehold og driftsoppfølging for disse instrumentgruppene er godt ivaretatt, og at risikoen for udetekterte måleavvik over tid, med betydelig økonomisk tapspotensiale er liten. Dog er det vesentlige forskjeller i svikt frekvens mellom gruppene, et tegn som kan tolkes dithen at det er muligheter for å finjustere på vedlikeholdsintervall og aktiviteter for å oppnå større grad av driftspålitelighet. Det er også identifisert et forbedringspotensial i vedlikeholdsprosedyrene og praksis for rapportering og dokumentasjon. Vedlikeholdsanalysene avdekket også mulige kompetansegap.

Innhenting og tolkning av informasjon i tilsynsrapporter underbygger de funn som ble avdekket i vedlikeholdsanalysen av instrumentering på trykk, temperatur og tetthet.

Effekten av forbedringsarbeidet er i enkelte tilfeller vanskelig å måle fordi omstendighetene har endret seg, eller er i endring. Summen av funn i analyser og drøfting tyder likevel på at vi beveger oss i riktig retning, men at det fulle potensiale i forbedringstiltakene ennå ikke er hentet ut.

# Innholdsfortegnelse

Sammendrag .....	1
Innholdsfortegnelse.....	2
Figurliste .....	4
Tabell oversikt .....	6
Benyttet systemsøk .....	7
Definisjoner .....	8
Forkortelser.....	9
Kapittel 1 – Introduksjon .....	10
1.1 Historisk bakgrunn .....	11
1.2 Forbedringsarbeid .....	13
1.2.1 Innføring av generisk vedlikeholdsprogram .....	13
1.2.2 Implementering av felles kalibreringsverktøy .....	14
1.2.3 Overgang fra manuelle til elektroniske arkiv .....	14
1.2.4 Organisatoriske endringer.....	14
1.2.5 Oppgradering og utskifting av utstyr .....	14
1.2.6 Fjerntilkopling av målesystemer for sann tid driftsstøtte .....	15
1.2.7 Etablering av felles verktøy for kvalitetssikring.....	15
1.2.8 Gjøre selv og kompetanseutvikling .....	15
1.2.9 Vedlikeholdskonsepter og krav til fiskale FV program.....	15
1.2.10 Optimalisert driftsmodell.....	17
1.3 Motivasjon og Målsetning.....	19
1.3.1 Hovedmål og delmål.....	19
1.3.2 Metodikk.....	19
1.3.3 Avgrensninger.....	20
Kapittel 2 – Regulativ og operasjonelt rammeverk .....	21
2.1 Måleforskriften .....	22
2.1.1 Måleforskriftens kapittel II. Krav til styringssystem mv .....	22
2.1.2 Måleforskriftens kapittel III. Generelle krav .....	23
2.1.3 Måleforskriftens kapittel VI. Krav til målesystemet i bruk .....	23
2.1.4 Måleforskriftens kapittel VII. Krav til dokumentasjon .....	23

2.2 Selskapskrav .....	24
2.3 Målesystemets oppbygging.....	26
2.3.1 Teknisk system design og konsekvensklassifisering.....	26
2.4 Vedlikehold.....	27
2.4.1 Vedlikeholdskonsept.....	27
2.4.2 Vedlikeholdsstrategier .....	28
2.4.3 Vedlikeholdsprogram.....	28
2.4.4 Korrektivt vedlikehold.....	29
Kapittel 3 – Vedlikeholdsanalyse .....	30
3.1 Trykkmåling.....	31
3.1.1 Analyse .....	33
3.1.2 Oppsummering.....	48
3.2 Temperaturmåling.....	49
3.2.1 Analyse .....	52
3.2.2 Oppsummering.....	66
3.3 Tetthetsmåling .....	67
3.3.1 Analyse .....	69
3.3.2 Oppsummering.....	77
3.4 Tilsyn .....	78
3.4.1 Analyse .....	78
3.4.2 Oppsummering.....	86
Kapittel 4 – Drøfting, oppsummering og konklusjon.....	87
4.1 Oppsummering .....	93
4.2 Konklusjon .....	94
Referanser .....	95

# Figurliste

Figur 1 - Organisering av fiskalmåling etter felles driftsmodell fra 2009 (Kilde: Fritt etter PP presentasjon på Entry) .....	11
Figur 2 - Vedlikeholdssløyfen (Kilde: Illustrasjon fra PI presentasjon på Entry) .....	16
Figur 3 - Standardisering av vedlikehold (Kilde: Illustrasjon fra PI presentasjon på Entry) .....	17
Figur 4 - Organisasjonskart Fiskale Operasjoner (Kilde: Fritt etter illustrasjon fra Entry)..	18
Figur 5 - Måleforskriftens innhold (Kilde: Lovdata).....	22
Figur 6 - Utklipp fra styringssystem (Kilde: ARIS) .....	24
Figur 7 - Eksempel på prosessflyt i styringssystem med tilhørende forklaring (Kilde: ARIS).....	25
Figur 8 - Oppbygging av det regulative rammeverk (Kilde: Egen konstruksjon) .....	25
Figur 9 - Fordeling type feil registrert på trykktransmitter tag alle anlegg (Kilde: SAP) ....	34
Figur 10 - Relativ fordeling type feil registrert på PT tag fordelt per anlegg (Kilde: SAP).35	
Figur 11 - Forhold mellom antall feil og antall PT tag fordelt pr. anlegg (Kilde: SAP) .....	36
Figur 12 - Antall feil pr. trykk PT tag for hvert anlegg (Kilde: SAP) .....	36
Figur 13 - Andel dobbel og enkel trykk instrumentering pr. anlegg (Kilde: SAP) .....	37
Figur 14 - Andel godkjente og ikke-godkjente feltkalibreringer av trykktransmittere fordelt pr. installasjon (Kilde: CMX) .....	39
Figur 15 - Forholdet mellom antall feil registrert på PT tag og andel underkjente feltkalibreringer pr. anlegg (Kilde: CMX og SAP) .....	40
Figur 16 - Kost Nytte analyse for 2 trykktransmitter modeller (Kilde: SAP og Tabell 8) ...	45
Figur 17 - Total antall rapporterte feil mot PT tag pr. år (Kilde: SAP) .....	46
Figur 18 - Avvik registrert mot trykktransmitter tag (Kilde: SAP) .....	47
Figur 19 - Instrumentoppsett temperatur transmitter/element (Kilde: Forfatters konstruksjon) .....	50
Figur 20 - Fordeling type feil innmeldt på temperaturtransmitter og element tag alle anlegg (Kilde: SAP) .....	53
Figur 21 - Relativ fordeling type feil registrert på TT/TE tag fordelt per anlegg (Kilde: SAP).....	53
Figur 22 - Forhold mellom antall feil og antall TT/TE tag fordelt pr. anlegg (Kilde: SAP) 54	
Figur 23 - Antall feil pr. TT/TE tag for hvert anlegg (Kilde: SAP) .....	55
Figur 24 - Andel dobbel og enkel temperatur instrumentering pr. anlegg (Kilde: SAP) .....	55
Figur 25 - Andel godkjente og ikke-godkjente feltkalibreringer av temperaturtransmittere fordelt pr. installasjon (Kilde: CMX) .....	57
Figur 26 - Forholdet mellom antall feil registrert på TT/TE tag og andel underkjente feltkalibreringer pr. anlegg (Kilde: CMX og SAP) .....	58
Figur 27 - Total antall rapporterte feil mot TT/TE tag pr. år (Kilde: SAP).....	64
Figur 28 - Avvik registrert mot TT/TE tag (Kilde: SAP).....	65

Figur 29 - Forhold mellom antall feil og antall DT tag fordelt pr. anlegg (Kilde: SAP).....	70
Figur 30 - Antall feil pr. DT tag for hvert anlegg (Kilde: SAP).....	70
Figur 31 - Antall godkjente og ikke-godkjente luftsjekker av DT pr. år (Kilde: CMX) .....	74
Figur 32 - Total antall rapporterte feil mot DT tag pr. år (Kilde: SAP) .....	75
Figur 33 - Avvik registrert mot DT tag (Kilde: SAP).....	76
Figur 34 - Oversikt type avvik under tilsyn fra 2009 til 2016 (Kilde: Fagstøtte sammendrag av tilsynsrapporter) .....	80
Figur 35 - Årlig utvikling antall, tilsyn, avvik og observasjoner (Kilde: Internt sammendrag av tilsynsrapporter) .....	83
Figur 36 - Årlig utvikling avvik og observasjoner pr. tilsyn (Kilde: Internt sammendrag av tilsynsrapporter) .....	84
Figur 37 - Relativ fordeling mellom avvik og observasjoner pr. år (Kilde: Internt sammendrag av tilsynsrapporter) .....	85
Figur 38 - Årlig KPI utvikling for utførte vedlikeholdsaktiviteter (Kilde: OPD) .....	90
Figur 39 - Årlig KPI utvikling for utførte vedlikeholdsaktiviteter siste 5 år (Kilde: OPD) .	90

# Tabell oversikt

Tabell 1 - Oversikt vedlikeholdsstrategier (Kilde: GL1624 Retningslinjer for utarbeidelse av FV program).....	28
Tabell 2 - Oversikt vedlikeholdsintervall PT før og etter revisjon av R-11992 (Kilde: ARIS og Arbeidsdokument R-11992) .....	31
Tabell 3 - Vedlikeholdskonsepser for trykktransmittere (Kilde: Arbeidsdokument R-11992) .....	32
Tabell 4 - Resultat av PT feltkalibreringer pr. installasjon (Kilde: CMX).....	38
Tabell 5 - Kostsammenligning mellom bytte til ny-kalibrert PT og kalibrering i felt (Kilde: SAP).....	42
Tabell 6 - Oversikt risikoer knyttet til vedlikeholdsalternativer for trykktransmittere.....	42
Tabell 7 - Resultater feltkalibrering av trykktransmittere pr. fabrikant (Kilde: CMX).....	43
Tabell 8 - Trykktransmitter modell sammenligning (Kilde: Datablad og leverandør informasjon).....	44
Tabell 9 - Resultater feltkalibrering av Modell 1 og 2 (Kilde: CMX).....	44
Tabell 10 - Identifiserte forbedringsområder for trykktransmitter vedlikehold .....	48
Tabell 11 - Oversikt vedlikeholdsintervall TT og TE før og etter revisjon av R-11992 (Kilde: ARIS og Arbeidsdokument R-11992) .....	49
Tabell 12 - Vedlikeholdskonsepser for temperaturtransmittere og element (Kilde: Arbeidsdokument R-11992) .....	51
Tabell 13 - Resultat av TT/TE feltkalibreringer pr. installasjon (Kilde: CMX).....	56
Tabell 14 - Resultat oversikt type kalibrering TT/TE (Kilde: CMX).....	57
Tabell 15 - Årsak til feilmålinger eller fravær av temperaturmålinger (Kilde: Tolkning av data i SAP) .....	59
Tabell 16 - Risikoer knyttet til vedlikeholdsalternativene for temperatur instrumentering .	61
Tabell 17 - Kostsammenligning mellom bytte til ny-kalibrert TT/TE og kalibrering av TE i felt inkl. bytte av TE (Kilde: SAP) .....	62
Tabell 18 - Resultater feltkalibrering av TT Modell 1 og 2 (Kilde: CMX).....	63
Tabell 19 - Oversikt vedlikeholdsintervall for olje densitetsmåler før og etter revisjon av R-11992 (Kilde: ARIS og Arbeidsdokument R-11992) .....	67
Tabell 20 - Vedlikeholdskonsepser for olje tetthetsmålere (Kilde: ARIS R-11992) .....	68
Tabell 21 - FV aktiviteter og intervall for utvalgte DT tag (Kilde: SAP) .....	72

# Benyttet systemsøk

System/database	Transaksjon/rapportnavn	Formål
CMX	Print Report Positions Calibrated.lst (History & Results)	Innhenting av historiske kalibreringsdata for instrument tag
SAP	IH06 – Display Functional Location	Identifisere instrument tag, basert på knytning til vedlikeholdskonsept
	IW29 – Display Notifications	Innhenting av statistikk på feilrapportering mot instrument tag
	QM03 – Display Quality notification	Innhenting av statistikk på avviksrapporter mot instrument tag
	IP18 – Display Maintenance Item	Verifisere FV program for instrument tag
OPD	PMPLNBSL PLANNING DD	Årlig utvikling KPI målinger



# Definisjoner

Allokering <sup>1</sup>	Fordeling av petroleum mellom ulike eiergrupper og eierselskap
ARIS	Navn på Statoils prosessbaserte styringssystem
Driftsmodell <sup>2</sup>	Beskriver en felles modell for hvordan virksomheten på norsk sokkel skal drives; roller og ansvar og samhandlingen mellom de involverte enhetene på sokkelen og i landorganisasjonen
Feil <sup>3</sup>	Tilstand ved en enhet som karakteriseres av manglende evne til å oppfylle en krevd funksjon. En feil forårsakes vanligvis av en svikt
Fiskal måling <sup>1</sup>	Måling i forbindelse med kjøp og salg og beregning av skatt/avgift
Generisk vedlikeholdsprogram	Vedlikeholds aktiviteter basert på standardiserte metoder for utførelse innen utvalgte utstyrgrupper
Kampanjevedlikehold	Samling av vedlikeholds aktiviteter som planlegges utført innenfor et bestemt tidsrom
Måleavvik	I denne oppgaven benyttes begrepet når instrumenter ikke fremviser pålitelige måleverdier
Målefilosofi	Beskriver målekonseptene for måling av verdistrømmene på et anlegg
Målestasjon <sup>1</sup>	Sammenstilling av måleutstyr som benyttes for bestemmelse av målte kvanta
Målesystem <sup>1</sup>	Består av mekanisk del, instrumentdel og datamaskindel, samt dokumentasjon og prosedyrer knyttet til disse
Notifikasjon	I denne oppgaven betyr dette rapportering av feil eller svikt på utstyr i selskapets databaserte system for vedlikeholdsstyring (SAP)
Tag	Identifikasjon av utstyr på individ nivå i et anlegg.
Teamsite	Nettverksbasert plattform for informasjonsbehandling (Microsoft)
SAP	Dataprogram som dekker flere av bedriftens virksomhetsområder
Svikt <sup>3</sup>	Opphør av en enhets mulighet for å oppfylle krevd funksjon. Etter en svikt har enheten en feil, som kan være delvis eller fullstendig. Svikt er en hendelse, til forskjell fra feil, som er en tilstand
Vedlikehold <sup>3</sup>	Kombinasjon av alle tekniske, administrative og styringsrelaterte tiltak gjennom livssyklusen til en enhet, som har til hensikt å opprettholde den i eller gjenvinne en tilstand der den kan oppfylle krevd funksjon

<sup>1</sup> Definisjon hentet fra Måleforskriftens §2

<sup>2</sup> Definerert i Statoil kontekst

<sup>3</sup> Definisjon hentet fra NS-EN 13306:2010 Vedlikeholdsterminologi

# Forkortelser

Akronym	Betydning	Oversettelse
ARIS	Navn på styringssystemet i Statoil	
CBM	Condition Based Maintenance	Tilstands Basert Vedlikehold
CMX	Navn på kalibreringsprogramvare	
DocMap	Navn på system for lagring av styrende dokumentasjon i Statoil	
DT	Density Transmitter	Tetthetsmåler
FEMA	Failure Mode and Effect Analysis	Svikt Modus og Konsekvens Analyse
FV	Forebyggende Vedlikehold	
KPI	Key Performance Indicator	Nøkkeltallsindikator
NOx	Nitrogen Oksider	
OD	Olje Direktoratet	
OPD	Operational Planning Dashboard	Kontrollpanel for operasjonell planlegging
MD	Miljø Direktoratet	
PI	Plant Integrity	Anleggs Integritet
PT	Pressure Transmitter	Trykktransmitter
UPN	Utvikling og Produksjon Norge	
O&G	Olje og Gass	
TE	Temperatur Element	
TT	Temperatur Transmitter	

# Kapittel 1 – Introduksjon

Statoils produksjon av olje og gass på den norske kontinentalsokkel pågår døgnet rundt, og hvert eneste minutt strømmer verdier for flerfoldige millioner kroner gjennom produksjonsanleggene og videre ut til kunder via rørledninger og skip. Naturlig nok er det i både selskapets, partneres, myndigheters og kunders interesse at vi har presise mengdemålinger av petroleumsproduktene som utvinnes, i særdeleshet de offisielle målingene som benyttes i forbindelse med kjøp, salg og beregning av skatter og avgifter, kalt fiskale målinger. Med andre ord er det ikke bare rene produksjonsmengder som er fiskale, men også avgifter på utslipp til miljø, nærmere bestemt NO<sub>x</sub> og CO<sub>2</sub>.

Forskrift om måling av petroleum for fiskale formål og for beregning av CO<sub>2</sub> -avgift (måleforskriften) setter minimumskrav for målesystemer med hensyn til planlegging, prosjektering, bygging og bruk. Kun i særlige tilfeller kan det dispenseres fra bestemmelser i forskrift. Avtaler mellom Statoil og ulike private og nasjonale næringsinteresser vil også i enkelte tilfeller legge føringer utover forskriftskrav for hvordan målesystemene driftes og vedlikeholdes.

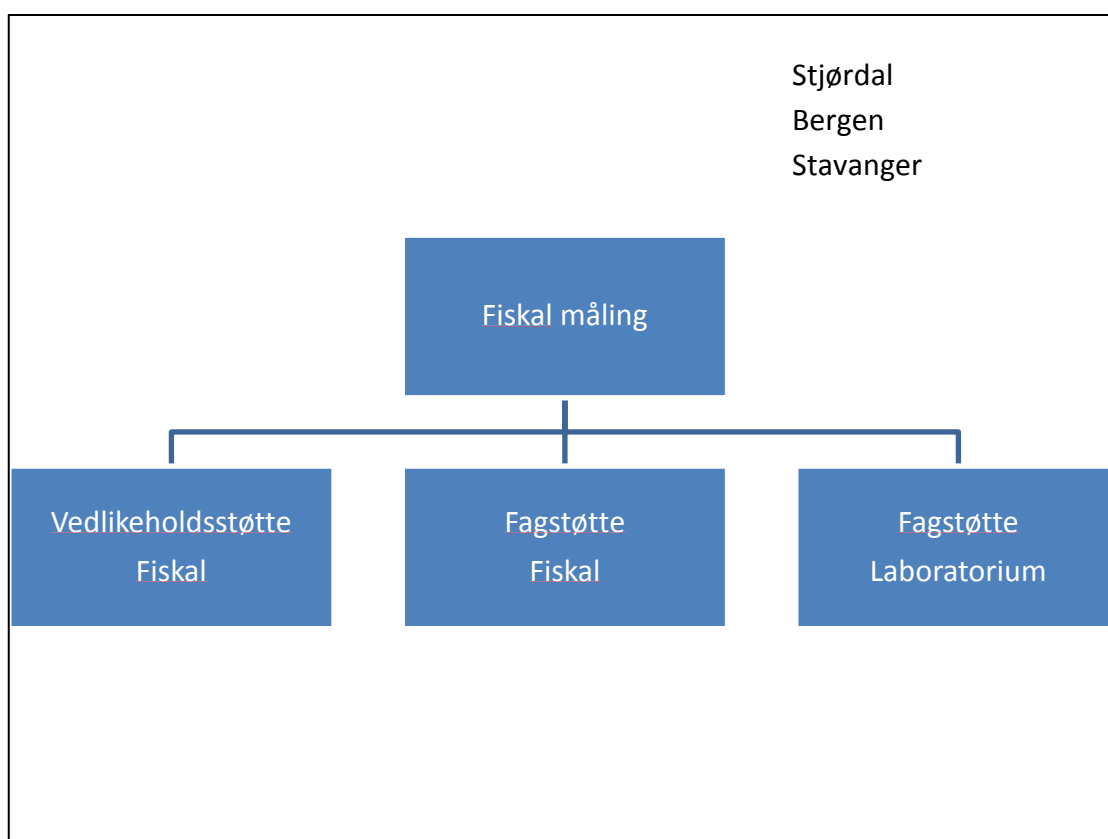
Myndigheter og partnere gjennomfører tilsyn med jevne mellomrom, på plattform og på land, for å forsikre seg om at de fiskale målesystemenes driftes og vedlikeholdes innenfor det til enhver tid gjeldene regelverk, og at forvaltning av måledata er ivaretatt på en tilfredsstillende måte. Tilsyn er viktig en kontrollmekanisme og er med på å påvirke grad av tillit mellom aktørene og Statoils omdømme.

Innenfor dette rammeverket må Statoil sette opp et drifts og vedlikeholds regime som er i stand til å balansere kostnader, kompetanse, utvikling og potensiell levetidsutvidelse for å sikre kontinuerlig drift av målesystemene innenfor de gitte operasjonelle driftsparametere. Det betyr at selskapet må ha etablert en strategi for ivaretagelse av de fiskale målingene. Strategien omhandler organisering, prosesser, prosedyrer og ressurser.

## 1.1 Historisk bakgrunn

Etter fusjonen med olje og gass divisjonen av Norsk Hydro ble det 1. juli 2009 innført en felles driftsmodell hvor intensjonen var at landorganisasjonen arbeider sammen med plattformene i et helhetlig driftssystem for å oppnå sikrere og mer forutsigbar drift. For fiskalmåling plasseres ansvaret i enheten Fiskalmåling under det som den gang het Flerfeltsoperasjoner, og innebar følgende:

- Teknisk fagansvar, inklusive FV-program
- Ansvarlig for daglig kvalitetssikring av fiskale data samt avviksbehandling
- Optimalisere planlegging og ressurssetting av FV-program i samarbeid med Operasjonsgruppene



*Figur 1 - Organisering av fiskalmåling etter felles driftsmodell fra 2009 (Kilde: Fritt etter PP presentasjon på Entry)*

Fiskalmåling besto av de tre avdelingene vedlikeholdsstøtte, fagstøtte og laboratoriestøtte (Figur 1), hvorpå en av målsetningene var å standardisere, forenkle, automatisere og forbedre driften og vedlikeholdet av målsystemene for å sikre enhetlig tilnærming på tvers av offshore installasjonene, samt hente ut potensielle stordriftsfordeler og sikre verdifull erfaringsoverføring mellom installasjonene. Dette skulle blant annet oppnås ved at:

- Måleteknikere fra avdeling for vedlikeholdsstøtte reiste ut på installasjonene for gjennomføring av vedlikehold som kampanje med støtte fra offshore personell med måleteknisk kompetanse.
- Etablering av rutiner og sjekklister for daglig driftsoppfølging av målsystemene
- Implementering av generiske vedlikeholdsprogram for fiskal instrumentering
- Overgang fra manuell til elektronisk arkivering

- Rotasjonsordning til land for offshore måleteknikere fra fire installasjoner (fordelt på 4 måleteknikere offshore vil hver ha 1 år på land i avdeling for vedlikeholdsstøtte deretter 3 år offshore før syklusen gjentas.)
- Bruk av årsplaner og operasjonsplaner for langsiktig og forutsigbar planlegging av vedlikeholds aktiviteter

## 1.2 Forbedringsarbeid

Etter etablering av felles driftsmodell har sektoren Fiskalmåling/Fiskale Operasjoner jobbet målrettet for å sikre at modellens intensjon etterleves med hensyn til vedlikehold og driftsoppfølging av fiskale målestasjoner. Flere forbedringstiltak har vært iverksatt for å oppnå standardisering og forenkling av verktøy og metodikk, automatisering av prosesser og datainnhenting, prosessforståelse, risikohåndtering og planforutsigbarhet.

### 1.2.1 Innføring av generisk vedlikeholdsprogram

Når Hydro og Statoil slo seg sammen, måtte det også formes en felles vedlikeholds strategi. Innen fiskal måling opererte selskapene med forskjellig vedlikeholds tilnærming på samme type utstyr. For øvrig var det også til dels forskjellig praksis blant produksjonsenhetene internt i de to selskapene i forhold til vedlikehold og driftsoppfølging. Altså, det var et åpenbart behov for å gå opp et sett med kjøreregler for hvilket vedlikehold som skulle utføres, hvordan det skulle utføres og når det skulle utføres. Målsetningen var likt vedlikehold for likt utstyr samtidig som en også ville bygge inn mekanismer hvor det var enkelt å få implementert forbedringer på tvers i selskapet. Innføringen av generiske vedlikeholds program i 2010 hvilte på følgende prinsipper:

- Krav til maks intervall for periodisk forebyggende vedlikehold, men under forutsetning at lokale driftsforhold vurderes ved setting av intervall
- Felles arbeidsbeskrivelser for utførelse av vedlikehold
- Arbeidsbeskrivelser for utførelse av vedlikehold kan bygges opp av:
  - 1 eller flere konserndekkende arbeidsbeskrivelser
  - 1 eller flere lokale beskrivelser etter behov
- Valg mellom alternative generiske vedlikeholds metoder kan gjøres ut fra en kost nytte vurdering for den enkelte installasjon. Dersom ingen av de generiske metodene er hensiktsmessige eller tilstrekkelige til å møte relevante krav skal det utarbeides en lokal arbeidsbeskrivelse for vedlikeholdet
- Det kan utarbeides en lokal arbeidsbeskrivelse, som et lokalt tillegg til den enkelte generiske arbeidsbeskrivelsen, når dette er hensiktsmessig for en effektiv utførelse av arbeidet på den enkelte installasjon

Utover det som allerede er nevnt var fordelene med en slik standardisering at det ville bli enklere å utføre analyser og sammenligninger mellom installasjonene, utøvende personell kjenner igjen aktivitetsbeskrivelsene uavhengig av arbeidssted, enklere å drive opplæring og kompetansebygging, reduserer administrasjon av FV programmene, bedre kontroll på endringer, kostbesparende hvis brukt riktig.

## 1.2.2 Implementering av felles kalibreringsverktøy

I 2012 ble det besluttet å kjøpe inn et nytt verktøy for feltkalibrering av fiskale instrumenter fra produsenten Beamex. Løsningen består av en programvaredel (CMX) og en instrumentdel som gjør papirdokumentasjon overflødig. Elektronisk overføring av prosedyrer og instrumentdata mellom database og kalibrator, samt automatisk registrering av referanse og objekt verdier under kalibrering, effektiviserer gjennomføring og reduserer usikkerheten i kalibrering. Systemet erstatter gamle kalibreringsprogramvarer, som har foreldet brukergrensesnitt, begrenset tilgjengelighet, utdatert og manglende support, med ett felles verktøy med nettverksbasert databasetilgang og meget god brukervennlighet.

## 1.2.3 Overgang fra manuelle til elektroniske arkiv

Måleforskriftens §29 *Dokumentasjon for målesystemet i bruk* pålegger rettighetshaver at «det skal etableres og vedlikeholdes et arkiv som skal omfatte dokumentasjon vedrørende målesystemet». Dette var blitt ivare tatt tidligere både ved manuelle mappearkeiv og diverse elektroniske løsninger i ulike format blant produksjonsenhetene. Selskapets benyttede nettverksbaserte løsning for elektroniske arbeids og informasjonsplattformer (teamsites) ble valgt som ny arkivløsning. Dokumentasjon fra og for alle målesystemer er nå samlet på en felles teamsite, som et bibliotek, i katalogstruktur med klare retningslinjer for metadata knytning og titulering av dokumenter. Arkivet er åpent og lesbart for alle i organisasjonen.

## 1.2.4 Organisatoriske endringer

Innenfor rammene av felles driftsmodell, styringssystem, økonomi og personell potensiale er det prøvd ut forskjellige varianter av hvordan en best mulig kan organisere driftsoppfølging og vedlikeholdsutførelse. Dette har omfattet:

- Rendyrking av oppgaver roller og ansvar – gått fra et alle-gjør-alt oppsett til en tydeligere kompetanse spesialisering på gitte instrumenttyper, planlegging, rekvirering, driftsoppfølging, programvare med mer.
- Ny strukturering av intern møtevirksomhet – tilpasset behov og effektiv gjennomføring
- Klargjøring av kommunikasjon og rapporterings linjer

## 1.2.5 Oppgradering og utskifting av utstyr

Spennvidden i alder og sammensetning på utstyr for målestasjonene er stor. Det har naturligvis vært utskiftninger underveis på målesystemkomponenter, men utviklingen på instrumentsiden og innen informasjon og datateknologi, gir i dag helt nye muligheter for tilstandsmonitorering og selvdiagnosering. Teknologit utviklingen har også bidratt til en kostnadsreduksjon på målekvaliteten om en vurderer stabilitet og redusert usikkerhet, noe som vil bli utdypet senere i oppgaven. Arbeidet med å vurdere behov for nytt utstyr og se på forbedringer i målestasjon oppsett pågår kontinuerlig, og det er gjort flere investeringer innen dette området de siste årene herunder:

- Oppgradere til dobbel instrumentering
- Byttet til nye fakkelmålere

- Utskifting av målekontrollsystemer
- Nye gasskromatografer

### **1.2.6 Fjerntilkopling av målesystemer for sann tid driftsstøtte**

For å kunne levere gode driftsstøttetjenester fra land på de fiskale målesystemene er en avhengig å få etablert sikre og stabile nettverkløsninger med brukerrettigheter som er tilpasset oppgaven. Det legges ned betydelig innsats for å få på plass fjerntilgang til alle våre fiskale målesystemer, også på instrumentnivå der hvor ikke alle data går via et kontrollsystem eller hvor det mangler måleparametere i kontrollsystemet. Brukerstyrt fjerntilgang gir gode muligheter for rask og effektiv støtte fra land.

### **1.2.7 Etablering av felles verktøy for kvalitetssikring**

For å forenkle kontroll av rapporterte mengder fra de ulike målsystemene, er det konstruert et verktøy som samler og sammenligner data fra flere systemer i forhold til definerte kvalitetsparametere. Avvik fra disse parameterne varsles visuelt i verktøyet, og er ensbetydende med at det må foretas en grundigere sjekk for å bestemme årsak. Hjelpemiddelet synliggjør hvor en skal sette fokus, og gir større presisjon med redusert tidsforbruk i forbindelse med daglig sjekk av målesystemene.

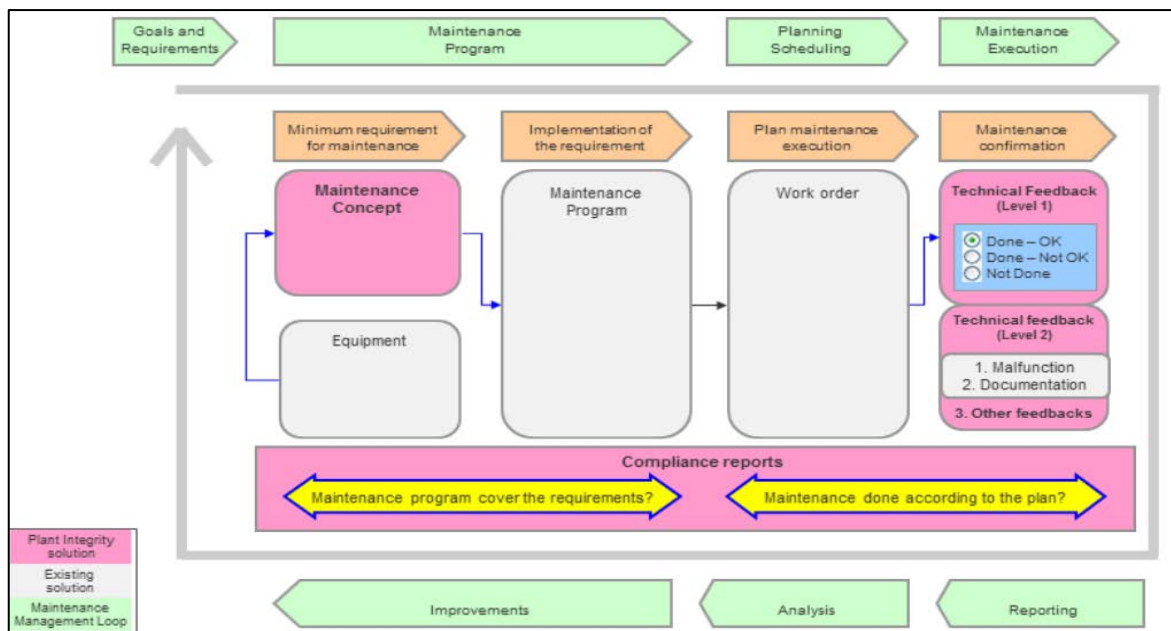
### **1.2.8 Gjøre selv og kompetanseutvikling**

Bruk av leverandør for utførelse av spesialiserte vedlikeholdsoppgaver på fiskalt utstyr er på enkelte områder nødvendig og ønskelig, men det er ikke alltid selskapet er tjent med å sette ut vedlikehold. På bakgrunn av kost/nytte vurderinger innenfor kjøpe/gjøre-selv, har selskapet dedikert midler til utstyr for opplæring og nødvendig kursing for å tilegne målepersonell nødvendig kompetanse til å utføre vedlikeholdsoppgaver hvor vi tidligere har benyttet leverandører.

### **1.2.9 Vedlikeholdskonsepter og krav til fiskale FV program**

Siden 2009 har Statoil har hatt gående et større konserndekkende prosjekt innen vedlikeholdsstyring hvor formålet har vært å standardisere vedlikeholdet av utstyr i selskapet. Sterkt varierende praksis blant anleggene på vedlikehold av samme type utstyr gjorde arbeidet ineffektivt, fordyrende og kompliserte sammenligninger og forbedringer på tvers i virksomheten. Det var også et stort forbedringspotensial innen tekniske tilbakemeldinger på utførte vedlikeholdsaktiviteter, både i form av verktøy og presisjon på dokumentasjonen. Videre innså man at ved å inkorporere eksisterende vedlikeholdskonsept i SAP (disse lå i et eget system), ville det være enkelt å kontrollere om vedlikeholdsprogrammene var i samsvar med vedlikeholdskravene.





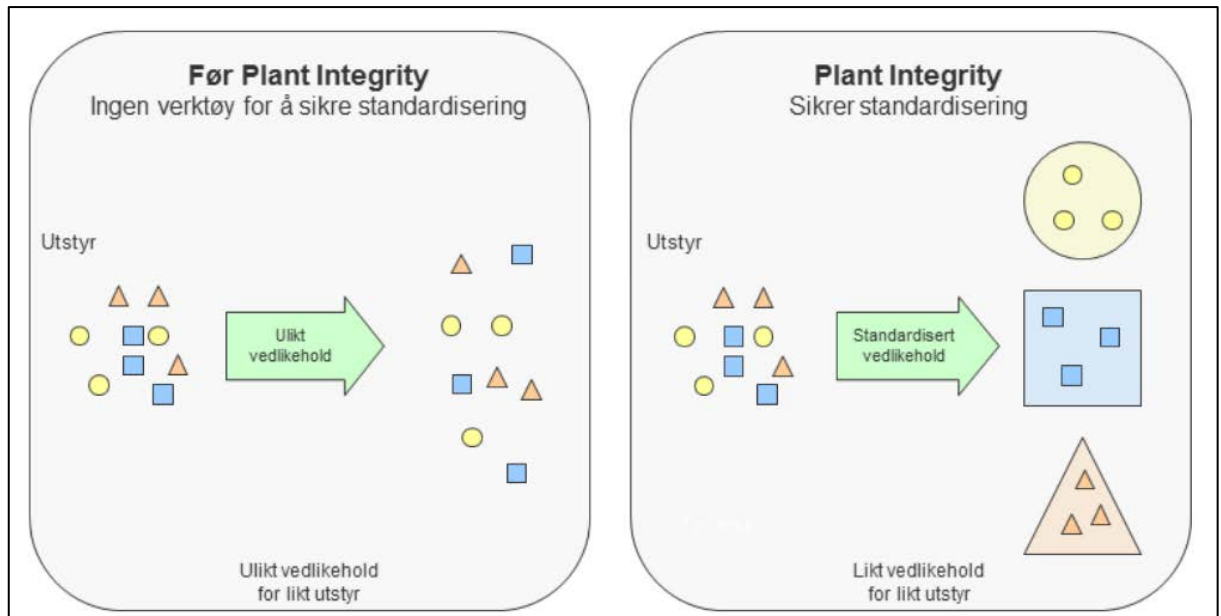
Figur 2 - Vedlikeholdssløyfen (Kilde: Illustrasjon fra PI presentasjon på Entry)

Prosjektet, kalt Plant Integrity (PI), hadde til oppgave å gjennomgå eksisterende vedlikeholdskonsept, etablere nye, få på plass aktiviteter og aktivitetsbeskrivelser i konseptene og deretter knytte dem mot utstyrs tag. Til slutt måtte dette implementeres i vedlikeholdsprogrammene. Høsten 2014 ble det, i det som nå kaltes Fiskale Operasjoner, nedsatt en arbeidsgruppe med representanter fra fiskal avdelingene vedlikeholdsstøtte og fagstøtte, lederlaget, samt fagleder fiskalmåling for å revidere interne krav til utarbeiding av vedlikeholdsprogram for fiskale målesystemer (R-11992). Over tid hadde det vokst frem et behov for presisering av kravet og justering av vedlikeholdsintervallene for de ulike utstyr/instrument typene. Dette var både basert på filosofien om at tilstandsmonitorering og daglig sjekk av målsystemene kombinert med duplisert instrumentering ville avdekke avvik, og driftserfaringer med instrumentering på målestasjoner med stabil drift og/eller «rent» medium, fordi max intervall for periodisk vedlikehold utvides.

Ressurser fra PI prosjektet ble frigitt til arbeidsgruppen for å sikre harmonisering mellom konsepter (SAP) og krav i styringssystemet (ARIS). Arbeidsgruppens mandat innbefattet også en oppgang av de fiskale vedlikeholdskonseptene, noe som inkluderte aktiviteter, arbeidsbeskrivelser og detaljerte instruksjoner for programoppsett.

Arbeidsgruppen ferdigstilte leveransen høsten 2015. Et implementeringsteam bestående av 1 fra vedlikeholdsstøtte, 1 fra fagstøtte og en programetablerer fra PI prosjektet fikk ansvar for å fasilitere og gjennomføre implementering av fiskale konsepter i de fiskale FV programmene for samtlige installasjoner i UPN. I praksis betydde det en total renovering av vedlikeholdsprogrammene, utført i samarbeid med måleteknikere og de teknisk fagansvarlige for fiskalmålesystemene.

Både PI prosjektet og implementeringen av de fiskale vedlikeholdskonseptene i henhold til revidert krav ble ferdigstilt medio 2017.



Figur 3 - Standardisering av vedlikehold (Kilde: Illustrasjon fra PI presentasjon på Entry)

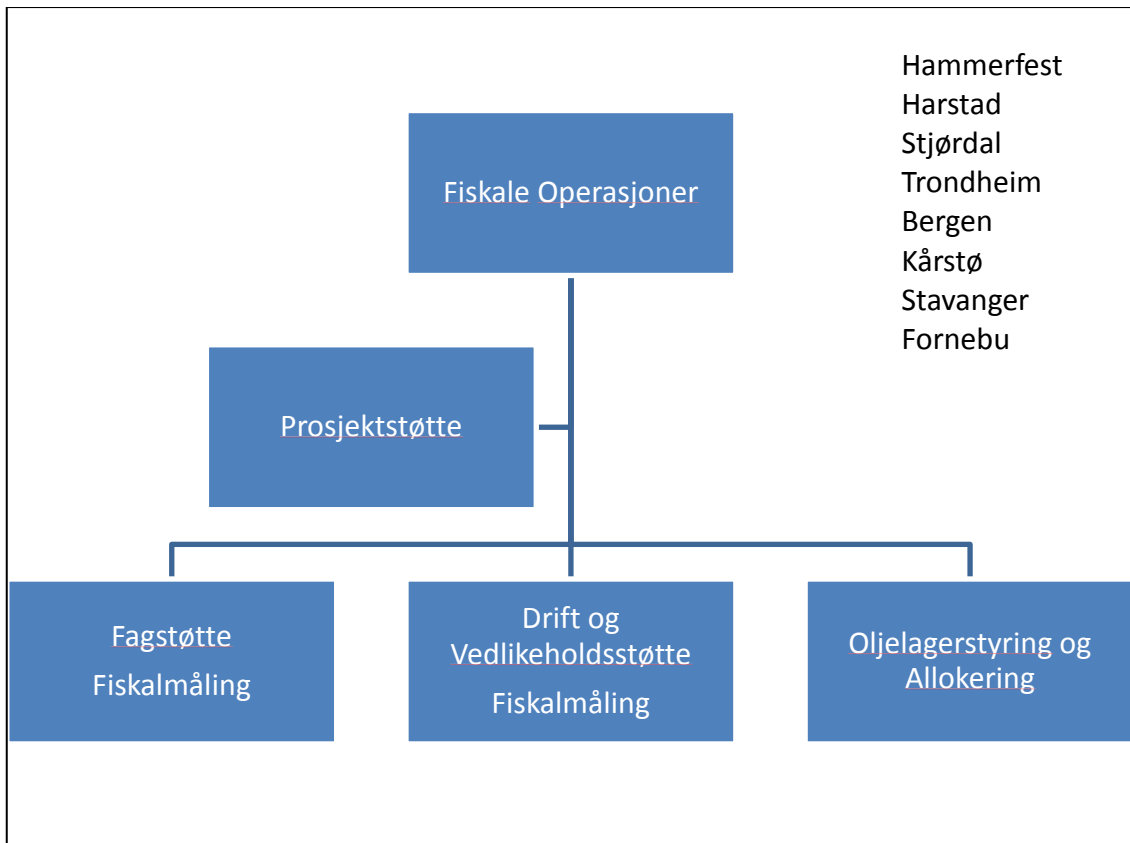
## 1.2.10 Optimalisert driftsmodell

Etter det voldsomme fallet i oljeprisen i 2014 med vedvarende usikkerhet rundt markedsutvikling, måtte Statoil, så vel som alle O&G aktører, ta grep om kostnadsutvikling og revurdere investeringsbeslutninger. I UPN ble det igangsatt et stort prosjekt for å bestemme bærekraftig bemanning i selskapet sett i forhold til aktivitetsnivå og potensialet for effektivisering. I dette lå en grundig gjennomgang av eksisterende driftsmodell og organisering.

For Fiskale Operasjoner resulterte dette i overføring av prosjektressurser fra andre resultatenheter, sammenslåing av fagleder rollene for flerfasemåling og fiskalmåling/allokering, økonomiansvar for fiskale tag, sammenslåing av oljelagerstyring og allokering, konserndekkende oppgaver innen og avvikling av rotasjonsstillinger for offshore måleteknikere i avdeling for drift og vedlikeholdsstøtte. Disse erstattes av personell med fast tilknytning til avdelingen. Filosofien med kampanje utførelse av vedlikeholdet videreføres.

Fiskale Operasjoner er anno 2017 organisert som vist i Figur 4, og er pålagt følgende ansvar:

- Ivareta teknisk fagansvar for fiskalt utstyr og ikke-fiskale flerfase målere
- Sikre tilfredsstillende rutiner og gjennomføre daglig tilstandsovervåkning (kvalitetssikring) av fiskale måledata og målestasjoner /utstyr
- Revisjonsoppfølging mot myndighetene (OD/MD) og partnere vedrørende fiskalmåling, allokering og oljelagerstyring/skipning samt offshorelaboratorieanalyser
- Ivareta oppgaver knyttet til produktallokering og oljelagerstyring/skipning av produserte volum
- Utøve fagledelse innen fiskale systemer og allokering herunder å etablere, vedlikeholde og forvalte tekniske krav, arbeidsprosesser og beste praksis



*Figur 4 - Organisasjonskart Fiskale Operasjoner (Kilde: Fritt etter illustrasjon fra Entry)*

## 1.3 Motivasjon og Målsetning

Etter fusjonen mellom olje og gass divisjonen av Norsk Hydro og Statoil er det innen fiskalmålingsmiljøet gjort mye for å etterleve selskapets overordnede ambisjon om å standardisere, forenkle, automatisere og ta i bruk teknologi for å gjøre ting på en smartere måte. Dette forbedringsarbeidet pågår kontinuerlig, og det jobbes hardt med å forbedre kvaliteten på driftsoppfølging og vedlikehold av målsystemene siden innføring av felles driftsmodell i 2009. Like flink har vi nok ikke vært på å evaluere effekten av tiltakene, og om de leverer i henhold til målsetning. Motivasjonen for valg av tema er muligheten for å tilegne seg kunnskap om hvor vi bør allokere ressursene fremover for å hente ut gevinster innen vedlikeholdsoptimalisering.

### 1.3.1 Hovedmål og delmål

Hovedmålet for denne masteroppgave er å gjennomføre en vedlikeholdsstudie som kan belyse hvorvidt drift- og vedlikeholdsoppfølgingen av fiskale instrumenter har utviklet seg i positiv eller negativ retning, og i hvilken grad det er relatert til de siste års forbedringstiltak.

Følgende delmål er satt for arbeidet:

- Innhente driftshistorikk og vedlikeholdsdata for utvalgte instrumentgrupper
- Analysere driftshistorikk og vedlikeholdsdata for utvalgte instrumentgrupper
- Innhente informasjon fra tilsynsrapporter
- Tolke informasjon fra tilsynsrapporter
- Diskutere analysefunn og effekt av forbedringsarbeid
- Konkludere

### 1.3.2 Metodikk

Innsamling av historiske vedlikeholdsdata fra selskapets databaserte system for vedlikeholdsstyring (SAP) og andre ikke-integrerte systemer, samt observasjoner og avvik i tilsynsrapporter fra myndigheter og partnere vil være grunnlaget for de analyser utført i denne oppgaven. Til dels vil også instrumentspesifikk informasjon fra utvalgte leverandører benyttes som supplement til enkelte analyser.

Metoden for å identifisere individuelle fiskale funksjons enheter (tag) for analyse, er SAP søk basert på tag knytninger til bestemte fiskale konsept. Anvendte søkekriterier i databaser og programvare er forklart i *Benyttet systemsøk*, side 7.

For å oppnå representative datasett til analyse, har det vært nødvendig å filtrere, gruppere og «vaske» nedlastet informasjon, enten manuelt eller maskinelt, eller begge deler om nødvendig.

Vedlikeholdsanalyse av samtlige instrumentkategorier i et målesystem er for omfattende å gjennomføre på tilmålt tid for denne oppgaven. Derfor er det valgt å analysere 3 instrumentfunksjoner i tillegg til tilsynsrapporter. Det antas at sammenstillingen av funn fra hver av dem vil belyse instrumentspesifikke utfordringer i de valgte kategorier, men også gi indikasjoner på en overordnet utvikling av drifts- og vedlikeholdsstatus for målesystemene.

Følgende kategorier skal studeres:

1. Trykkmåling
2. Temperaturmåling
3. Tetthetsmåling for væske
4. Tilsyn

Intensjonen er å undersøke, avklare og redegjøre for forhold som har betydning for drift- og vedlikeholdsoppfølging herunder:

- Feilfrekvens
- Redundans
- Kalibrering
- Risiko
- Kost
- Kompetanse

Tallmaterialet presenteres i tabeller og diagrammer.

Deler av oppgaven inneholder informasjon som potensielt kan misbrukes eller feiltolkes med skade for selskapet. Av den grunn er det bestemt å anonymisere anleggene brukt i studien. Modell og produsent navn på instrumentering er også anonymisert.

### Begrensninger

Innhenting av data underlag er begrenset til perioden 01.01.2007 til 01.09.2017.

Konseptsøk vil gi enkelte treff på instrumentering som ikke er fiskale. Dette vil medføre mindre unøyaktigheter i dupliseringsgrad, ettersom de ikke har same type redundans som de rent fiskale.

Statoil sitter på betydelig mengder historiske kalibreringsresultater for feltkalibreringer, men er dessverre arkivert i forskjellige utfaset kalibreringsprogramvare, papirarkiv og diverse elektroniske arkiv. Uttrekk og vasking av informasjon fra alle disse ville gitt oss et meget solid statistisk underlag, men ville vært en svært tidkrevende oppgave. Derfor er det i hovedsak valgt å hente disse opplysningene fra CMX databasen, som i 2013 erstattet de gamle verktøyene for alle anlegg i UPN.

## **1.3.3 Avgrensninger**

Denne oppgaven inkluderer ikke vedlikehold av fiskale flerfasemålere.

Denne oppgaven er avgrenset til målesystemer i bruk, men det vil forekomme henvisninger til andre deler av målesystemenes livsløp, der hvor det ansees å bidra til bedre forståelse av årsakssammenhenger.

Denne oppgaven avgrenser seg organisatorisk til UPN, det vil si Statoils offshore innretninger på norsk sokkel, men vil likevel inkludere de nevnte instrumentgrupper fra Statoils landanlegg i Norge som en del av det samlede underlag for bestemte analyser.

Denne oppgaven er begrenset til perioden fra innføring av felles driftsmodell (2009) til i d.d. (2017) når det gjelder aspektene rundt den organisatoriske utformingen av fiskalmåling i selskapet.

# Kapittel 2 – Regelverk og operasjonelt rammeverk

Den delen av virksomheten som omhandler fiskal måling av petroleum reguleres gjennom *Forskrift om måling av petroleum for fiskale formål og for beregning av CO<sub>2</sub>-avgift (måleforskriften)*. Etterlevelse av kravene i måleforskriften ivaretas i Statoil gjennom egne krav i selskapets interne styringssystem og tekniske krav i DocMap.

Både forskrift og selskapskrav hviler på anerkjente normer og standarder men åpner for alternative løsninger og metoder så lenge det foreligger dokumentasjon på at de er av lik eller bedre kvalitet.

## 2.1 Måleforskriften

Måleforskriften ligger under Olje og energidepartementet og håndheves av Oljedirektoratet, og som tidligere nevnt setter den minimumskrav for målesystemer med hensyn til planlegging, prosjektering, bygging og bruk. Innhold og kapittelinndeling er vist i Figur 7.

Forskrift om måling av petroleum for fiskale formål og for beregning av CO <sub>2</sub> -avgift
<b>Kapitteloversikt:</b>
Kapittel I. Innledende bestemmelser (§§ 1 - 4)
Kapittel II. Krav til styringssystem mv. (§§ 5 - 7)
Kapittel III. Generelle krav til måling og målesystemet (§§ 8 - 12)
Kapittel IV. Krav til utførelse av målesystemet (§§ 13 - 17)
Kapittel V. Krav til kalibrering og verifisering mv. før målesystemet tas i bruk (§§ 18 - 22)
Kapittel VI. Krav til målesystemet i bruk (§§ 23 - 27)
Kapittel VII. Krav til dokumentasjon (§§ 28 - 31)
Kapittel VIII. Alminnelige bestemmelser (§§ 32 - 35)
Referanseliste
Vedlegg 1: Skjema 1, CO <sub>2</sub> -avgift, halvårlig innbetaling
Vedlegg 2: Skjema 2, CO <sub>2</sub> -avgift, avgiftsberegning per produkt
Merknader til forskrift om måling av petroleum for fiskale formål og for beregning av CO <sub>2</sub> -avgift

Figur 5 - Måleforskriftens innhold (Kilde: Lovdata)

Selv om det ikke nevnes eksplisitt, går det tydelig frem av ordlyd i forskrift at målsetningen er å redusere risiko for feilmåling og/eller tap av måledata.

Det vil ikke være hensiktsmessig å gå gjennom hele forskriften i detalj, men i forhold til denne oppgavens formål, er det nyttig å belyse de delene av forskriften som gir føringer innen drifts- og vedlikeholdsoppfølging.

### 2.1.1 Måleforskriftens kapittel II. Krav til styringssystem mv

I paragrafene under kapittel II pålegges rettighetshaver å etablere, vedlikeholde og videreutvikle et styringssystem som sikrer etterlevelse av forskriftens krav. Roller og ansvar knyttet til oppfølging av målesystem skal tydelig defineres og dokumenteres. Det skal også dokumenteres at personell med oppgaver relatert til målesystemene innehar tilstrekkelig kompetanse innen fagområdet.

## **2.1.2 Måleforskriftens kapittel III. Generelle krav**

Et essensielt kapittel i måleforskriften, da det her settes helt spesifikke krav til hva som er tillatt måleusikkerhet, både på systemnivå og komponentnivå, jf. §8 og 8a. Disse grenseverdiene har en ikke lov til å operere utenfor, og de setter premissene for hvordan rettighetshaver konfigurerer og drifter målesystemet. Andre paragrafer i dette kapitlet angir måleenheter, referansebetingelser, bestemmelse av energiinnhold mv., og poengterer at fiskale strømmer ikke skal føres utenfor målsystemene.

## **2.1.3 Måleforskriftens kapittel VI. Krav til målesystemet i bruk**

I kapittel VI omhandles vedlikehold og driftskrav for ulike deler av målesystemet. For vedlikehold lyder §23 slik;

«Målesystemet skal vedlikeholdes til den norm det er konstruert i henhold til.

Det utstyr som inngår i målesystemet, og som har vesentlig betydning for måleusikkerheten, skal være kalibrert med sporbart utstyr før oppstart, og deretter vedlikeholdes til denne standard.

Kontroll for å sikre at utstyr som nevnt i denne paragrafens første ledd er innenfor gitte grenseverdier skal utføres regelmessig av kvalifisert personell. Dersom utstyr ved kalibrering er utenfor de gitte grenseverdiene, skal korrigerende utføres av kvalifisert personell eller ved kalibrering og tilhørende korrigerende i et kompetent laboratorium. Sporbar kalibrering av testinstrumenter skal utføres regelmessig av kompetente laboratorier.»

Driftskravene er inndelt paragrafvis etter rørnorm, strømningsmålere, instrumentdel og datamaskindel. Avhengig av kategori settes det krav til kalibrering, validering, verifikasjon, kontrollparametere og intervall for utførelse. Det gis også føringer for metodikk innen utførelse, og tiltak dersom aktivitetene gir resultat utenfor toleransegrenser.

## **2.1.4 Måleforskriftens kapittel VII. Krav til dokumentasjon**

Kapittel VII pålegger rettighetshaver en rekke dokumentasjonskrav for målesystem før det tas i bruk (§28) og for målesystem i bruk (§29). Dokumentasjon før målesystemet tas i bruk innbefatter for det meste tekniske beskrivelser, tegninger, beregninger (usikkerhetsanalyse) og oversikter, mens dokumentasjon for et målesystem i bruk består av rapporter, parameterlister, korreksjoner av målefeil og andre dokumenter har betydning for målesystemets integritet og/eller kvalitet på målingene. Dokumentasjon for målesystem i bruk skal lagres i eget arkiv. Rettighetshaver har ifølge forskrift en plikt til å «informere Oljedirektoratet om alle vesentlige «forhold» som påvirker kvalitet av fiskale målinger eller tall rapportert fra disse.» Deretter listes hvilke forhold dette henspiller til, blant annet endring i kalibreringsintervall.

Siste paragraf i dette kapitlet setter krav til kalibreringsdokumenter.

Innenfor rammene av måleforskriften er det altså opp til rettighetshaver å drifte målesystemene på en måte som innfrir kravet til total måleusikkerhet. Dette skal dokumenteres og kunne fremvises under tilsyn eller på myndigheters forespørsel.



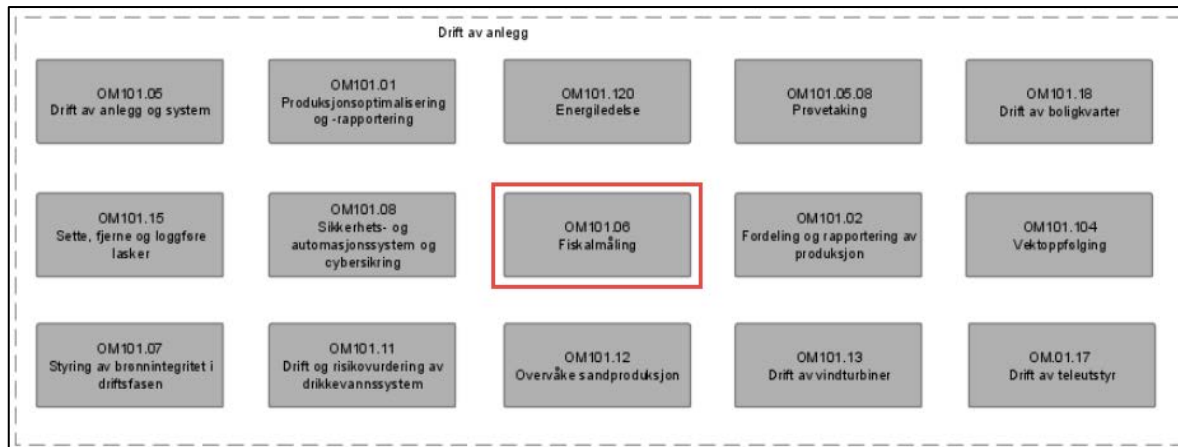
## 2.2 Selskapskrav

Statoils drift og vedlikeholdskrav for fiskalmåling er forankret i selskapets elektroniske styringssystem. Selskapets styringssystem består av en prosessbasert del, ARIS, og en dokumentbasert del, DocMap.

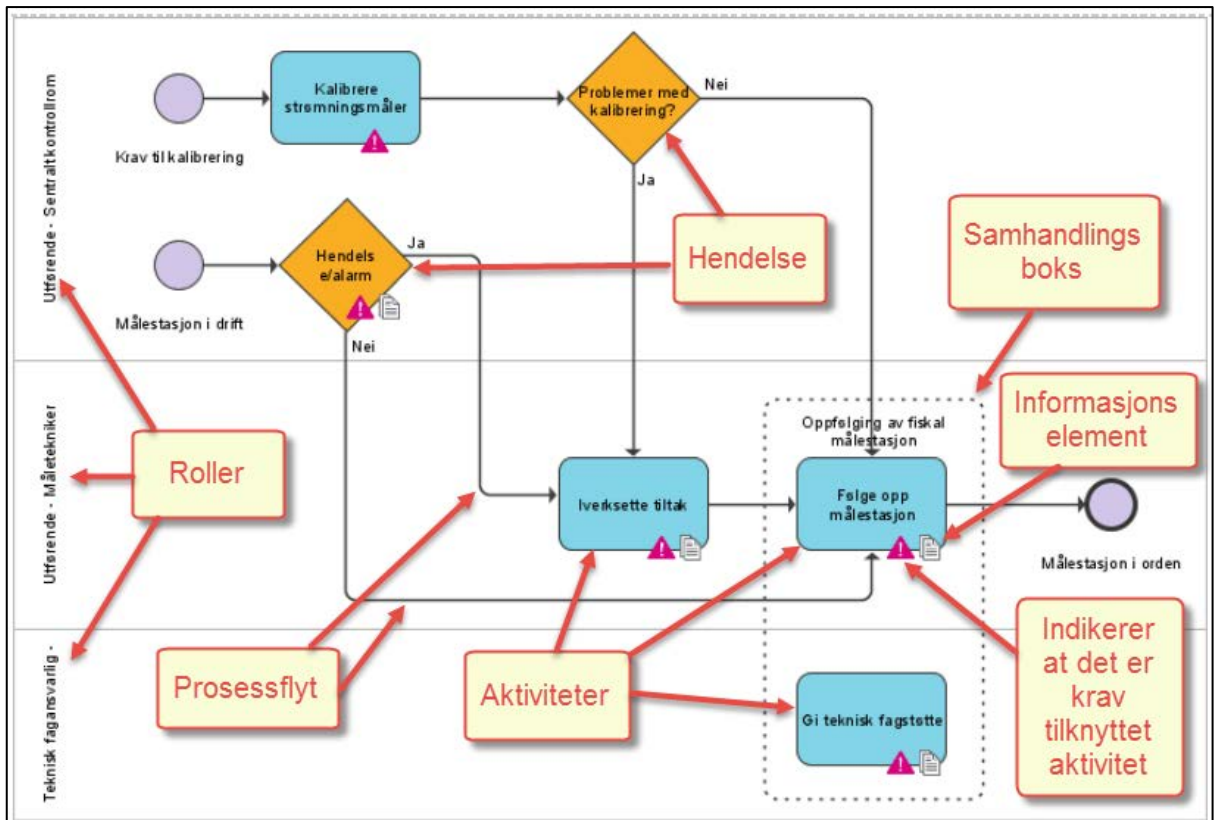
ARIS konkretiserer gjennomføring av oppgaver i fastsatte handlingsmønstre (prosesser) hvor rolle, ansvar og aksjon er klart definert. De ulike stegene i prosessen kan inneholde både krav og informasjonselement; hver for seg, i sammen eller ingen av delene. ARIS er bygget med et interaktivt brukergrensesnitt der klikk på hvert element gir tilgang til ytterligere informasjon. Fiskalmåling er avsatt som et eget fagområde under drift av anlegg (Figur 6).

Docmap er et dokumentbibliotek som inneholder styrende dokumenter, herunder tekniske krav (TR/ST), regulativer (RR), veiledninger (GL), funksjonskrav (FR), arbeidsprosesskrav (WR), system og operasjon beskrivelser (SO). Her finner man bl.a. TR0814 som stadfester Statoils tekniske krav for nye målesystem til fiskale målinger, allokeringmålinger og målinger i forbindelse med produktoverlevering. Dokumentet bygger på forskriftskrav, og setter premissene for det drifts og vedlikeholdsregimet som skal utøves når målesystemet er satt i drift.

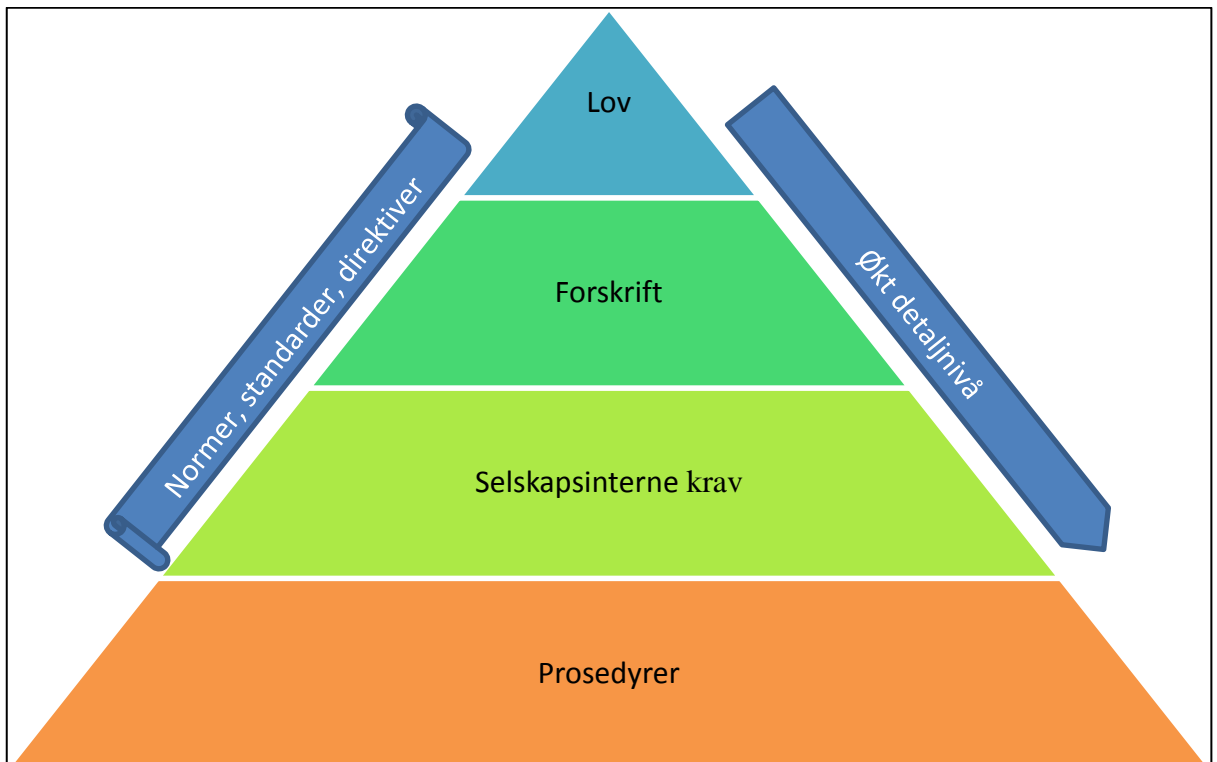
Etterlevelse av forskriftens intensjon innebærer i enkelte tilfeller en mer detaljert utforming av interne krav, både i antall og innhold. Videre utledes kravene ytterligere i form av prosedyrer, veiledninger og annen støttedokumentasjon. Typisk oppbygging av det regulative rammeverk er vist i Figur 7.



Figur 6 - Utklipp fra styringssystem (Kilde: ARIS)



Figur 7 - Eksempel på prosessflyt i styringsystem med tilhørende forklaring (Kilde: ARIS)



Figur 8 - Oppbygging av det regulative rammeverk (Kilde: Egen konstruksjon)

## 2.3 Målesystemets oppbygging

Måleforskriftens kapittel IV setter en del generelle og spesifikke krav til utførelse av målesystemet. Den fiskale målefilosofien for et prosjekt skal sørge for at målekonseptene for målestasjonene oppfyller disse kravene, og eventuelle avtaler mellom partsrepresentanter.

Et målesystem består av en mekanisk del, en instrumentdel og en datamaskindel, samt dokumentasjon og prosedyrer knyttet til disse (§2 Måleforskriften). Målestasjon(e) representerer den mekaniske og instrumentelle delen av målesystemet, og er sammensatt av ulike utstyrskomponenter, plassert sammen på egnet sted i produksjonsprosessen. Datamaskindelen er normalt bestående av en hoved datamaskin som kommuniserer med flere lokale strømningsdatamaskiner i et målenettverk.

Delkomponentene i et målesystem er:

- Trykkmålere
- Temperaturmålere
- Strømningsmålere (turbin, ultralyd, v-kone, venturi, blendeplate, coriolis)
- Tetthetsmålere
- Analyse utstyr (gasskromatograf, vann-i-olje måler, prøvetakere)
- Kalibreringsutstyr (rørnormaler, mastermetere)

### 2.3.1 Teknisk system design og konsekvensklassifisering

Anerkjente normer og standarder for industrielt system design er benyttet for alle Statoils produksjonsenheter. Da det forutsettes at målgruppen for denne oppgave har grunnleggende kjennskap til oppbygging av teknisk system struktur, vil ikke dette bli utdypet ytterligere bortsett fra det som har relevans for fiskale tag.

Fortrinnsvis skal ikke fiskale utstyrs tag inneha en funksjon utover det å gi input til fiskale kalkulasjoner, det vil si at måledata fra disse ikke kan benyttes i produksjonskontroll eller i sikkerhets barrierer. Under denne forutsetningen konsekvensklassifiseres fiskale tag som lav innen kategoriene produksjon- og sikkerhetskritisk, og som høy i kategorien kostkritisk.

## 2.4 Vedlikehold

Rammeverket for planlagt vedlikehold i Statoil består av konsepter, strategier og programmer. Fundamentet er vedlikeholdskonseptene. I disse finner man gjeldene vedlikeholdsstrategier som igjen er grunnlaget for etablering av vedlikeholdsprogram.

### 2.4.1 Vedlikeholdskonsept

Vedlikeholdskonseptene beskriver bedriftens beste praksis for vedlikehold av utstyr, og er harmonisert opp mot relevante eksterne og interne krav. Alle utstyrstag skal være knyttet til et vedlikeholdskonsept, og denne knytningen skal reflektere hvilke formål funksjonen har i produksjonsanlegget. For eksempel, kan en trykktransmitter knyttes til et konsept som heter TI0720 hvis den har en ren prosess kontroll og monitoreringsfunksjon, eller til TI0710 som indikerer at transmitter har en sikkerhetskritisk funksjon, eller igjen til TI0923 hvilket betyr den inngår i det fiskale målesystemet.

Dette innebærer at for hvert vedlikeholdskonsept utarbeides det en egen FMEA basert på utstyr og funksjon.

Ved valg av et konsept for et fiskalt tag, vil grad av redundans også være av betydning ettersom vedlikeholdsintervall og aktiviteter for singel kontra dobbel instrumentering er forskjellig.

Hvert konsept inneholder et sett med vedlikeholdsaktiviteter for utstyrgruppen det omhandler. Noen av aktivitetene kan en velge å implementere i et vedlikeholdsprogram, mens andre er man nødt til å implementere fordi de er forankret mot ett eller flere krav. De obligatoriske aktivitetene har en øvre grense for lang tid det kan gå mellom hver gang de utføres.

Konseptene er ment å inneholde beste vedlikeholdspraksis, men i tilfeller hvor de ikke er utfyllende, ofte i forbindelse med spesielle forhold rundt et bestemt utstyrstag, må man vurdere å oppdatere konsept eller ivareta behovet gjennom egne aktiviteter i vedlikeholdsprogrammet.

## 2.4.2 Vedlikeholdsstrategier

Vedlikeholdsaktivitetene i konseptene bygger på kjente vedlikeholdsstrategier innen forebyggende og planbasert vedlikehold. Tabell 1 viser dette på en oversiktlig måte.

Tabell 1 - Oversikt vedlikeholdsstrategier (Kilde: GL1624 Retningslinjer for utarbeidelse av FV program)

	Kalenderbasert vedlikehold	Tellerbasert vedlikehold	Tilstandsbasert vedlikehold
<b>Basis</b>	Kalender	Tellere (Counters)	Målepunkt (Measuring point)
<b>Avlesing</b>	-	Sporadisk eller kontinuerlig	Regelmessig eller automatisert
<b>Triggersyklus</b>	-	Kontinuerlig basert på økning eller reduksjon av teller	Diskontinuerlig
<b>Triggermekanisme</b>	På bestemt dato	På bestemt tellernivå	Når en grenseverdi overskrides eller ikke oppnås.

Hver av vedlikeholdsaktivitetene i konseptene er basert på en av disse strategiene.

Det er ett element innen forebyggende vedlikehold som ikke er med i Tabell 2; prediktiv analyse. Muligheten til å forutsi degradering ved hjelp av IoT, Big Data og avansert datamaskin læring er et steg videre fra tilstandsmonitorering, men er ikke en del av det fiskale vedlikeholdet så langt.

## 2.4.3 Vedlikeholdsprogram

Vedlikeholdsprogrammene etableres ut i fra valgte aktiviteter og intervall fra konseptene. Hver aktivitet har en beskrivelse av metodikk for gjennomføring. Alt som har vesentlig betydning for gjennomføring operasjonssettes mot relevant fagdisiplin og timesettes i henhold til forventet varighet. Deretter datosettes programmet etter valgte intervall og foretrukket tidspunkt for utførelse.

Til hjelp for programetablerer har konseptene en veiledning som forklarer hvordan aktiviteter og intervall kan kombineres, og hvilket gyldighetsområde konseptet dekker. Foruten aktivitetstekstene fra konseptene, kan det i programmet også være nødvendig å tilføye informasjon i egne tilleggstekster for å garantere en sikker og effektiv gjennomføring av vedlikeholdet.

Bygging av vedlikeholdsprogram finner sted i SAP, men settes ikke aktivt før det er kvalitetssikret og godkjent. Når programmet er aktivert, genereres arbeidsordrer automatisk på predefinerte tidspunkt som typisk ligger 3, 6 eller 13 mnd. i forkant av plan dato. Plan dato angir fristen for ferdigstilling av vedlikeholdsaktiviteten. En arbeidsordre ansees likevel ikke å være i etterslep før den har passert *krevd ferdigstillingsdato*. På måltavlen til UPN er dette definert som *siste dato i måneden etter den måneden «planned date» er i*.

Ikke alle vedlikeholdsoppgaver er programfestet. Rutiner for driftsoppfølging inkluderer ofte enkelte vedlikeholdselement som ikke nødvendigvis er hensiktsmessig å styre via FV program.

## 2.4.4 Korrektivt vedlikehold

Når utstyr svikter eller rammes av feiltilstander hvor funksjonalitet ikke lenger kan opprettholdes innen definerte akseptkriterier, vil det være behov for å utføre korrektivt vedlikehold for å gjenopprette funksjonalitet.

For noen typer utstyr kan det være hensiktsmessig med en «kjør-til-svikt» tilnærming. Altså det aksepteres at utstyret går til det inntreffer en svikt. Det finnes ulike årsaker til at dette er å foretrekke, men et viktig poeng er at man gjør et bevisst valg vurdert opp mot sikkerhet, produksjon og kost/nytte kriterier.

Det ble nevnt at alle utstyrstag skal være tilknyttet et vedlikeholdskonsept, så for utstyr med en «kjør-til-svikt» feilhåndteringsstrategi eksisterer konsepter for de ulike utsyrskategoriene som rett og slett heter «ingen vedlikehold».

# Kapittel 3 – Vedlikeholdsanalyse

Funksjonaliteten til de fiskale instrumentene er å måle prosessspesifikke størrelser innenfor angitte driftsparametere. I denne konteksten betraktes enhver hendelse som hensetter et instrument i en tilstand hvor måleintegriteten kan betviles, som ikke-akseptabel. Således regnes avvik mellom parallelle målinger som en feiltilstand selv om instrumentene individuelt oppfyller krevd funksjon.

Beveger måleparameterne seg utenfor toleransegrenser eller avviksgrenser, skal det iverksettes kompenserende tiltak for å sikre kontinuerlig måledata integritet. Eksempler på tiltak er:

- Bytte mellom A og B måler i bruk hvor vi har duplisert instrumentering
- Benytte tilbakefallsverdier
- Bruke målinger fra annet fiskalt måleutstyr med tilsvarende funksjonalitet
- Skifte måleløp
- Ekstra prøvetaking
- Manuelle avlesninger

Det er flere faktorer som er med på å bestemme hva som er den «beste» vedlikeholds oppfølging for et fiskalt instrument, og det som er for optimalt for en målestasjon er ikke nødvendigvis like optimalt for en annen. Prosessbetingelsene og mediets beskaffenhet påvirker. Kvalitetsvalg besluttet i prosjektfase spiller inn. Grad av redundans er et moment. Målestasjon design er en vesentlig del; er det vedlikeholds vennlig og i forhold til hvilken type vedlikehold?

ARIS kravet R-11992 - *Utarbeide vedlikeholdsprogram for fiskale målesystemer* definerer vedlikeholds aktiviteter med tilhørende maksimums intervall for fiskale målesystem komponenter. Kravets pålegg effektueres via SAP som forklart i kapittel 4.5. Her åpnes det for forskjellige vedlikeholdsmetoder blant enkelte instrumentkategorier. Dette avgjøres ved valg av konseptknytning mot tag, og det er teknisk fagansvarlig fiskalmåling sin oppgave å vurdere hva som er den beste vedlikeholdstilnærmingen for målestasjoner under vedkommendes ansvarsområdet.

I tillegg til et programvedlikehold i SAP, tilstand monitoreres instrumentene via det fiskale målekontrollsystemet. Det gjennomføres daglig sjekk av målesystemene fra driftsstøttesenteret på Sandsli.

## 3.1 Trykkmåling

Trykkmåling for fiskale målsystemer er ivaretatt av trykktransmittere der spesifikasjon skal tilfredsstillende selskapets tekniske krav for instrumentering og

R-11992 ble, som forklart i kapittel 2.1, revidert i løpet av 2014/2015, og et nytt utkast var klart høsten 2015. Tabell 3 illustrerer forskjellen i maksimumsintervall for vedlikeholdsaktiviteter mot trykktransmittere før og etter.

**Tabell 2 - Oversikt vedlikeholdsintervall PT før og etter revisjon av R-11992 (Kilde: ARIS og Arbeidsdokument R-11992)**

Vedlikeholdsaktivitet	Max vedlikeholdsintervall (mnd) for individ før revidering		Max vedlikeholdsintervall (mnd) for individ etter revidering	
	Enkel instrumentering	Dobbel instrumentering	Enkel instrumentering	Dobbel instrumentering
<b>Kalibrering av trykksløyfe</b>	6	36	12	72
<b>Bytte til ny kalibrert trykktransmitter</b>	6	72	12	72
<b>Arbeidspunkts kontroll av trykkmåling</b>		36		36

Tar man en titt på hvordan kravet er utformet i dag, bestemmes altså type vedlikehold ut fra hvilket konsept en velger å tilknytte transmittertag. Valget står mellom kalibrering av transmitter i felt med akkrediterte kalibrerte referanseinstrumenter, eller bytte av transmitter med et nytt instrument som er justert og kalibrert hos et akkreditert kalibreringslaboratorium. Metodene er per i dag likestilte, og det er opp til teknisk fagansvarlig fiskalmåling å beslutte hva som skal brukes, og hvilke intervall som skal settes i vedlikeholdsprogrammet, jf. Tabell 3<sup>4</sup>.

Krav og konsept setter altså rammene, mens programmene er selve produktet. Implementerte intervall må sees opp mot andel og type avvik som oppstår mellom intervallene, og om det har resultert i korreksjoner og/eller tap. Er disse knyttet direkte mot transmitterfeil eller beror det på forhold som på annet hvis påvirker målingene?

<sup>4</sup> Konseptenes maksimums intervall for Ex kontroll aktiviteter er bestemt i elektro faglinjen.



**Tabell 3 - Vedlikeholdskonseppter for trykktransmittere (Kilde: Arbeidsdokument R-11992)**

	Max mnd
<b>TI0920 PT Dupl Calibr Fisc/Pressure transm Double instrum Calibrati</b>	
10050 Kalibrering av trykksløyfe	72
TI0920-0005 Arbeidspunktkontroll av trykkmåling	36
10009 Ex, nærvisuell kontroll	48
10127 Ex, detaljert kontroll	48
<b>TI0921 PT Dupl Replac Fisc/ Pressure transm Double instrum Replace</b>	
10051 Bytte til nykalibrert trykktransmitter	72 Note 4
TI0920-0003 Arbeidspunktkontroll av trykkmåling	36
10009 Ex, nærvisuell kontroll	48
10127 Ex, detaljert kontroll	48
<b>TI0922 PT Singl Calibr Fisc/Pressure transm. Single instrum. Calibra</b>	
10050 Kalibrering av trykksløyfe	12
10009 Ex, nærvisuell kontroll	48
10127 Ex, detaljert kontroll	48
<b>TI0923 PT Singl Replac Fisc/Pressure transm. Single instrum. Replace</b>	
10051 Bytte til nykalibrert trykktransmitter	12 Note 4
10009 Ex, nærvisuell kontroll	48
10127 Ex, detaljert kontroll	48

### 3.1.1 Analyse

Kildemateriale for analysene i dette kapittelet er data hentet fra SAP, CMX database og produktdatablad.

Svikt hendelser og feiltilstander på utstyr rapporteres i SAP på et standardisert innmeldingsformat. En slik rapport, kalt notifikasjon, skal registreres på lavest mulig tag-nivå. Innvirkning av feil på utstyrets evne til å opprettholde krevd funksjon graderes enten som *død, alvorlig syk, uvel* eller *ingen feil – andre behov*. Ved innsamling og gjennomgang av kildematerialet, er notifikasjoner registrert med *ingen feil – andre behov* eller kansellert, fjernet fra underlag. Deretter er årsak til degradering eller bortfall av funksjon kategorisert i tre grupper. De tre gruppene er valgt ut i fra forfatters subjektive, erfaringsmessige vurdering av hva som er viktig å skille mellom i forbindelse med vedlikeholdsanalyse av trykktransmittere. Inndeling er som følger:

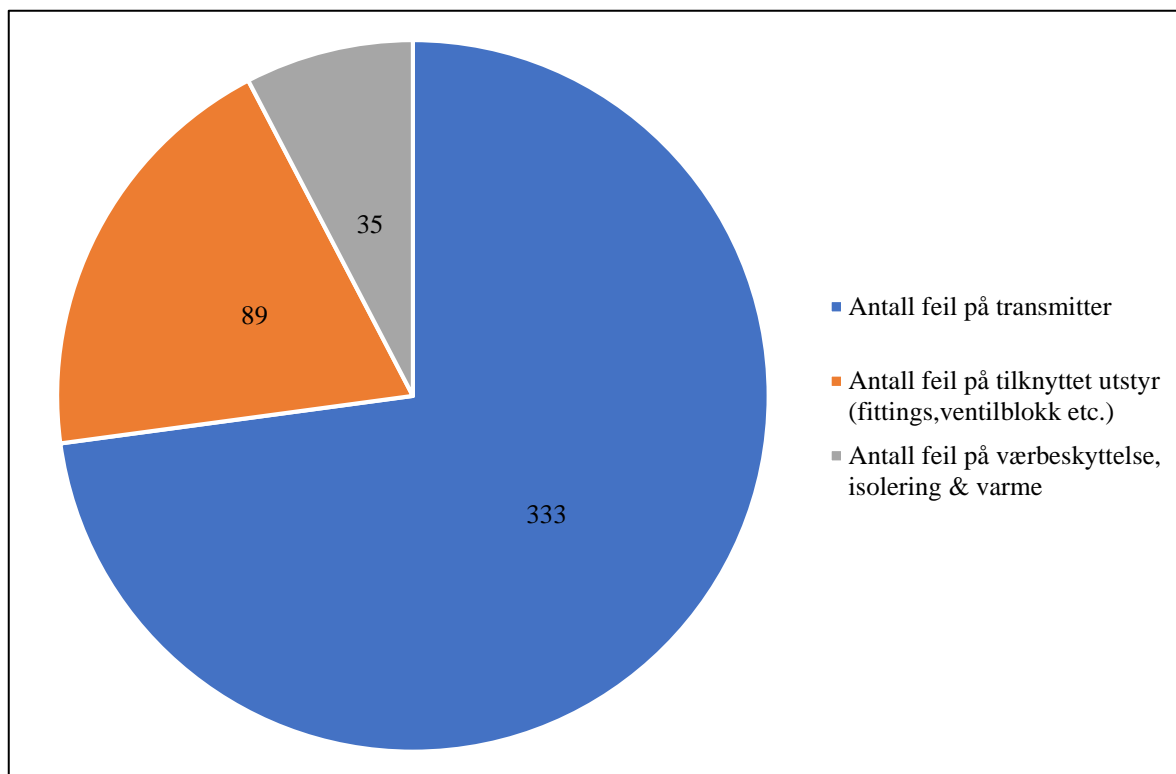
1. Feil på transmitter  
Dette er forhold som omhandler selve trykktransmitteren, eksempelvis svikt i elektronikk, ustabilitet og vanninntrenging.
2. Feil på tilknyttet utstyr  
Med dette menes utstyr som står mellom prosessuttak og selve trykktransmitteren. Ventilblokker, koplinger og instrumentrøropplegg kommer inn under denne kategorien. Typiske feil er lekkasjer og tilstopping av instrumentrør.
3. Feil på værbeskyttelse, isolering og varme  
I denne kategorien finner vi utstyr som skal sikre at målingene ikke påvirkes av klima, for eksempel skade på værhus, varmekabler og isolering.

Sortering til de respektive kategorier er basert på manuell gjennomgang av notifikasjonene knyttet til fiskale trykktransmitter tag, og stammer altså ikke fra SAP.

I enkelte tilfeller har det vær nødvendig å kryssjekke innhold i notifikasjon med tilhørende arbeidsordre for å identifisere årsak til feil eller svikt.

Totalt er det innhentet vedlikeholdshistorikk fra 32 anlegg i drift fra 01.01.2007 – 01.09.2017. Nyere produksjon og prosesserings anlegg satt i drift etter 2007 er utelatt. Dette utgjør 1010 trykktransmitter tag, og antall notifikasjoner etter «vasking» teller 457.

Figur 9 gir en oversikt på hvordan disse fordeler seg med hensyn til feil kategori. Alt i alt utgjør feil på selve transmitteren 73% av det totale antall, mens feil på tilknyttet utstyr og feil på værbeskyttelse/isolering/varme utgjør henholdsvis 19 og 8%.



**Figur 9 - Fordeling type feil registrert på trykktransmitter tag alle anlegg (Kilde: SAP)**

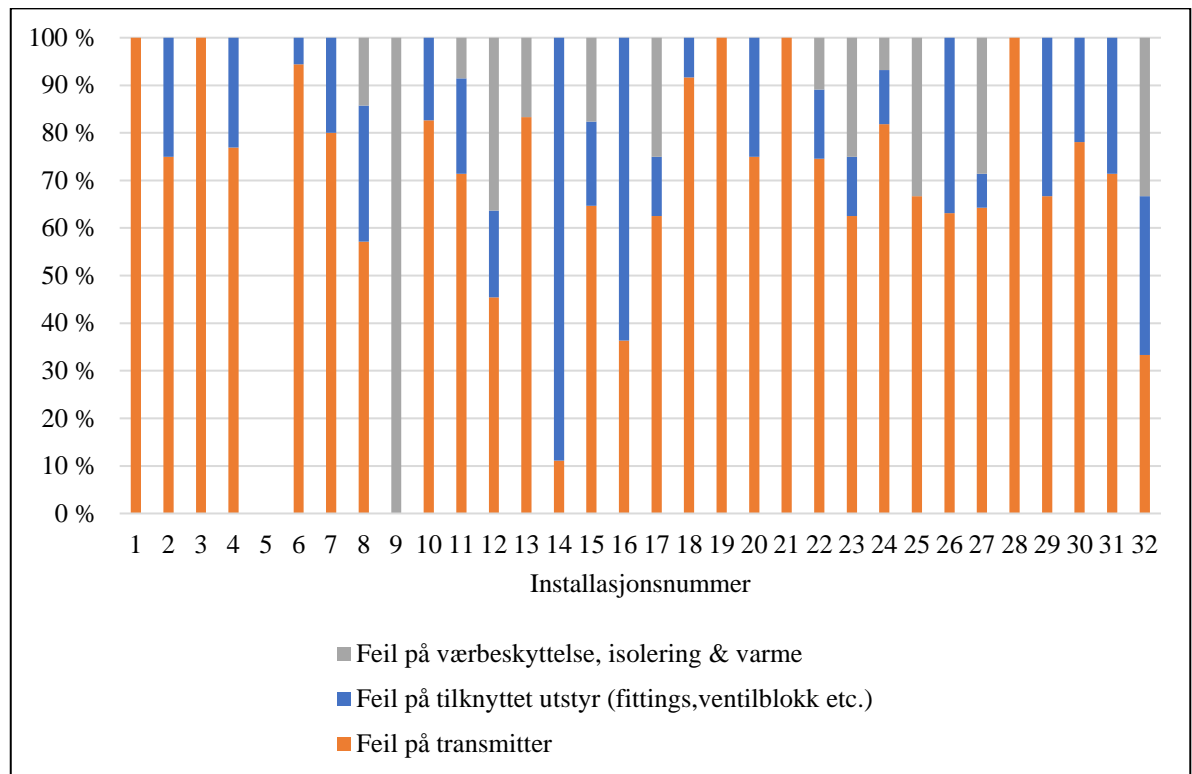
Bryter vi det ned på anleggsnivå finner vi likevel store individuelle forskjeller. I Figur 10 er dette illustrert gjennom en relativ fordeling av type feil registrert på trykktransmitter tag fordelt per anlegg. Ett anlegg har sågar ingen registrerte feil mot sine fiskale trykktransmittere over en 10 års periode, noe som virker usannsynlig. Årsakene til disse forskjellene er ikke lett å gi svar på uten å studere hvert enkelt tilfelle, men vi vet det er elementer som påvirker sannsynlighet for visse typer hendelser, for eksempel vil høyt prosessstrykk medfører økt risiko for lekkasjer, en værekspontert plassering av instrumenter uten ekstra beskyttelse gir økt risiko for degradering, lav viskositet og temperatur på prosess mediet øker risikoen tilstopping av instrumentrør og ventilblokker.

Slike sammenhenger er kjent, og normalt ivaretatt og kompensert for i design, men det kan likevel være at endringer i prosessparametere under produksjon gir driftsbetingelser som over tid forårsaker en hyppigere frekvens av en bestemt type uønsket tilstand. Det kan også være at vedlikehold på et bestemt tag er krevende å få utført korrekt på grunn av utstyrets plassering (tilkomst, vær utsatt etc.), og dermed får man et tilbakevendende problem med lekkasjer, isolering, innfesting, signal kommunikasjon og lignende.

Vær klar over at det er store variasjoner blant installasjonene på antall fiskale trykktransmittere (Figur 11), fra kun 4 opp til 117, så de noe avvikende utslagene vi ser for anlegg 5 og 9 kan nok forklares på bakgrunn av få tag hvor én feil gir kraftig uttelling. Rapporteringsbildet er heller ikke 100% da det må påregnes at feil på trykktransmittere også er meldt inn på overordnede tag.

Å gå inn i detaljene for hver og en plant når det gjelder å finne årsak til de ulike feiltyper ansees ikke som nødvendig for å oppnå oppgavens målsetning, men det er betyr en del for det totale bilde for vedlikehold og driftsoppfølging av de fiskale trykktransmitterne å

kjenne til at det er andre forhold som kan være avgjørende for valg av vedlikeholds strategi og intervall enn kun aktiviteter rettet direkte mot transmitter prestasjon.



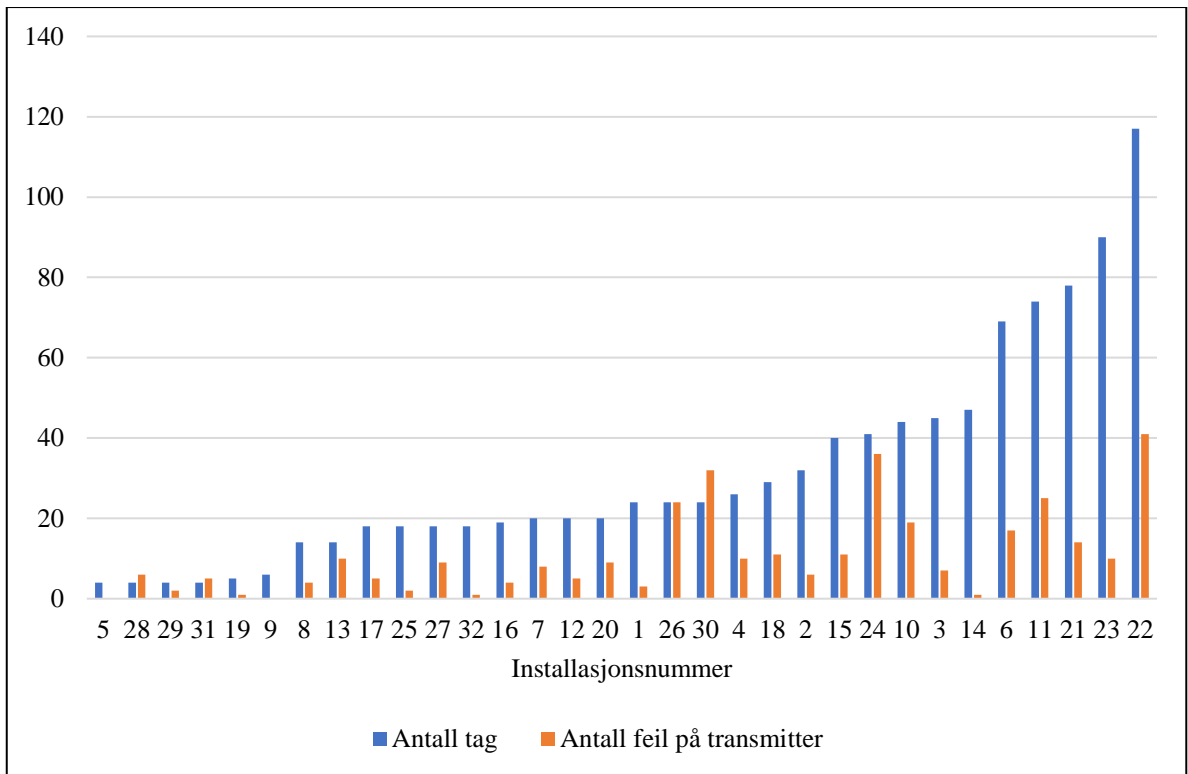
Figur 10 - Relativ fordeling type feil registrert på PT tag fordelt per anlegg (Kilde: SAP)

I Figur 11 ser vi en fordelingen mellom antall tag og transmitter feil<sup>5</sup> pr. anlegg rangert etter antall tag. En forventer gjerne en viss korrelasjon mellom antall tag og antall feil, men vi ser at dette ikke er tilfellet. Da kan det naturligvis tenkes at valg av metode (felt kalibrering eller bytte til ny-kalibrert instrument) eller valg av intervall er faktorer som gir utslag? For å kunne vurdere dette, er det laget en «anleggs score» (Figur 12), hvor antall feil er dividert med antall tag. Merk at innsamlet historiske data strekker seg over en 10-års periode, og tall verdi gir oss antall feil pr. transmitter over dette tidsvinduet.

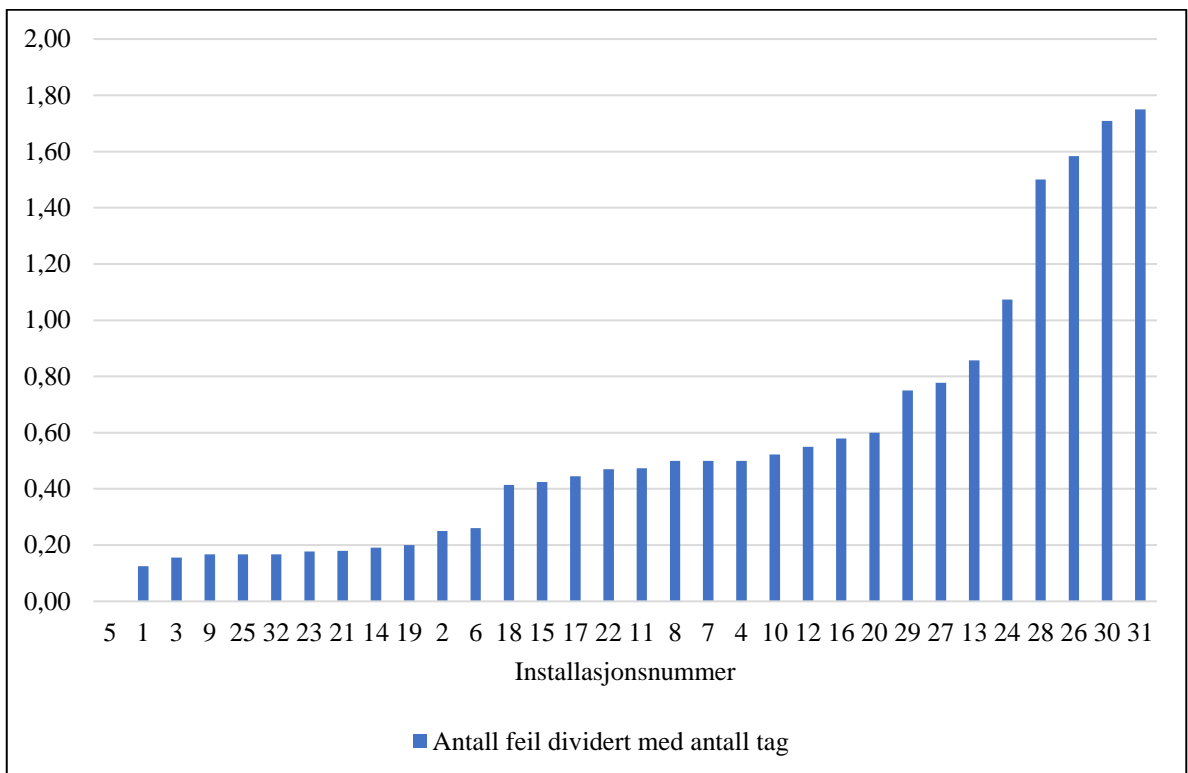
Installasjon nr. 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30 og 32 er blant dem som har praktisert bytte. Plasseringen for disse installasjonene spriker imidlertid fra bunn til topp, og gir oss ikke grunnlag for å konkludere med at valg av metode har noe å si for antall transmitter feil oppstått mellom FV aktivitetene.

Om vi fokuserer på implementerte intervall i stedet, er det nærliggende å tro at installasjoner med kortere vedlikeholdsintervall må ha færre feil. Her er det verdt å minne på at inntil implementering av justerte vedlikeholdsintervall i henhold til revidert R-11992, så var max intervall for dobbel instrumentering på individ nivå 72 mnd for bytte kontra 36 mnd for feltkalibrering. For enkel instrumentering var intervallet likt; 6 mnd.

<sup>5</sup> Feil på tilknyttet utstyr og værbeskyttelse/isolering/varme er ekskludert fra denne oversikten



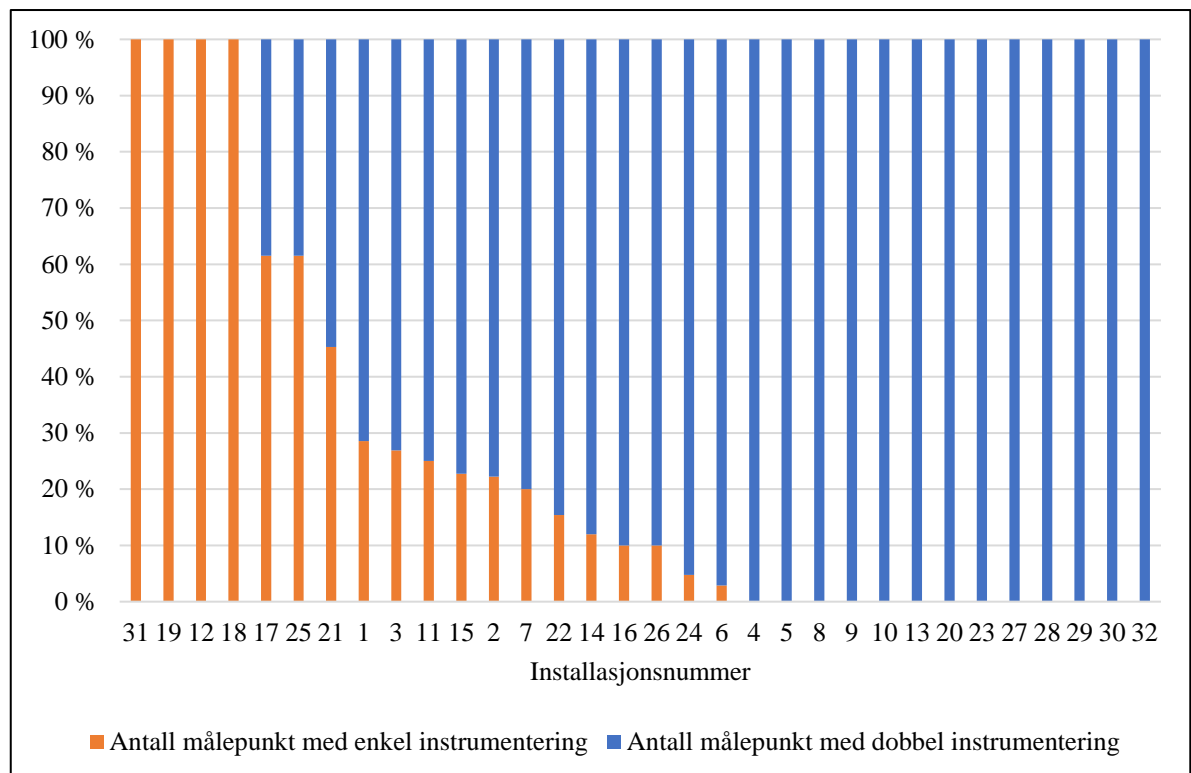
Figur 11 - Forhold mellom antall feil og antall PT tag fordelt pr. anlegg (Kilde: SAP)



Figur 12 - Antall feil pr. trykk PT tag for hvert anlegg (Kilde: SAP)

Dersom en tar et utvalg av installasjonene som kjørte feltkalibrering med 36 mnd intervall, eksempelvis anlegg nr. 4, 6, 7, 15 og 17, scorer de alle  $\pm 0,1$  innenfor gjennomsnittet for alle anlegg på 0,56, men det må samtidig tas høyde for at det kun er installasjon nr. 4 som har 100% dobbel instrumentering på målepunktene. Dupliseringsgrad er med andre ord ikke hensyntatt, og dermed representerer resultatet fra 6, 7, 15 og 17 en blanding av 6 mnd og 36 mnd intervall. Sammenligning i dette tilfellet gir oss ikke gode nok svar. Installasjon nr. 1, 2, 3 har derimot mellom 70-80% dupliseringsgrad og benyttet i denne perioden 24 mnd intervall for feltkalibrering hvor de har doble trykktransmittere. Alle tre ender opp på den nedre delen av listen med under 0,3 feil pr. trykktransmitter.

Hva så med de plattformene som har en dupliseringsgrad på 0%, altså kun singel instrumentering? Installasjon 12, 18, 19 og 31 har måtte kalibrere sine trykktransmittere hver 6 mnd, men er likevel spredd utover hele skalaen (Figur 12) med 19 på bunn og 31 på topp. Nå skal det sies at antall tag på 19 og 31 er henholdsvis 5 og 4, et meget tynt grunnlag som gir stor usikkerhet rundt hvor representativ disse installasjonene egentlig er for det totale bildet. Gjennomsnittlig score for de fire plattformene er 0,76, hvilket er over gjennomsnittet for totalen. Utelukkes anlegg 19 og 31 er gjennomsnitt for 12 og 18 0,46. Disse har henholdsvis 20 og 29 tag. Igjen har vi ingen entydighet i tallene som støtter oppunder at kortere intervall gir lavere feilrate.



Figur 13 - Andel dobbel og enkel trykk instrumentering pr. anlegg (Kilde: SAP)

Men, bildet mer nyansert enn som så. Erfaringsmessig vet vi at flere feil eller tilløp til feil oppdages under planlagte vedlikeholdsaktiviteter og at funnene håndteres ulikt. Naturlig nok vurderes tiltak og rapporteringsmåte ut i fra omfang og kritikalitet. I enkelte tilfeller tas det aksjon umiddelbart, eksempelvis rengjøring/blåsing av tette instrumentrør, utbedring av lekkasjer og vakkell feil, mens andre ganger er det nødvendig å opprette en notifikasjon på funnet. At vedlikeholdsutøver foretar en slik vurdering er både tilrådelig og ønskelig for å unngå overadministrering og sub-optimalisering, men kan medføre underrapportering og/eller komplisere innsamling av vedlikeholdsdata.

En gjennomgang av feltkalibreringer gir oss en pekepinn på hvor pålitelig transmitterne er. I Tabell 4 er det samlet data fra samtlige trykktransmitter kalibreringer registrert i CMX databasen, og Figur 20 gir en grafisk representasjon av andel godkjente og ikke-godkjente trykkkalibreringer pr. anlegg. Data tatt ut fra CMX kalibreringsdatabasen baserer seg på første gangs «som funnet» resultater. Kalibrering registreres enten som godkjent eller ikke-godkjent. Andre, tredje, fjerde, osv. gangs «som funnet» og «som forlatt» kalibreringer på samme tag utført påfølgende første gangs «som funnet» kalibrering er utelatt fra statistikk. Med et slikt søkekriterie, forventes andel ikke-godkjente kalibreringer å være noe lavere enn oppgitt ettersom førstegangs resultat fra tid til annen feilregistreres. Dette kan være fordi forberedelsene ikke har vært gode nok, eller det oppstår noe uventet underveis. Merk også at tallene i tabellen er summen av alle kalibreringer for alle trykktransmitter tag på anlegget, og at antall kalibreringer for ett tag kan variere fra 1 til 10.

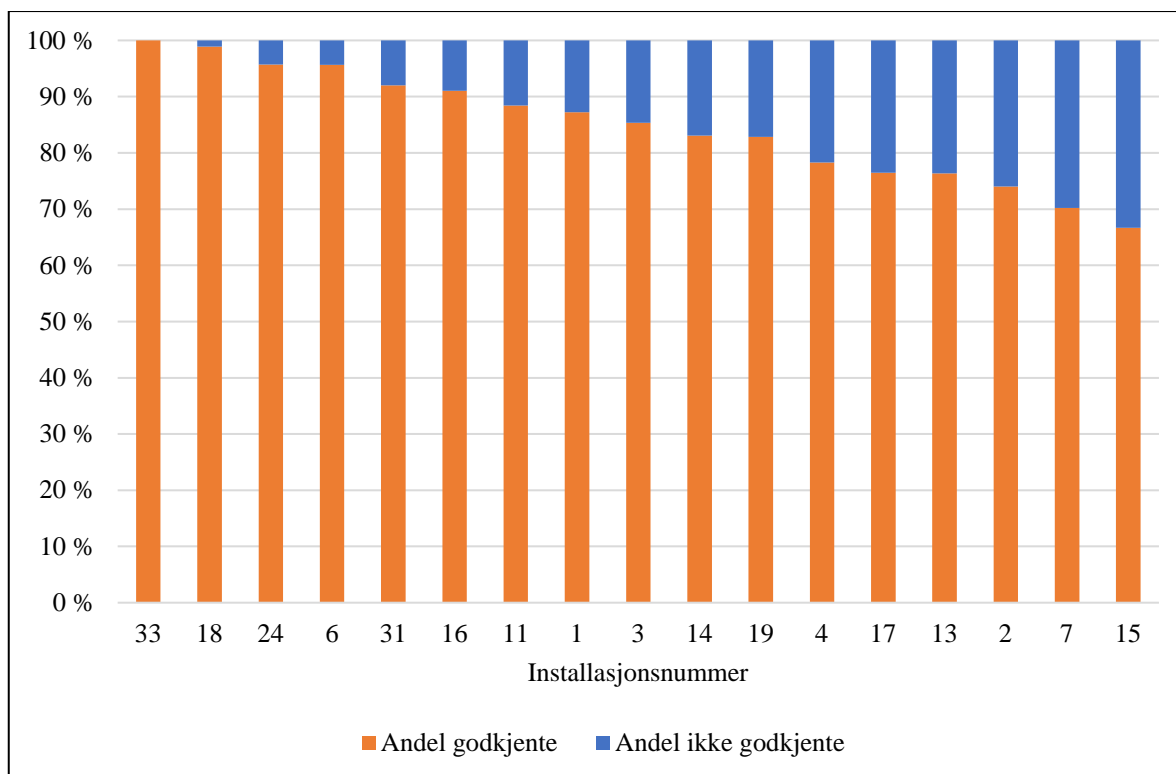
**Tabell 4 - Resultat av PT feltkalibreringer pr. installasjon<sup>6</sup> (Kilde: CMX)**

Installasjon nummer	Antall kalibreringer	Antall ikke godkjente	Andel underkjente	Første CMX kalibrering
33	43	0	0,0 %	2014
18	178	2	1,1 %	2013
24	70	3	4,3 %	2014
6	23	1	4,3 %	2016
31	25	2	8,0 %	2014
16	67	6	9,0 %	2013
11	190	22	11,6 %	2014
1	86	11	12,8 %	2013
3	123	18	14,6 %	2013
14	59	10	16,9 %	2014
19	35	6	17,1 %	2013
4	23	5	21,7 %	2015
17	68	16	23,5 %	2013
13	55	13	23,6 %	2013
2	104	27	26,0 %	2013
7	47	14	29,8 %	2013
15	78	26	33,3 %	2013
<b>Totalt</b>	<b>1274</b>	<b>182</b>	<b>14,3 %</b>	

Av totalt 1274 registrerte kalibreringer er 182 (14,3%) ikke-godkjente, det vil si ett eller flere punkter i kalibreringsserien er utenfor oppgitte toleransegrenser. På installasjonsnivå varierer feilprosenten fra 0 – 33,3. Vi ser at anlegg nr. 15 topper liste med flest ikke-godkjente kalibreringer, noe som lengre ned i oppgaven delvis forklares med at de har et visst antall transmittere av et merke som ikke kommer så godt ut resultatmessig i kalibreringsstatistikken. Videre går det klart frem av tabell at antallet gjennomførte kalibreringer ikke har noe å si i forhold til hvor en havner på listen.

Dersom vi ser på forholdet mellom antall underkjente kalibreringer og antall innrapporterte feil på transmitter tag for hver installasjon, kan dette gi oss en indikasjon på hvordan de forskjellige anleggene som praktiserer feltkalibrering presterer i forhold til hverandre.

<sup>6</sup> Installasjon nr. 33 er skilt ut som eget anlegg i CMX, men styrer under installasjon nr.16 i SAP.



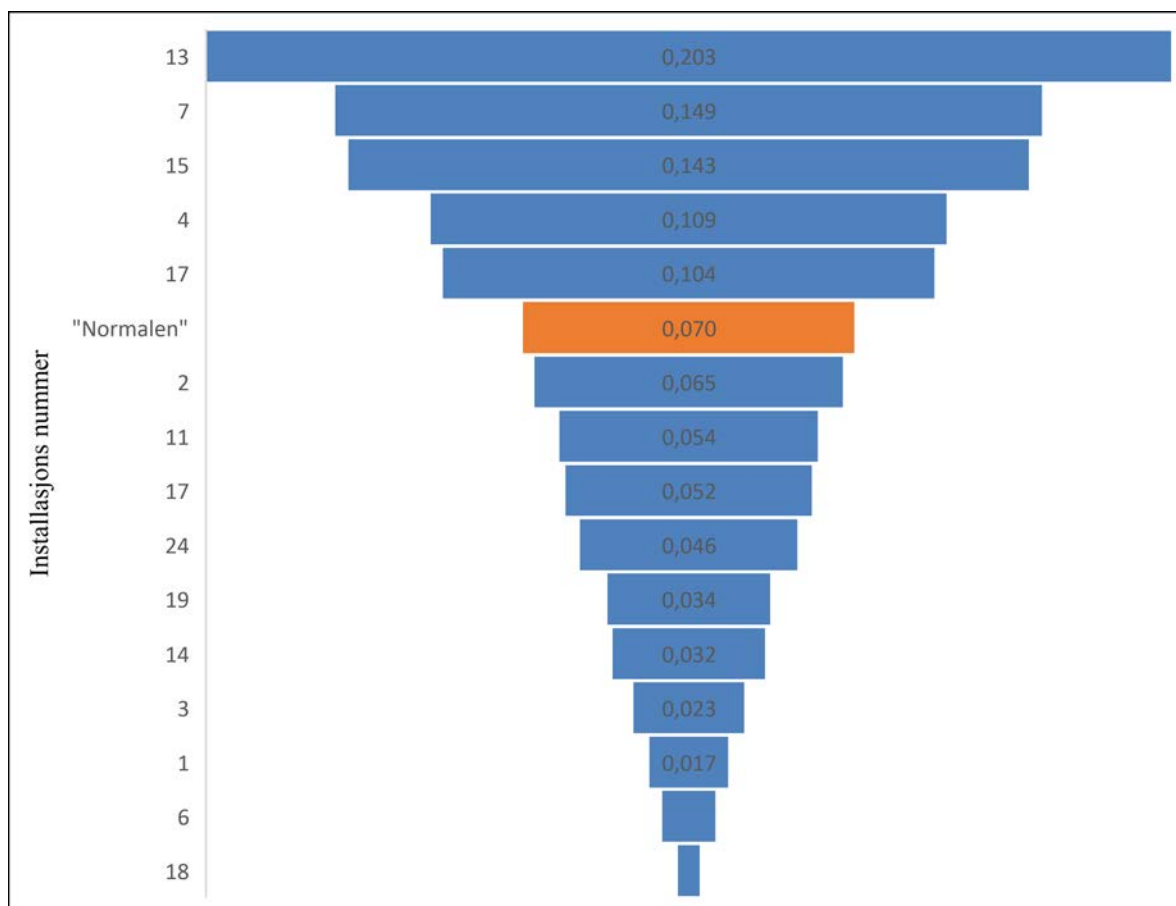
**Figur 14 - Andel godkjente og ikke-godkjente feltkalibreringer av trykktransmittere fordelt pr. installasjon (Kilde: CMX)**

I Figur 15 er dette fremstilt visuelt i et tornado diagram. «Feil faktor» fra Figur 12 er multiplisert med relativ andel underkjente kalibreringer (Tabell 4). Tanken bak, er at en liten spredning mellom anleggene, kan indikere en effekt av standardiseringsarbeidet for vedlikeholds oppfølging av fiskale trykktransmittere, mens stor spredning kan tyde på at vi ikke er helt i mål enda. Oppgitt «normal» i Figur 15 er gjennomsnittet av installasjonene og på ingen måte en fasit, men kun et referansepunkt i forhold til hvor anleggene plasserer seg. Hvorvidt forholdstallene er gode eller dårlige er ikke interessant her, kun i hvor stor grad de avviker innbyrdes anleggene.

Det vises riktignok ikke i figuren, men anlegg 18 har et forholdstall på 0,005. Nokså langt unna anlegg 13 som er på topp med 0,203. Fordeling derimellom er også rimelig spredd, hvilket antyder ulik vedlikeholdstilnærming.

Vær oppmerksom på at en slik sammenligning ikke tar høyde for om kalibreringene er utført på FV eller KV.





**Figur 15 - Forholdet mellom antall feil registrert på PT tag og andel underkjente feltkalibreringer pr. anlegg (Kilde: CMX og SAP)**

I forhold til innhentet tallmateriale, fremstår fraværet av sammenhenger som noe uventet, dog ikke uforklarlig. Videre undersøkelser i form av samtaler med måleteknikere, gjennomsyn av styrende dokumentasjon, beste praksis rutiner og kalibreringsbevis, bekrefter et velkjent faktum av at både rapportering og gjennomføring av vedlikeholdsoppgaver praktiseres ulikt.

Måten målepersonell håndterer ikke-godkjente trykkalibreringer på varierer fra anlegg til anlegg, og ofte fra person til person. Under er noen av variantene gjengitt:

1. 0-punktsjustering benyttes og zero/span justering gjøres på enkelte systemer.
2. Utfører både 0-punktsjustering og zero/span justering, men sjekker kalibreringshistorikk for transmitterutvikling over tid.
3. Span justering utføres ikke, justerer 0-punkt 1 gang, deretter byttes transmitter
4. Justerer ikke, bytter.
5. Justerer kun 0-punkt.

Det kan være greit å poengtere at alle de ovennevnte metoder er tillat i henhold til dagens styrende dokumentasjon.

I tillegg er aktivitetsbeskrivelsen i SAP for gjennomføring av kalibreringssekvens nokså kortfattet (som vist under).

*Metode:*

1. Isoler instrumentet fra prosess
2. Drener/blø av innstengt prosesstrykk

3. Koble til trykk giver og referanseinstrument
4. Simuler og les av 5 trykk (Stigende og synkende) jevnt fordelt over bruksområdet.  
Trykket skal leses av på referansen og på datamaskinen.
5. Kontroller at avviket er mindre enn tillatt avviksgrense.

Heller ikke i kalibreringsprogrammet er dette utdypet ytterligere, noe som betyr at kontroll av forhold som påvirker usikkerheten i kalibreringen, eksempelvis pre-sjekk/stressing av instrument, stabilitetskrav under kalibrering, rengjøring av trykkinngang, avgjøres av den enkelte.

Vi ser tilsvarende mangler i R-11992 under *Krav til informasjon i kalibreringsbevis*, for eksempel er det ikke pålagt å notere at det utført justeringer på instrument eller om det er foretatt endringer i transmitteroppsett.

En annen sak som må bemerkes etter gjennomgang av kalibreringsbevisene i CMX databasen, er registreringen av gjentatte kalibreringer av samme instrument rett etter hverandre med sterkt divergerende resultat. Årsaken til dette kan selvfølgelig være en helt uforutsigbar transmitter, men det kan også tyde på at man ikke er helt fortrolig med verktøyet, eller ikke har utført nødvendige forberedelser, eller mislykkes med justeringer, eller prøver å gjennomføre en kalibrering under vanskelige forhold. Dette, sammen med en del tilbakemeldinger vi har fått fra plattformene gir oss en indikasjon på at det ligger et forbedringspotensial i opplæring og rutiner/prosedyrer.

En av forutsetningene for god driftsoppfølging er at alarmkonfigureringen i målesystemene er riktig med tanke på avviksgrenser mellom to parallelle trykkmålinger. Tilstandsbasert og kalenderbasert vedlikehold utgjør kjernen av det fiskale vedlikeholdet. Dersom man har et nøyaktig konfigurert målesystem og gode rutiner for tilstandsmonitorering, gir dette fleksibilitet opp mot kalenderbaserte vedlikeholdsintervall. Konsekvensene av upresis, eller mangel, på alarmkonfigurering er:

1. Ikke konfigurert
  - a. Tap av kontroll og risiko for skjulte feilmålinger
  - b. Stort tapspotensiale hvis akkumulert over tid
2. For vide grenser
  - a. Risiko for at målinger ligger i feil måleområdet over tid
  - b. Forsinket respons i forhold til tiltak
  - c. Krever mer ressurser for å korrigere feil i ettertid
3. For snevre grenser
  - a. Alarmstøy og «ulv, ulv» problematikk
  - b. Risiko for unødvendig vedlikehold
  - c. Stjeler fokus
  - d. Ressurs og kostnadskrevende

Erfaringer og tilsynsfunn tyder på at vi er ikke helt i mål når det gjelder alarmkonfigurering.

En annen forutsetning er at toleransegrensene og kalibreringsområdene for tag i CMX må være satt riktig i forhold til anleggssystemet de tilhører, og fortrinnsvis harmonere med alarmkonfigureringen i det fiskale kontrollsystemet under normal drift. Vi vet at enkelte kalibreringer i lavtrykksområdet er utfordrende å få godkjent med de toleransegrenser som ligger der i dag. Problemstillingen er to-delt;

1. Er grensene satt for snevert?
2. Er kalibreringsområdet definert rett med tanke på driftsparameterne?

Opgaven kommer ikke til å utrede dette videre, men konstaterer at det har en betydning for det totale vedlikeholdsbildet for trykktransmittere.

Sammenligner man bytte kontra kalibrering av trykktransmitter i et vedlikehold kostperspektiv, er det åpenbart rimeligere med feltkalibrering. Regnestykket er vist i Tabell 5 og er kalkulert ut fra 1 stk. trykktransmitter. Timeantall som er brukt for utførelse offshore er gjennomsnittet fra alle FV program i UPN hvor disse aktivitetene er implementert. Timer planlegging land er tilrettelegging av arbeidsordre frem til utførelse. Timer administrasjon land er saksbehandling av arbeidsordre i forsyningskjeden, herunder bestilling av kalibreringstjenester, opprette plukklister og logistikkbehandling. Timer lagertjeneste er den fysiske plukking og forflytning av instrumentet, både utgående og retur. Timeratene er omtrentlige, men gode nok til å synliggjøre gapet mellom de to metodene. Regnestykket for bytte er verifisert opp mot ferdigmeldte arbeidsordrer for anlegg 32 og 25. Oppstillingen er ved et beste fall scenario, med andre ord alt går som planlagt. Erfaringsmessig vet vi at dette ikke er tilfellet, og de ulike alternativene har sine individuelle risikoer (Tabell 6).

**Tabell 5 - Kostsammenligning mellom bytte til ny-kalibrert PT og kalibrering i felt (Kilde: SAP)**

Timerate offshore	1000			
Timerate onshore	600			
Kalibrering av 1 stk. PT	2256			
Beskrivelse	Bytte		Kalibrering	
	Antall	Kost	Antall	Kost
Timer utførelse offshore	3,1	kr 3 100,00	2,4	kr 2 400,00
Timer planlegging land	1	kr 600,00	0,5	kr 300,00
Timer administrasjon land	2	kr 1 200,00	0	kr -
Timer lagertjenester land	2	kr 1 200,00	0	kr -
Kalibreringstjenester	1	kr 2 256,00	0	kr -
Frakt	1	kr 500,00	0	kr -
SUM		kr 8 856,00		kr 2 700,00

**Tabell 6 - Oversikt risikoer knyttet til vedlikeholdsalternativer for trykktransmittere**

Risikoer forbundet med vedlikeholds alternativer for trykktransmittere	
Bytte til ny-kalibrert transmitter	Kalibrering av transmitter i felt
Feil i bestilling til kalibreringslaboratorium	Usikre kalibreringer på grunn av et ikke-kontrollerbart miljø
Feilplukking av transmitter på baselager	Justering av transmitter på feilt grunnlag
Forsinkelser hos leverandør	Feil/avvik på referanseinstrument
Forsinkelser ifm. transport	Feil valg av referanse i forhold til kalibreringsområdet
Feilmontering av ny transmitter i prosess -> lekkasje	Feil i kalibrerings programvare
Skade under transport	Feil registreringer i kalibrerings programvare
Feil hos leverandør	Feiljustering av transmitter

Hva er så argumentet for å velge bytte fremfor kalibrering når de i en vedlikeholds kontekst er likestilte, ikke har færre feil og det er en tydelig plan/kost risiko knyttet til levering (rett vare til rett tid) om en går for bytte?

Som svar på spørsmålet, så var vi tidligere inne på utfordringen med å få feltkalibreringer på lave trykk innenfor toleransegrense, og hentydet at grensene noen steder var satt for snevert. En annen mulighet er at grensene er korrekt, men at vi på grunn av omgivelsene og utstyr simpelthen ikke klarer å oppnå den grad av miljøkontroll man må ha for å gjennomføre en adekvat kalibrering. Eller, vi befinner oss i et høytrykksområde hvor det er svært krevende å oppnå en god nok trykkontroll med kalibreringsutstyret. Design kan også være medvirkende til at det er fordelaktig å velge bytte fremfor feltkalibrering.

Fra et måleteknisk ståsted, er det nyttig med to alternativer for vedlikeholds oppfølging av de fiskale trykktransmitterne, men det praktiseres av gamle sedvane som er enten bytte eller feltkalibrering for alle fiskale trykk tag på den enkelte installasjon. Tilnærmingen bør være å velge det mest gunstige alternativet for hver tag.

Et spørsmål som også er betimelig å stille, er hvorvidt ferdigkalibrerte trykktransmittere på lager skal ha en utløpsdato? Ut i fra et måleperspektiv er det ønskelig med «ferskest» mulig kalibrering på en transmitter som skal monteres på en målestasjon. Per i dag eksisterer det ingen krav til utløpsdato, så en transmitter kan i prinsippet lagres i årevis etter kalibrering hos godkjent kalibreringslaboratorium, før den tas i bruk på en målestasjon. Det er ikke funnet dokumentasjon på at transmittere lagret over flere år er satt i bruk på en målestasjon og i ettertid viser feil, men det har vært et fåtall tilfeller hvor slike transmittere ikke kunne benyttes på grunn av utdriftning av nullpunkt. I sum tyder det ikke på at vi har en økt risiko for målefeil, ettersom det er rutiner for å sjekke hvordan transmitterne presterer etter montering, men det er en mulighet for økte kostnader i forbindelse med re-planlegging og overflødig ressursbruk.

Innledningsvis fastslo vi at spesifikasjonene for trykktransmittere for de fiskale målestasjonene var beskrevet i målefilosofien for anlegget. Følgelig er det fritt for leverandør av målepakken å velge transmitter produsent så lenge det er innenfor de krav som er satt for leveransen. Av den grunn, ville det fra et vedlikeholds ståsted vært formålstjenlig å undersøke hvorvidt det er kvalitetsforskjeller mellom fabrikanter og modelltyper. Å samle modelldata for samtlige fiskale trykktransmittere, deretter gjøre knytninger mot tag blir for omfattende og tidkrevende. En noe enklere tilnærming er å utføre en sammenligning av fabrikant og kalibreringsresultater registrert i CMX (Tabell 8). Installasjoner hvor det er valgt å bytte transmittere fremfor å kalibrere i felt vil følgelig ikke være inkludert i underlagt, men det antas likevel å gi en rimelig representasjon av total bildet.

**Tabell 7 - Resultater feltkalibrering av trykktransmittere pr. fabrikant (Kilde: CMX)**

<b>Fabrikant</b>	<b>Antall kalibreringer</b>	<b>Antall ikke godkjente</b>	<b>Andel underkjente</b>
A	51	3	5,88 %
B	1053	139	13,20 %
C	37	6	16,22 %
D	27	13	48,15 %

Fabrikant B utgjør den desidert største andel av kalibreringene, hvilket er naturlig siden det disse som er benyttet på den store majoriteten (opp mot 90%) av målestasjonene. Statistisk gir dette oss større usikkerhet for de andre fabrikantene ettersom datamengden er vesentlig mindre. Vi skal ikke legge for mye i resultatene i tabell med tanke på de usikkerhetene som er redegjort for tidligere i dette kapitlet, men når vi sammenligner den relative andelen for

godkjente og ikke-godkjente kalibreringer, kommer Fabrikant A best ut mens Fabrikant D havner soleklart på bunn.

Gitt den store overvekten av Fabrikant B har det mer for seg å se på utviklingen av modelltypen<sup>7</sup>, og hva slags betydning dette har for kostnader og vedlikehold, enn å gjøre sammenligninger mot mindretallet av andre merker. Tabell 8 er en forenklet sammenstilling av informasjon hentet fra produktdatablad og leverandørinformasjon.

**Tabell 8 - Trykktransmitter modell sammenligning (Kilde: Datablad og leverandør informasjon)**

Spesifikasjon fra produktdatablad	Modell 1	Modell 2	
		X	Y
Stabilitet	10 år innen 0,2% av øvre grense (URL)	15 år	15 år
Referansenøyaktighet <sup>8</sup>	0,04%	0,035%	0,025%
Remote display mulighet (opsjon)	Nei	Ja	Ja
Avansert diagnostisering (opsjon)	Nei	Ja	Ja
Trådløs variant	Nei	Ja	Ja
Pris <sup>9</sup>		Ikke oppgitt	20% mer enn Modell 1

Det vesentlige er transmitternøyaktighet, stabilitet over tid og pris. Dernest har vi diverse muligheter innenfor oppfølging og installasjon.

Kjører vi en grovfiltrering av de 338 notifikasjonene som utgjør feil på transmitter (Figur 9), avsløres det at mesteparten av dem omhandler avvikende måle verdier, enten i forbindelse med kalibrering eller detektert via alarmering/driftsmonitorering. Er det da rimelig å anta at antall feil ville vært færre om transmitter stabiliteten hadde vært bedre? Det kan hende, men la oss gjøre en liten skrivebords øvelse. Tar vi et representativt utvalg på 100 korrektive arbeidsordrer generert fra de 338 feilnotifikasjonene, finner vi at gjennomsnittskostnad per AO er på rundt NOK 9 000,-. Basert på informasjon i Tabell 8 ville det utgjøre en merkostnad på NOK 200 000,- å kjøpe 100 Modell 2Y transmittere fremfor Modell 1. For at det skal kostnadmessig forsvares med hensyn til hyppighet av korrektivt vedlikehold ser vi i Figur 16 at over den 10-års perioden talldata er hentet fra, må antall feil reduseres med ca. 22%, eller sagt på en annen måte; Modell 2Y må minst være 22% bedre enn Modell 1.

**Tabell 9 - Resultater feltkalibrering av Modell 1 og 2 (Kilde: CMX)**

Modell	Antall kalibreringer	Antall ikke godkjente	Andel underkjente
1	617	72	11,67 %
2	162	19	11,73 %

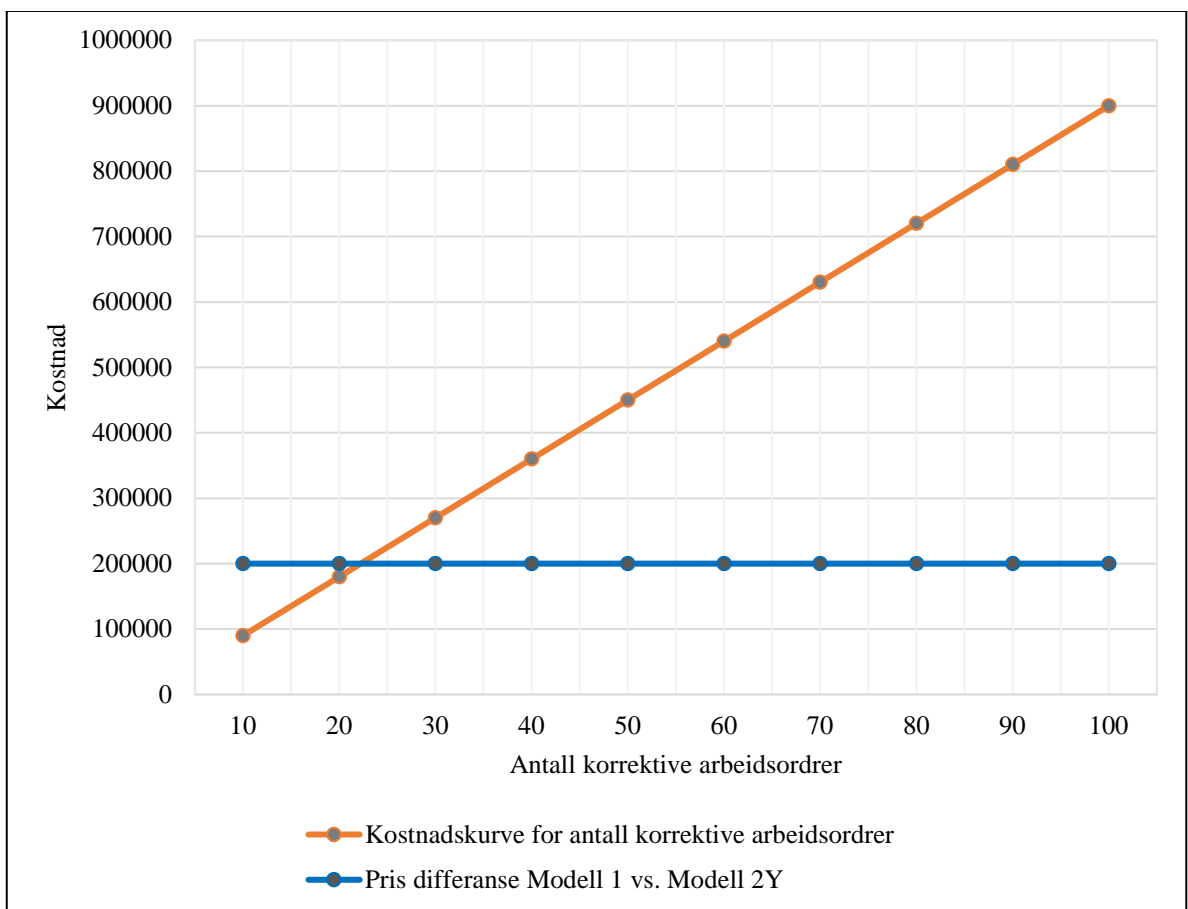
<sup>7</sup> Modellbetegnelse på den mest brukte trykktransmitteren fra Fabrikant B.

<sup>8</sup> Nøyaktighet varierer med valg av transmitter området.

<sup>9</sup> Pris oppgitt som typisk basismodell benyttet offshore.

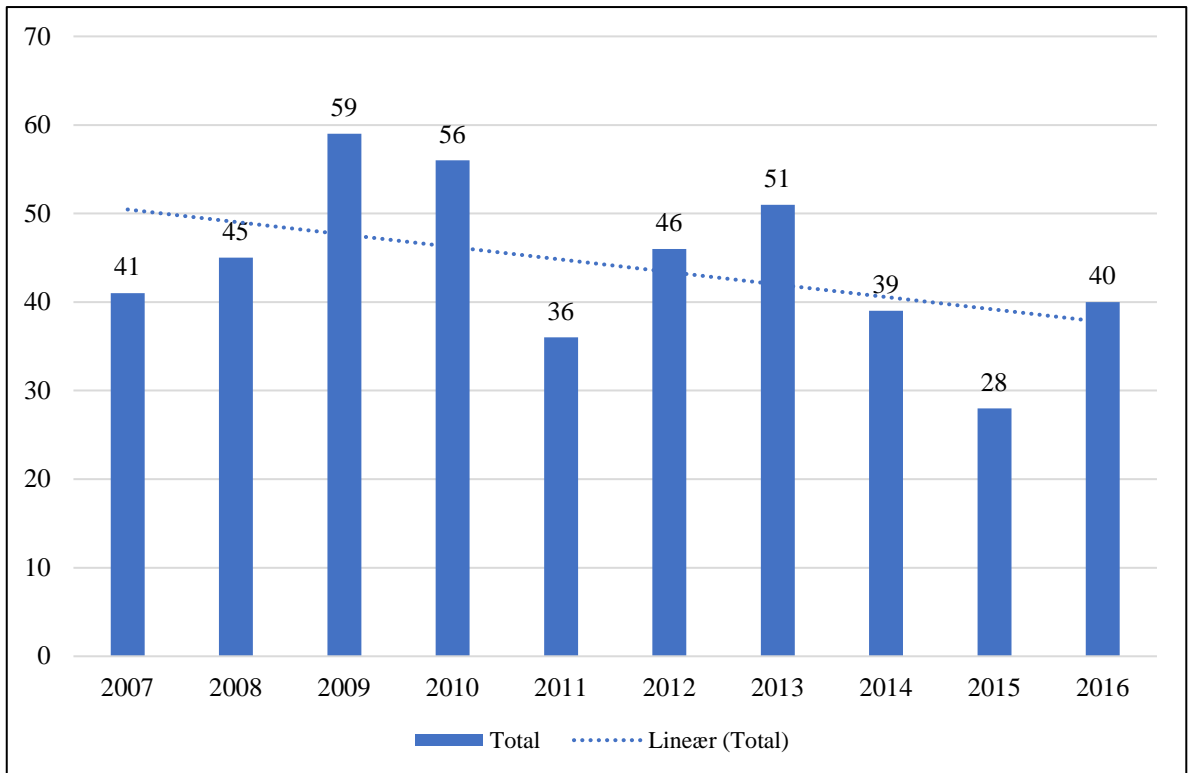
Hva så om vi tar ut kalibrerings data fra CMX og differensierer mellom Modell 1 og Modell 2Y (Tabell 9)? Overraskende nok viser kalibreringshistorikken at modellvalg ikke gir utslag på antall ikke-godkjente kalibreringer. Forutsatt at modellregistrering i CMX er korrekt, er det også som tidligere beskrevet en del usikkerheter rundt førstegangs «som funnet» kalibreringer, og en dypere analyse vil måtte være nødvendig for å avgjøre om det faktisk er signifikante gevinster å hente ved å velge Modell 2Y fremfor den tradisjonelle Modell 1. Et vesentlig poeng i en slik betraktning, er om vedlikeholdet i seg selv er en katalysator for mer vedlikehold på grunn av feil vedlikeholdsutførelse. Sagt på en annen måte vil enhver økning i driftspålitelighet redusere risiko for utilsiktet degradering i forbindelse med kalenderbasert vedlikehold, ettersom vedlikeholdsbehovet da går ned.

Pålitelighet er en nøkkelfaktor for livsløpskostnader, og for å treffe riktig beslutning i forhold til investeringskost og vedlikeholdskost er det nyttig å bruke erfaringstall fra eksisterende driftsenheter.



Figur 16 - Kost/Nytte analyse for 2 trykktransmitter modeller (Kilde: SAP og Tabell 8)

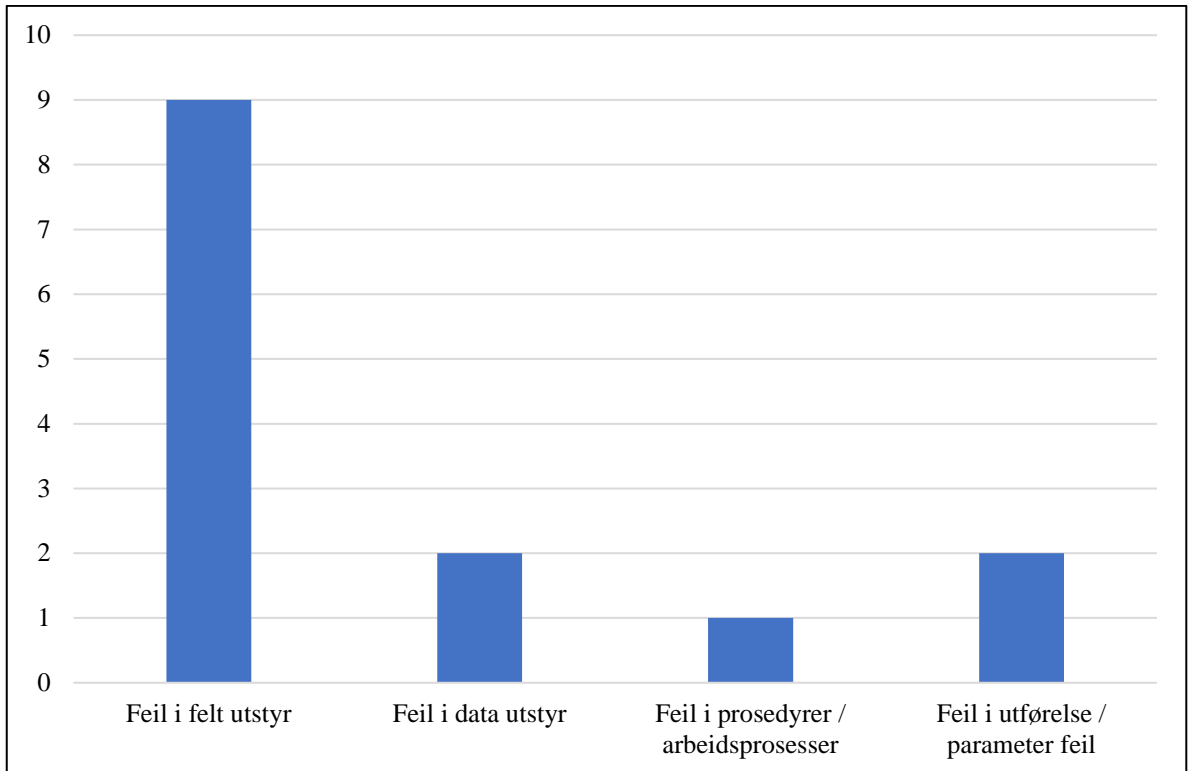
En interessant observasjon, er den nedadgående trenden på antall innmeldte feil mot trykk transmitter tag, i perioden 2007 - 2016 (Figur 17)<sup>10</sup>. Med tanke på at de nyeste installasjonene er utelatt fra dataunderlaget og instrumentparken foreldes, synes det som vedlikeholdet er under kontroll. Variasjonene år for år er likevel litt for ujevnt fordelt til å kategorisk slå fast at det har vært en varig nedgang. Balansen mellom korrektivt vedlikehold og plan/periodebasert vedlikehold virker å være relativt stabil, hvilket er positivt. Går vi mot null feil, kan det være en indikasjon på et for omfattende FV program som på sikt kan resultere i en økning av feil på grunn av ekstra komponentslitasje ved utførelse av vedlikeholdsaktiviteter.



**Figur 17 - Total antall rapporterte feil mot PT tag pr. år (Kilde: SAP)**

<sup>10</sup> Kun hele år, feilrapportering for 2017 ikke inkludert

Avslutningsvis er det hentet ut data fra SAP på hvor mange registrerte Y3 avvik (korreksjoner i produksjonstall og eventuelt tap) er relatert til trykkmåling i samme tidsrom. Figur 18 viser antall og kodifisering av disse. Et fiskalt avvik defineres som *målefeil, feil på utstyr eller svikt i rutiner som medfører avvik fra måleforskriften og/eller fiskal styrende dokumentasjon* (jf. selskapsinternt krav R-12014), men Y3 registreres også dersom vi under vedlikehold av fiskal instrumentering er tvunget til å ta dem ut av drift og dette medfører bortfall av måling i en tidsbegrenset periode. En Y3 notifikasjon opprettes også når det bare skal vurderes om korreksjoner er nødvendig, og i flere av notifikasjonene er det vurdert dithen at det ikke har vært aktuelt. Felles for alle Y3ene er at avvik i forbindelse med trykkmåling ikke har medført økonomisk tap.



**Figur 18 - Avvik registrert mot trykktransmitter tag (Kilde: SAP)**



### 3.1.2 Oppsummering

De forhold som er redegjort for i analysen, peker i retning av at vedlikehold og driftsoppfølging av fiskale trykktransmittere er godt ivaretatt, og at risikoen for udetekterte måleavvik over tid, med betydelig økonomisk tapspotensiale er liten. Valg av vedlikeholdsmetodikk (bytte/feltkalibrering) gir ikke nevneverdig utslag i så måte. Sett i lys av de funn som er gjort, gir ikke en økning av intervall opp mot maksimums grense forhøyet risiko for måleavvik så lenge alarmkonfigurering og rutiner for kontroll av tilstandsmonitorering er ivaretatt. Men, lokale påvirkninger (eksponering til vær, mediets beskaffenhet, design etc.) påvirker i enkelte tilfeller pålitelighet i så stor grad at instrumenteringen har behov for oppfølgingsaktiviteter som ikke er inkludert i konsept.

Kostnadmessig er bytte til nytt kalibrert instrument påviselig et dyrere alternativ enn å kalibrere i felt, i tillegg beheftet med ytterligere kostnads risk om det oppstår feil i forsyningskjeden. Likevel er dette fordelaktig på målepunkter hvor feltkalibrering gir for høy usikkerhet på grunn av kalibreringsområdet, miljø eller andre faktorer som vanskeliggjør bruk av denne metodikken.

Eksisterende maks intervall for dobbel instrumentering gir vesentlige besparelser i vedlikehold og kost kontra enkel instrumentering.

Kost/nytte forholdet ved å gå opp et kvalitetsnivå for trykktransmittere er utydelig. Ytterligere studie må gjennomføres, og det må defineres hvilken grad av forbedring som er forventet til hvilken pris en er villig til å betale for det.

I sum er det god kontroll på kostnad og risiko elementer knyttet til vedlikehold og driftsoppfølging av fiskale trykktransmitter, men det er også identifisert potensiale for forbedringer (Tabell 10).

**Tabell 10 - Identifiserte forbedringsområder for trykktransmitter vedlikehold**

Nr.	Beskrivelse	Årsak
1.	Ulik praksis for håndtering av ikke-godkjente kalibreringer.	- Mangel på prosedyre for justering
2.	Ulik praksis for dokumentasjon av relevant informasjon i egen produserte kalibreringsbevis	- Mangelfull aktivitetsbeskrivelse i konsept
3.	Feilbruk av kalibreringsreferanser og programvare	- Kompetanse -> manglende opplæring
4.	Ulike rapporteringsrutiner	- Mangelfullt krav - Mangelfull aktivitetsbeskrivelse i konsept
5.	For snevre toleransegrenser i kalibreringsprogramvare, CMX	- Manglende retningslinjer
6.	De to vedlikeholds metodene bytte transmitter og feltkalibrere praktiseres som enten/eller for den enkelte plattform	- Gammel sedvane
7.	Uppreis alarmkonfigurering	- Prosessvariasjoner - Oppfølging

## 3.2 Temperaturmåling

Det vanlige måleoppsettet for temperaturmålinger på fiskale målestasjoner er motstandselement (Pt-100) tilknyttet transmitter. Temperaturelementet skal være kalibrert hos et godkjent kalibreringslaboratorium, og elementets Callendar Van Dusen (CvD) konstanter fra kalibreringsbeviset skal anvendes i målesystemet for minimering av måleusikkerhet. Individuell kurvetilpasning i form av CvD konstanter er enten innlagt i temperaturtransmitter eller i strømnings datamaskin.

På samme måte som for trykkmåling, er det også for temperaturmåling mulig å velge mellom to ulike vedlikeholds metoder; kalibrering av temperaturtransmitter i felt (sløyfekontroll) sammen med bytte av temperaturelement, eller bytte til helt nytt sett, ferdig optimalisert og systemkalibrert fra et akkreditert kalibreringslaboratorium.

Tabell 11 illustrerer forskjellen i maksimumsintervall for vedlikeholdsaktiviteter mot temperaturtransmittere/element før og etter oppdatering av R-11992.

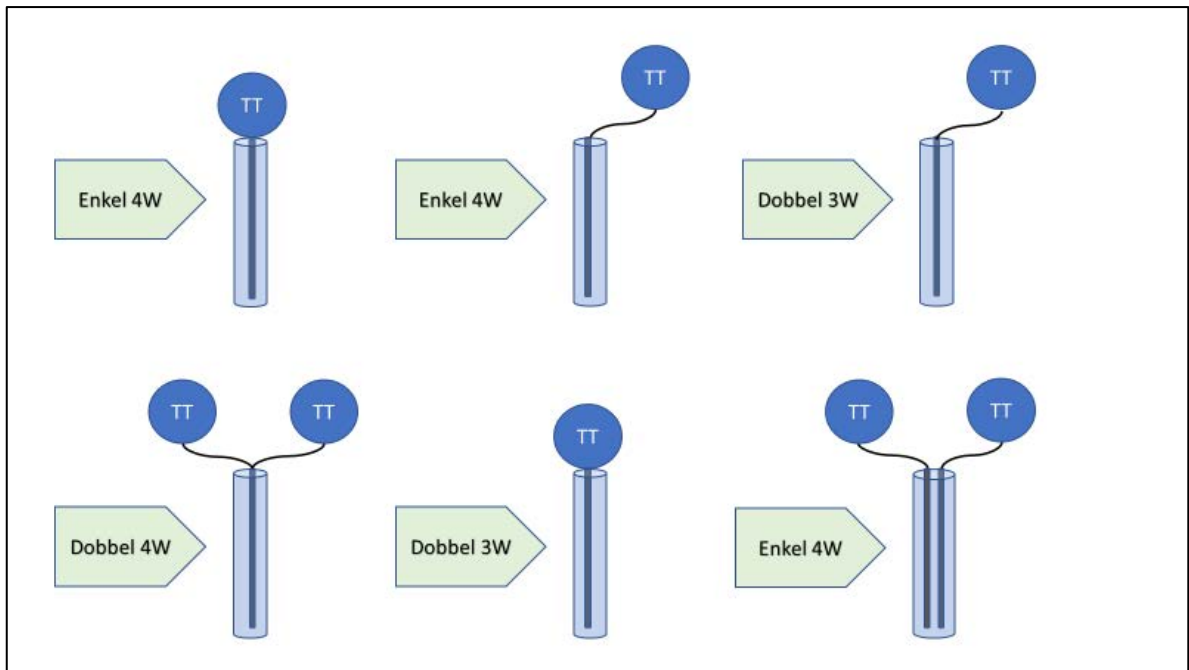
**Tabell 11 - Oversikt vedlikeholdsintervall TT og TE før og etter revisjon av R-11992 (Kilde: ARIS og Arbeidsdokument R-11992)**

Vedlikeholdsaktivitet	Max vedlikeholdsintervall (mnd) for individ før revidering		Max vedlikeholdsintervall (mnd) for individ etter revidering	
	Enkel instrumentering	Dobbel instrumentering	Enkel instrumentering	Dobbel instrumentering
<b>Kalibrering av TT med arbeidsnormal</b>	12	36	24	48
<b>Skifte av TE til nytt kalibrert element</b>	24	36	24	48
<b>Skifte transmitter og element til nytt kalibrert sett</b>	24	36	24	72
<b>Arbeidspunktkontroll<sup>11</sup></b>	6	36	6	36

I motsetning til trykkmåling eksisterer det for temperaturmåling forskjellige oppsett av sensorelement og transmitter (Figur 19). Hva som er dobbel instrumentering og hva som er enkel instrumentering har vært gjenstand for diskusjoner internt i det fiskale miljøet, og i siste utgave av R-11992 er det poengtert at *dobbelt temperaturelement er å betrakte som enkel instrumentering i forhold til valg av vedlikeholdskonsept*. Før dette var bruk av dobbelt temperaturelement å regne som dobbel instrumentering. Konsekvensen av denne endringen er en reduksjon av maksimums vedlikeholdsintervall fra 36 mnd. til 24 mnd. for de målepunkt som har en temperaturbrønn med dobbelt temperatur element. For orden skyld; et dobbelt temperaturelement er hvor en probe er innstøpt med to sensorelement. 3W og 4W henspiller på om elementet har 3 eller 4 ledere.

I Figur 19 ser en også at element og transmitter kan monteres enten sammenstilt (hodemontert), eller adskilt med kabel. Dette har ingenting å si for maksimums vedlikeholds intervall, men kan være en viktig faktor ved valg av vedlikeholdskonsept.

<sup>11</sup> For dobbel instrumentering er arbeidspunktkontroll kun pålagt hvor det er valgt bytte av helt sett



*Figur 19 - Instrumentoppsett temperatur transmitter/element (Kilde: Forfatters konstruksjon)*

Framgangsmåten for å finne ut om vedlikeholdet av temperaturtransmittere med tilhørende element er optimalisert i henhold til kriteriene angitt i kapittelet om oppgavens målsetning, er stort sett lik den som ble benyttet for trykkmåling, og beskrevet tidligere i kapittel 1.3. Måleprinsippet og oppsettet for temperaturmålinger kommer naturligvis med sine egne utfordringer og feilkilder.

**Tabell 12 - Vedlikeholdskonsepter for temperaturtransmittere og element (Kilde: Arbeidsdokument R-11992)**

	Max mnd	
<b>T11120 TT Dupl Calibr Fisc/Temp Transm Double instrum Calibration</b>		
10052 Kalibrering av TT med arb. Nor	48	
10053 Skifte av TE til nytt kalibrert element	48	
10009 Ex, nærvisuell kontroll	48	
10127 Ex, detaljert kontroll	48	
<b>T11121 TT Dupl Replac Fisc/ Temp Transm Double instrum Replace Fisca</b>		
10057 Skifte transmitter og element til nytt kalibrert sett	72 Note 4	
T11121-0003 Arbeidspunktskontroll av temperaturmåling	36	
10009 Ex, nærvisuell kontroll	48	
10127 Ex, detaljert kontroll	48	
<b>T11122 TT Singl Calibr Fisc/ Temp Transm Single instrum Calibration</b>		
10052 Kalibrering av TT med arb. Nor	24	
10053 Skifte av TE til nytt kalibrert element	24	
10054 Arb.p.k. av TT/TE ved ekstra TW		6
10055 Arb.p.k. av TT/TE vha termos		6
10056 Arb.p.k. av TT/TE ved dobbelt TE		6
10009 Ex, nærvisuell kontroll	48	
10127 Ex, detaljert kontroll	48	
<b>T11123 TT Singl Replac Fisc/Temp Transm Single instrum Replace</b>		
10054 Arb.p.k. av TT/TE ved ekstra TW		6
10055 Arb.p.k. av TT/TE vha termos		6
10056 Arb.p.k. av TT/TE ved dobbelt TE		6
10057 Skifte transmitter og element til nytt kalibrert sett	24 Note 4	
10009 Ex, nærvisuell kontroll	48	
10127 Ex, detaljert kontroll	48	

### 3.2.1 Analyse

Kildemateriale for analysene i dette kapittelet er data hentet fra SAP og CMX database.

Svikt hendelser og feiltilstander på utstyr rapporteres i SAP på et standardisert innmeldingsformat. En slik rapport, kalt notifikasjon, skal registreres på lavest mulig tag-nivå. Innvirkning av feil på utstyrets evne til å opprettholde krevd funksjon graderes enten som *død*, *alvorlig syk*, *uvel* eller *ingen feil – andre behov*. Ved innsamling og gjennomgang av kildematerialet, er notifikasjoner registrert med *ingen feil – andre behov* eller kansellert, fjernet fra underlag. Deretter er årsak til degradering eller bortfall av funksjon kategorisert i tre grupper. De tre gruppene er valgt ut i fra forfatters subjektive, erfaringsmessige vurdering av hva som er viktig å skille mellom i forbindelse med vedlikeholdsanalyse av temperaturtransmittere med tilhørende element. Notifikasjonene er kategorisert som følger grupper:

1. Tekniske feil  
Dette er forhold knyttet til svikt eller skade på transmitter, element, kabling, barrierer etc.
2. Feil i konfigurering  
Dette er forhold knyttet til uriktig oppsett av transmitter, strømningsdatamaskin eller kontrollsystem som resulterer i måleavvik, eksempelvis måleområdet, konstanter, alarmkonfigurering.
3. Feil og mangler rundt det fysiske instrumentoppsettet  
Dette er forhold som gir måleavvik på grunn av utilstrekkelig miljøkontroll eller feiltilpasninger av transmitter og/eller element. Typiske eksempler er dårlig isolering, feil lengde på temperaturelement og mangel på varmeledningsmedium i termolomme.

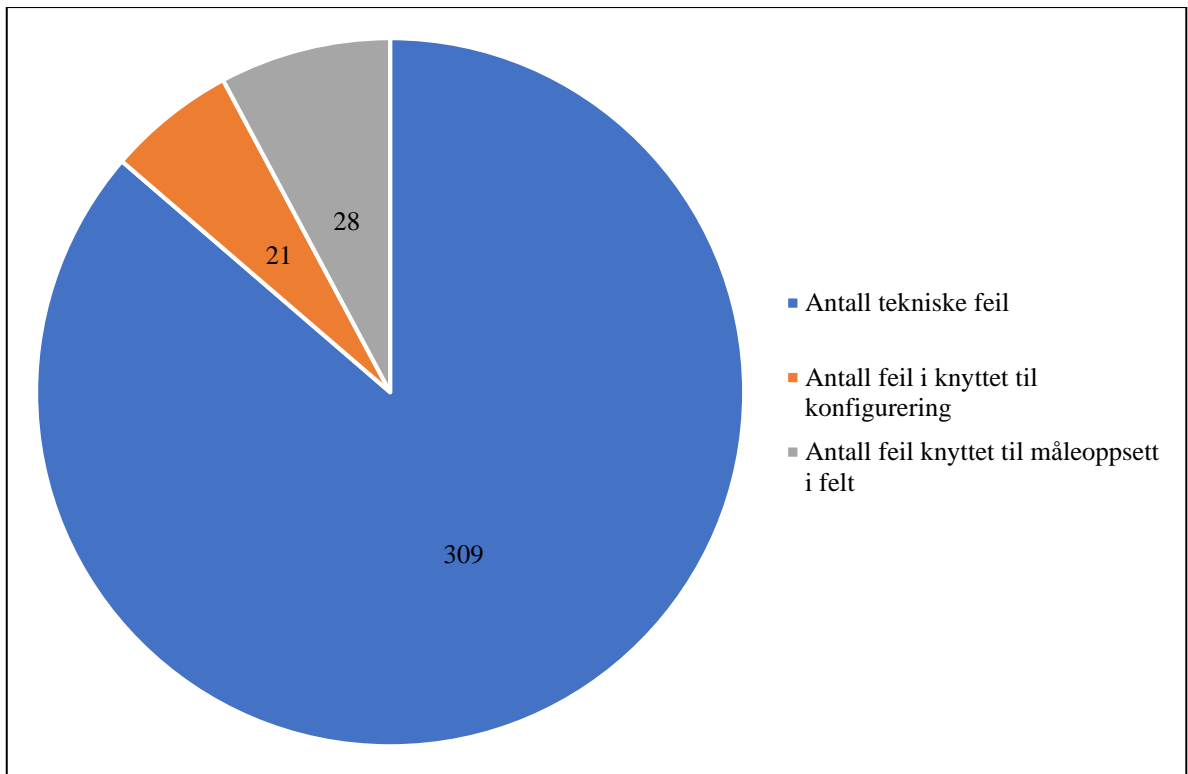
Sortering til de respektive kategorier er basert på manuell gjennomgang av notifikasjonene knyttet til fiskale trykktransmitter tag, og stammer altså ikke fra SAP.

I enkelte tilfeller har det vært nødvendig å kryssjekke innhold i notifikasjon med tilhørende arbeidsordre for å identifisere årsak til feil eller svikt.

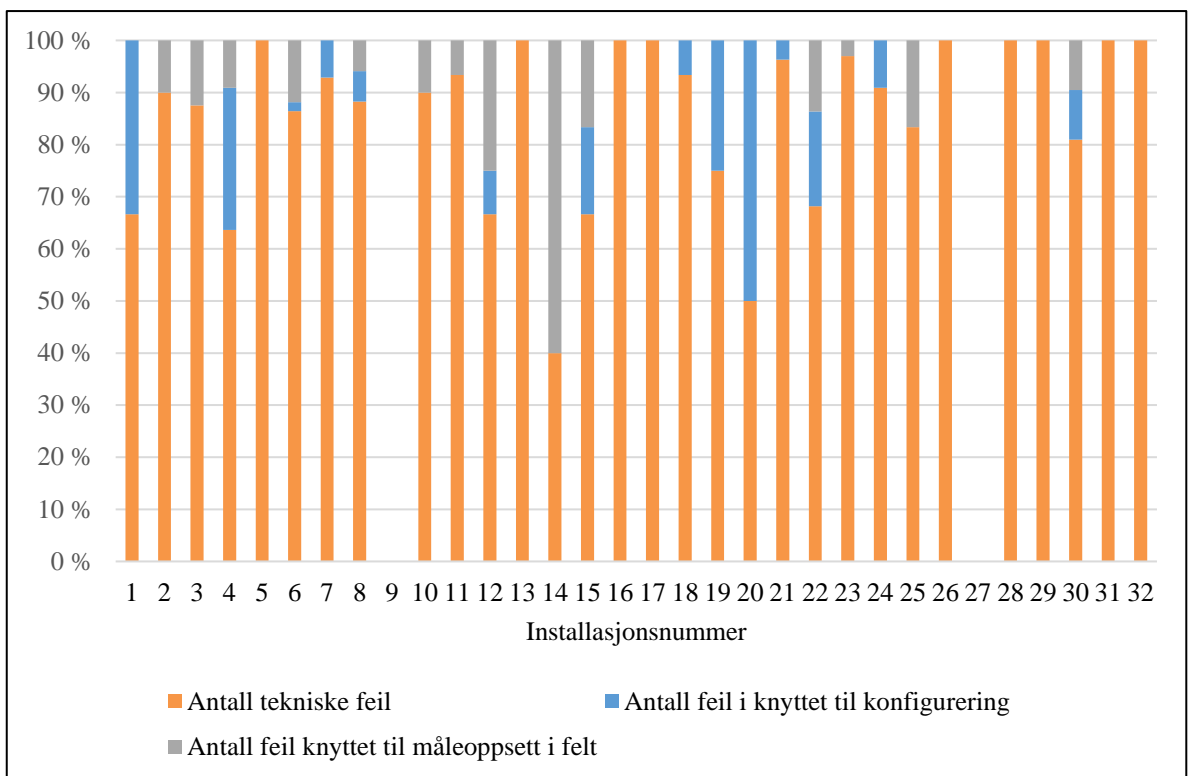
Totalt er det innhentet vedlikeholdshistorikk fra 32 anlegg i drift fra 01.01.2007 – 01.09.2017. Nyere produksjon og prosesserings anlegg satt i drift etter 2007 er utelatt. Dette utgjør 972 TT/TE tag, og antall notifikasjoner etter «vasking» teller 358.

Figur 20 gir en oversikt på hvordan disse notifikasjoner fordeler seg i de nevnte kategorier. På to av anleggene er det ikke

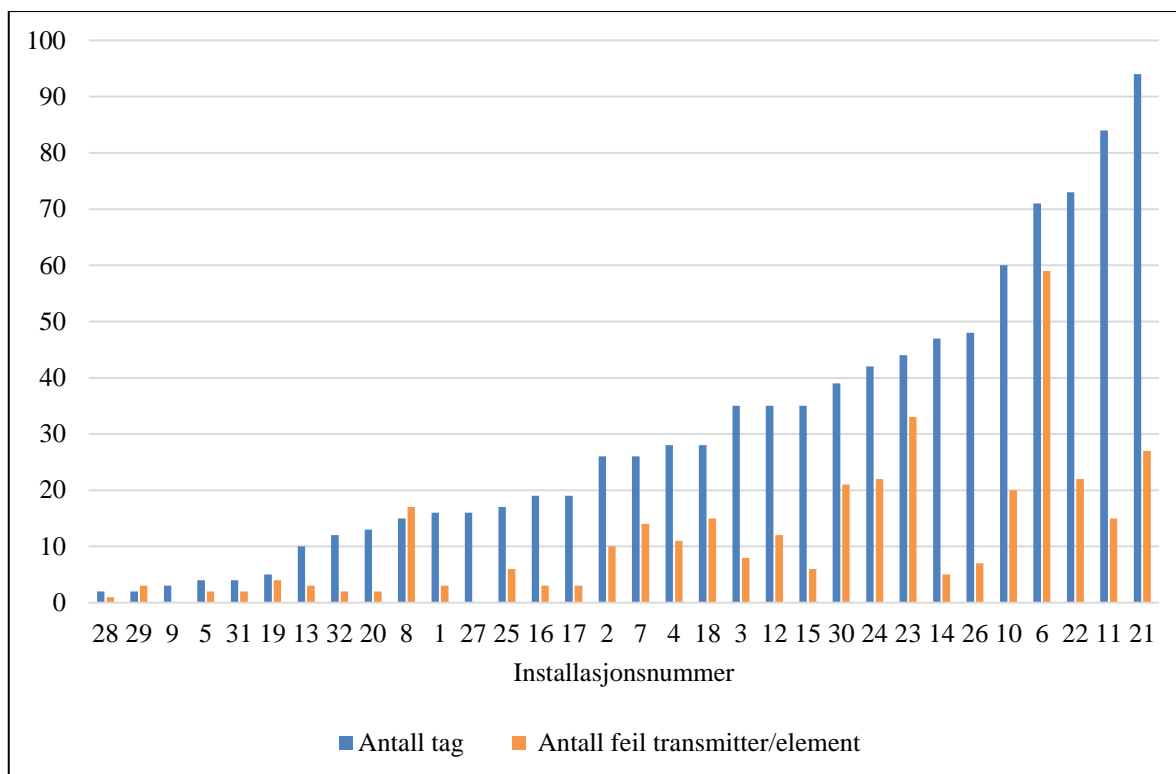
Figur 21 viser fordelingen av type feil pr. installasjon, mens Figur 22 er en oversikt på antall tag og antall feil pr. installasjon. Vi finner igjen mange av de samme observasjonene på temperatur som vi gjorde på trykk, og i likhet med analysen for trykktransmittere er det ingen klar sammenheng mellom antall tag og antall feil, eller på hvilken måte de fordeler seg innbyrdes pr. anlegg. Samlet sett ser det ut som antall feil er lavere enn for temperatur tag enn for trykk tag.



Figur 20 - Fordeling type feil innmeldt på temperaturtransmitter og element tag alle anlegg (Kilde: SAP)



Figur 21 - Relativ fordeling type feil registrert på TT/TE tag fordelt per anlegg (Kilde: SAP)

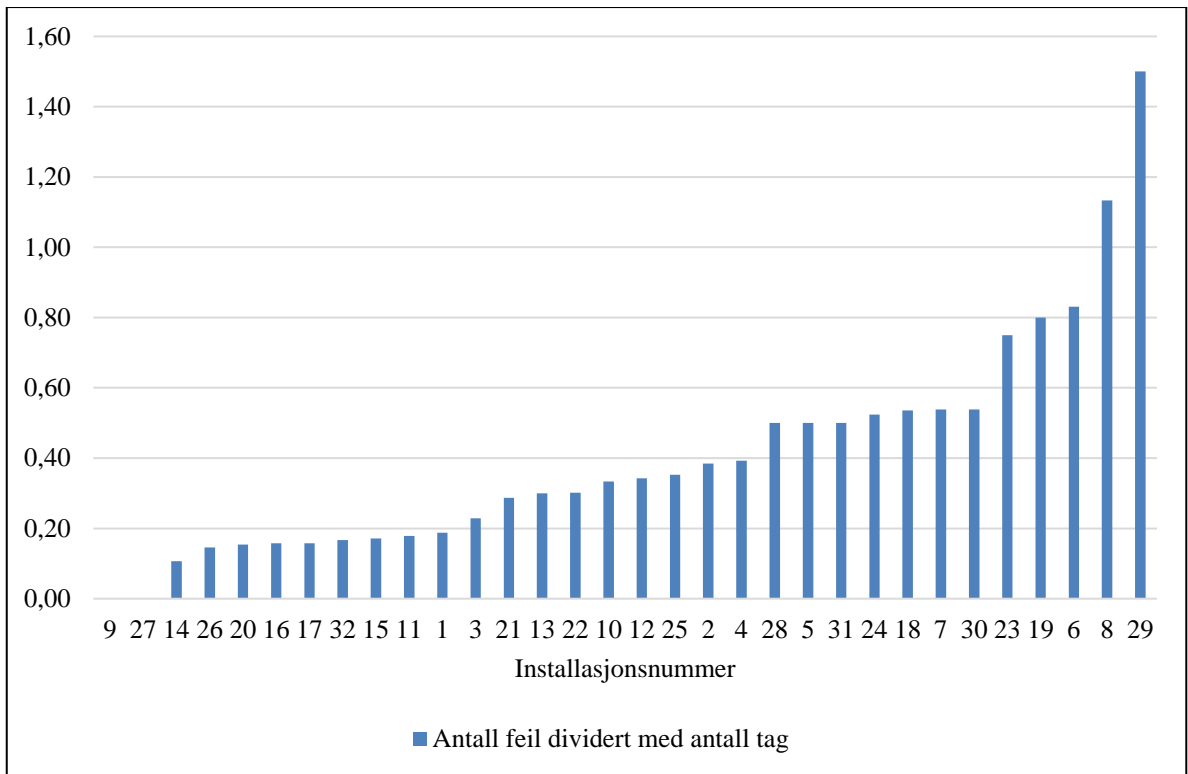


**Figur 22 - Forhold mellom antall feil og antall TT/TE tag fordelt pr. anlegg (Kilde: SAP)**

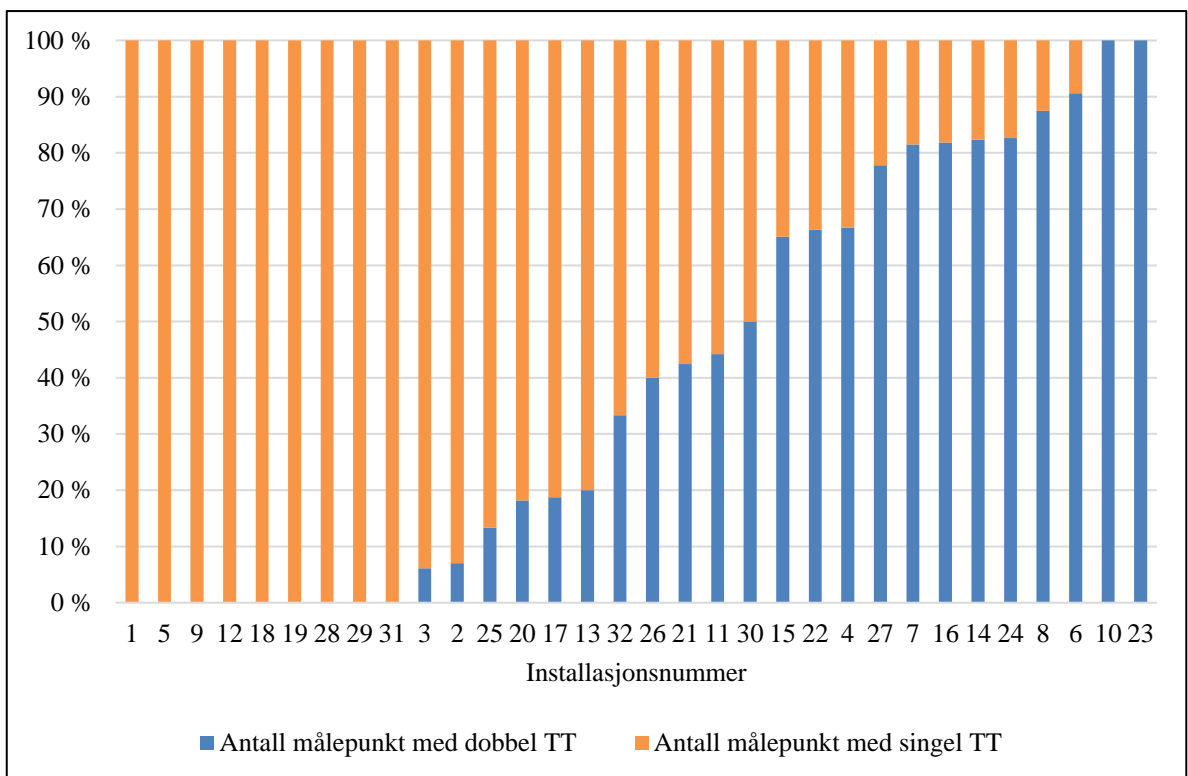
Samme type «plant score», (Figur 23) hvor summen av feil over 10 år er dividert med antall tag, er også laget for temperatur tag for å undersøke om de to vedlikeholdsmetodene gir forskjellig utslag på feilhistorikk.

Installasjon nr.20, 23, 25, 26, 27, 28, 29,30 og 32 har i perioden anvendt metoden med å bytte transmitter og element til et nykalibrert sett. Blant disse installasjonene finner vi både topp og bunn plassering, samt en jevn fordeling langs hele skalaen. Tilsvarende er tilfellet for installasjonene som praktiserer feltkalibrering av transmitter og bytte av element. Altså, ingen klare koplinger mellom feilfrekvens og type vedlikeholdsaktivitet. Betydning av benyttet vedlikeholdsintervall er en faktor som i dette tilfellet er vanskelig å bedømme på grunn av de ulike kombinasjonene av transmitter/element oppsett og vedlikeholdsaktiviteter.

Avgjørelsen om å betrakte dobbelt element som enkel instrumentering er utslagsgivende på fordelingen av dobbel og enkel instrumentering på noen anlegg, og kommer til å presentere et strengere kontrollregime for et vesentlig antall TT/TE tag. Figur 24 representerer situasjon etter denne innskjerpelsen.



Figur 23 - Antall feil pr. TT/TE tag for hvert anlegg (Kilde: SAP)



Figur 24 - Andel dobbel og enkel temperatur instrumentering pr. anlegg (Kilde: SAP)

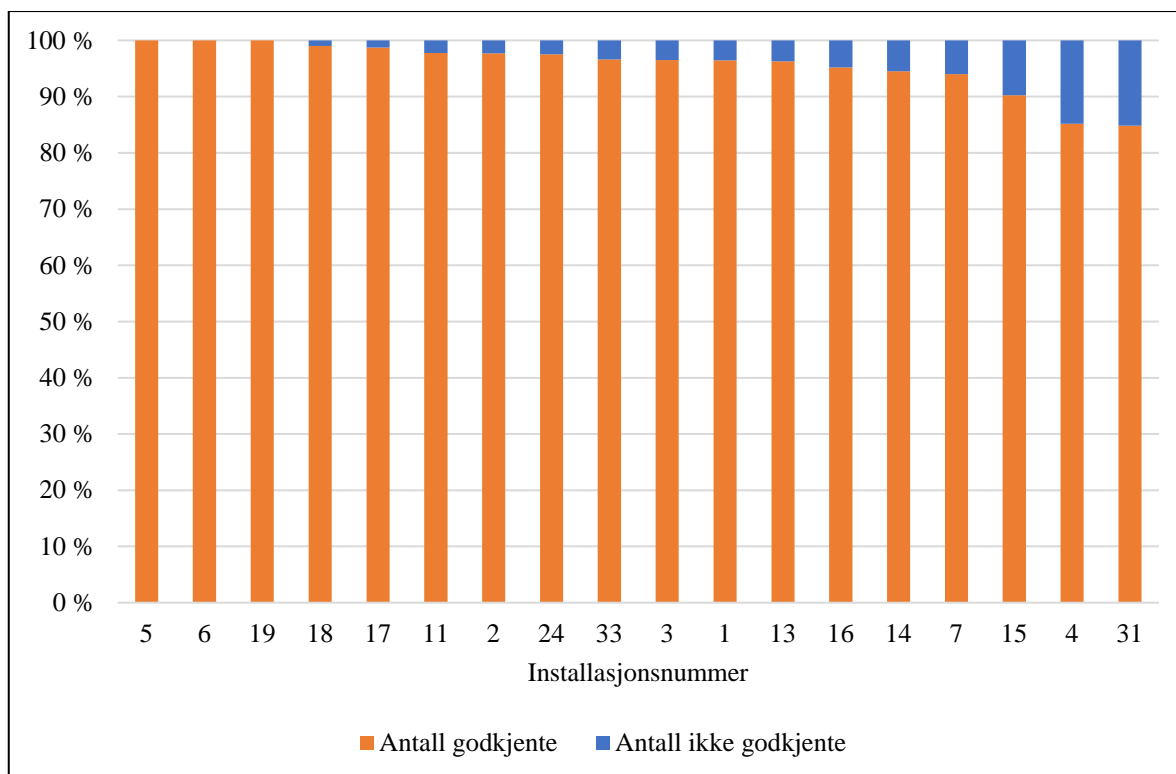


For å kunne mene noe mer om påliteligheten til temperaturtransmitterne og elementene, må vi samle data fra utførte feltkalibreringer av transmitter og arbeidspunktkontroller registrert i CMX. Arbeidspunktkontroller er sammenligninger enten mellom A og B instrument på samme målepunkt, eller mot et referanseinstrument med sporbar kalibrering. Kontrollen utføres på en måleverdi, representativt for driftsområdet. Se Tabell 12 for varianter av arbeidspunktkontroller. Ved kalibreringer sjekkes hele det oppsatte måleområdet for instrumentet mot ett eller flere referanseinstrumenter med sporbar kalibrering.

Resultater fra feltkalibreringer og arbeidspunktkontroller er presentert i Tabell 13, og forutsetningene for data uttrekk er identisk med det som er gjort for trykk kalibreringer. Av 1603 utførte kalibreringer og arbeidskontroller ble 62 underkjent, hvilket gir oss en feilprosent på 3,9 totalt. Installasjon 4 og 31 er de enhetene med flest antall ikke-godkjente kalibreringer i forhold til deres totale antall kalibreringer. Et nokså beskjedent antall kalibreringer/kontroller gir større usikkerhet i dataene. For anlegg 4 har vi ingen informasjon som forklarer årsak til hvorfor 4 av 27 feiler, men for anlegg 31 er det rapportert at 3 av de 5 underkjente skyldes feil i oppsatt måleområdet i strømningsdatamaskin. Dette er et godt eksempel på konsekvens av feilkonfigurering av måleoppsett, og hvordan det kan forbli udetektert fram til utførelsen av vedlikehold (mer om dette senere i kapittelet).

**Tabell 13 - Resultat av TT/TE feltkalibreringer pr. installasjon (Kilde: CMX)**

Installasjon nummer	Antall kalibreringer	Antall ikke godkjente	Andel underkjente	Første CMX kalibrering
5	4	0	0,0 %	2016
6	15	0	0,0 %	2016
19	44	0	0,0 %	2013
18	103	1	1,0 %	2013
17	158	2	1,3 %	2013
11	224	5	2,2 %	2014
2	175	4	2,3 %	2013
24	41	1	2,4 %	2014
33	59	2	3,4 %	2014
3	144	5	3,5 %	2013
1	113	4	3,5 %	2013
13	81	3	3,7 %	2013
16	83	4	4,8 %	2013
14	109	6	5,5 %	2014
7	67	4	6,0 %	2013
15	123	12	9,8 %	2013
4	27	4	14,8 %	2015
31	33	5	15,2 %	2014
<b>Totalt</b>	<b>1603</b>	<b>62</b>	<b>3,9 %</b>	



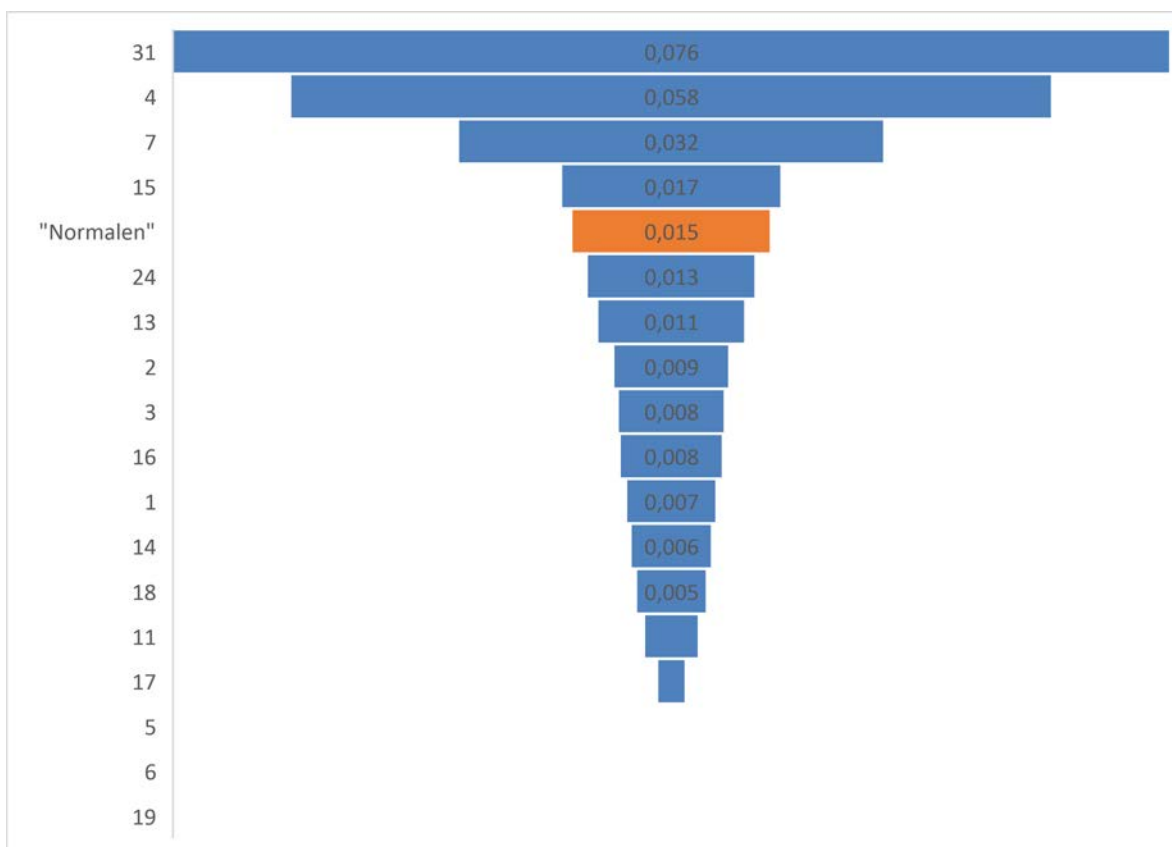
**Figur 25 - Andel godkjente og ikke-godkjente feltkalibreringer av temperaturtransmittere fordelt pr. installasjon (Kilde: CMX)**

Uten øvrige sammenligninger, er det verdt å merke seg at temperatur kalibreringer (transmitter kalibrering + arbeidspunktkontroller), har betydelig mindre andel underkjente kalibreringer enn trykk, 3,9% (Tabell 13) mot 14,3% (Tabell 4). Arbeidspunktkontroller er ikke med i underlaget for trykk, men om vi utelater dette fra temperatur også (Tabell 14), gir ikke dette ender vi opp med samme resultat. Gjennomsnittet for antall feil per tag, for installasjonene som inngår i analysen er henholdsvis 0,56 for trykktag og 0,41 for temperaturtag. Sannsynligheten for at det inntreffer en avvikstilstand er altså større for trykkmålinger enn temperaturmålinger.

**Tabell 14 - Resultat oversikt type kalibrering TT/TE (Kilde: CMX)**

	Kalibrering temperatur transmitter	Arbeidspunkt kontroll dobbel TE	Arbeidspunkt kontroll termossjekk
Antall kalibreringer	1271	75	257
Antall ikke godkjente	50	4	8
Andel underkjente	3,9 %	5,3 %	3,1 %

Med referanse til kapittel 3.1.1 side 41 er det gjort tilsvarende analyse for temperatur (Figur 26), men med data fra Figur 23 og Tabell 13. Installasjonene 5, 6 og 19 er ikke registrert med underkjente kalibreringer i CMX, og vil følgelig «score» null. I sum for disse tre anleggene er det kun utført 63 kalibreringer, så de utgjør i underkant av 4% av det samlede antall kalibreringer på 1603.



**Figur 26 - Forholdet mellom antall feil registrert på TT/TE tag og andel underkjente feltkalibreringer pr. anlegg (Kilde: CMX og SAP)**

Selv om differansen fra bunn til topp er 0,076 ( $0,076 - 0$ ), er det betydelig mindre enn for trykktransmittere som har 0,198 ( $0,203 - 0,005$ ). Dette tyder på en bedre ensretting av vedlikeholdsutførelsen, men vi berører likefullt noen av de samme problemstillingene som ble redegjort for i kapittelet om trykkinstrumentering, blant annet:

- Ulik praksis for håndtering av ikke-godkjente kalibreringer.
- Ulik praksis for dokumentasjon av relevant informasjon i egen produserte kalibreringsbevis
- Feilbruk av kalibreringsreferanser og programvare
- Ulike rapporteringsrutiner
- Uppresis alarmkonfigurering

Det er ikke nødvendig å gå i detalj på punktene over i dette kapittelet ettersom de allerede har vært adressert, men for å ytterligere belyse status for drifts og vedlikeholdsoppfølging må vi se nærmere årsakene til feil og svikt i temperaturmålingene.

I begynnelsen av kapittelet ble det gjort en gruppering av rapporterte feil på TT og TE. De tre kategoriene var tekniske feil, feil knyttet til konfigurering og feil knyttet til måleoppsettet i felt.

Gjennomgang av notifikasjon, arbeidsordre og teknisk tilbakemelding avslører flere årsaker til feilmålinger eller fravær av målinger.

**Tabell 15 - Årsak til feilmålinger eller fravær av temperaturmålinger (Kilde: Tolkning av data i SAP)**

Årsak til feilmålinger eller fravær av temperaturmålinger		
Kategori	Hendelse	Årsak
Tekniske feil	Skade på element probe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vibrasjoner</li> <li>- Feilhåndtering ifm. vedlikehold</li> <li>- Mekanisk sveising</li> <li>- Dårlig kvalitet</li> </ul>
	Skade på element ledere	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Feilmontering</li> <li>- Slitasje ved gjenbruk (rekalibreringer)</li> </ul>
	Løse tilkoplingsskruer på ledere	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Slurvete håndverk</li> <li>- Korrosjon</li> <li>- Slitasje</li> </ul>
	Skade på transmitter kabel/koplinger	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Feilmontering</li> <li>- Slitasje ifm. vedlikehold</li> <li>- Ytre påvirkning (vær, utilsiktet skade ifm. vedlikehold av nærliggende utstyr etc.)</li> </ul>
	Fuktighet/vanninntrenging i transmitter	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Degraderte tetninger (lokk, koplinger, kabelterminering)</li> <li>- Slurvete håndverk ifm. vedlikehold eller ny-monteringer</li> <li>- Ytre påvirkninger</li> </ul>
	Barriere feil/svikt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dårlig kvalitet</li> <li>- Feil type</li> <li>- Feilmontering</li> </ul>
	Elektronikkfeil i transmitter	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produksjonsfeil</li> <li>- Vibrasjoner</li> <li>- Strømutfall</li> </ul>
Konfigurerings feil	Alarm på måleavvik på grunn av ulike settinger i transmittere på samme målepunkt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avvik i dokumentasjon</li> <li>- Dårlig håndverk</li> <li>- Manglende kunnskap/kompetanse</li> </ul>
	Måleavvik på grunn av feilplotting av CvD konstanter i transmitter eller flowcomputer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dårlig håndverk</li> <li>- Manglende kunnskap/kompetanse</li> </ul>
	Måleavvik på grunn av mismatch i oppsatt måleområdet mellom transmitter og flowcomputer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avvik i dokumentasjon</li> <li>- Dårlig håndverk</li> <li>- Manglende kunnskap/kompetanse</li> </ul>
	Brudd eller irregulariteter i signalkommunikasjon på grunn av feiladressering av målesignal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avvik i dokumentasjon</li> <li>- Dårlig håndverk</li> <li>- Manglende kunnskap/kompetanse</li> </ul>
Feil på oppsett i felt	Manglende eller feil isolering av instrumentering	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utfordringer ifm. vedlikehold</li> <li>- Manglende kunnskap/kompetanse</li> </ul>

	Feil lengde på element i forhold til termobrønn	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utfordringer ifm. vedlikehold</li> <li>- Manglende kunnskap/kompetanse</li> <li>- Avvik i dokumentasjon</li> </ul>
	Ingen varmelednings medium i termobrønn	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utfordringer ifm. vedlikehold</li> <li>- Manglende kunnskap/kompetanse</li> </ul>

Flere av hendelsene listet i Tabell 16 er risikoer forbundet med vedlikeholdsaktiviteter på temperaturtransmitterne eller elementene. I så måte er det interessant å undersøke hvilke risikoer som er knyttet til hver av de to vedlikeholdsmetodene en kan velge mellom for temperatur instrumentering. Før en opplisting av risikoer, vil det være hensiktsmessig å vite hva disse aktivitetene inneholder.

#### Kalibrering av TT med arbeidsnormal i kombinasjon med bytte av temperaturelement

Kalibrering av temperaturtransmitter med arbeidsnormal er når et testinstrument med gyldig sporbar kalibrering benyttes til å simulere ohm verdier oppgitt i elementets kalibreringsbevis inn på transmitter. Avhengig av oppsett leses ut verdi fra transmitter eller andre brukergrensesnitt i målesystemet. Eksisterende temperatur element frakoples transmitter og erstattes med et nytt. Det nye elementet skal ha et kalibreringsbevis fra et akkreditert kalibreringslaboratorium.

#### Skifte transmitter/element til nytt kalibrert sett

Metoden går ut på at temperaturtransmitter og element er kalibrert sammen som et system hos et godkjent kalibreringslaboratorium. Først blir temperaturelement kalibrert for seg selv, deretter monteres transmitter og element sammen, CvD konstantene plottes inn i transmitter, systemet optimaliseres mot laboratoriets referanser og til slutt kjøres en systemkalibrering. TT og TE sendes så sammenstilt til installasjon hvor det erstatter settet som står montert på målestasjon.

**Tabell 16 - Risikoer knyttet til vedlikeholdsalternativene for temperatur instrumentering**

<b>Risikoer forbundet med vedlikeholds alternativene for temperaturtransmittere og element</b>	
<b>Skifte transmitter/element til nytt kalibrert sett</b>	<b>Kalibrering av TT med arbeidsnormal i kombinasjon med bytte av temperaturelement</b>
Feil i bestilling til kalibreringslaboratorium	Slitasje/skader på transmitter og element på grunn av montering og remontering av element.
Feilplukking av element og transmittere som skal sendes til kalibrering	Feilplotting av CvD konstanter i transmitter eller målesystem
Forsinkelser hos leverandør	Feil/avvik på referanseinstrument
Forsinkelser ifm. transport	Feilplukking av element som skal sendes til kalibrering
Skade på element og/eller transmitter under transport	Feil i kalibrerings programvare
Feil hos leverandør	Feil registreringer i kalibrerings programvare
Slitasje/skade på kabler og Ex nipler	Feil i bestilling til kalibreringslaboratorium
	Forsinkelser hos leverandør
	Forsinkelser ifm. transport
	Skade på element under transport
	Slitasje/skade på kabler og Ex nipler
	Feil hos leverandør

Som vi ser i Tabell 16, har vi noen flere risiker å mitigere ved valg av kalibrering av temperaturtransmitter med arbeidsnormal i kombinasjon med bytte av element, enn med bytte av helt sett. Dette er nokså innlysende med tanke på at vi med denne metoden anvender både feltkalibrering og bytte. Risikoene treffer oss på forskjellige steder i arbeidsprosessen, og konsekvensene er ulike. Fra et fiskalt perspektiv vil det frem til selve utførelsen av vedlikeholdet være en begrenset økonomisk risk knyttet til aktiviteter i forsyningskjeden, men i det arbeidet igangsettes på anlegget foreligger det risk potensiale innenfor HMS og kost dersom det begås feil i vedlikehold utøvelsen.

Ut i fra dette fremstår skifte av transmitter og element til nytt kalibrert sett gjerne som et foretrukket valg. Ikke fullt så enkelt, dessverre. Dersom vi minnes Figur 19, diverse alternativer for transmitter og element oppsett, kunne vi ha en løsning hvor transmitter og element ikke er montert direkte sammen, men ha en kabeltilkobling som gjør at transmitter kan stå et helt annet sted enn i umiddelbar nærhet til element. I slike tilfeller vil det være upraktisk, og under visse forutsetninger ikke tilrådelig, å demontere både transmitter og element for så å sende dem til kalibrering. En av utfordringene da vil være å kompensere for det usikkerhetsbidraget kabellengde mellom transmitter og element utgjør, spesielt ved kalibrering av 3-leder elementer. Et annet aspekt ved innsending av transmitter og element for systemkalibrering, er muligheten for sammenblanding av transmitter og element oppsett når et større antall sendes samlet leverandør. Likevel, rent måleteknisk er den store fordelene med å bytte til ny-kalibrert sett at transmitter og element sammenstilles, optimaliseres og kalibreres som et system i klimakontrollerte omgivelser og med en lav grad av usikkerhet som er umulig å oppnå med den andre metoden. Dessuten elimineres risikoen med feilplotting av CvD konstanter i transmitter da evt. feil avdekkes i forbindelse med systemkalibrering.

Det er altså fordeler og ulemper med begge metodene, men hvordan står de seg mot hverandre med tanke på vedlikeholdskostnader? I Tabell 17 er det satt opp et regnestykke under de samme forutsetninger som for trykk i kapittel 3.1.1 side 44. Når det gjelder lagring av instrumenter, er det to muligheter; på installasjonen eller på baselager land. Hvorvidt en velger å lagre instrumentene det ene eller andre stedet er i denne sammenheng irrelevant. Begge metoder innebærer bruk av forsyningskjeden.

Totalt sett er det marginale forskjeller i kostnader mellom de to vedlikeholdsmetodene. Med en så liten differanse, kan anleggsspesifikke forhold som design, plassering og tilkomst like godt medføre at rimeligste alternativ blir det dyreste fordi det vil ta lengre tid å gjennomføre vedlikeholdsoppgaven. Kost bidraget pr. utførelse er altså ikke en signifikant faktor ved valg av vedlikeholdskonsept for fiskal temperatur instrumentering. Akkumulert over tid vil det likevel være kostbesparende å velge bytte av komplett sett fremfor feltkalibrering av TT og bytte av TE for målepunkt med duplisert instrumentering, fordi intervallene på individnivå er henholdsvis 72 og 48 mnd. (Tabell 12).

**Tabell 17 - Kostsammenligning mellom bytte til ny-kalibrert TT/TE og kalibrering av TE i felt inkl. bytte av TE (Kilde: SAP)**

Timerate offshore	1000			
Timerate onshore	600			
Kalibrering av 1 stk. TT og TE som system	3290			
Kalibrering av 1 stk. TE	1670			
Beskrivelse	Bytte		Kalibrering	
	Antall	Kost	Antall	Kost
Timer utførelse offshore	2,44	kr 2 440,00	3,47	kr 3 470,00
Timer planlegging land	1	kr 600,00	1	kr 600,00
Timer administrasjon land	2	kr 1 200,00	2	kr 1 200,00
Timer lagertjenester land	2	kr 1 200,00	2	kr 1 200,00
Kalibreringstjenester	1	kr 3 290,00	1	kr 1 670,00
Frakt	1	kr 500,00	1	kr 500,00
<b>SUM</b>		<b>kr 9 230,00</b>		<b>kr 8 640,00</b>

Er fabrikant og modelltyper et tema av interesse når det gjelder temperaturtransmittere? Gjennomgang av transmitter registreringer i CMX viser at det i hovedsak er benyttet to modeller fra samme fabrikant. En kvalitetssammenligning basert på produsent er derfor av liten relevans.

En sammenligning mellom godkjente og ikke-godkjente kalibreringer for de to modell typene (Tabell 18), viser at det er marginal forskjell i andel underkjente felt kalibreringer av transmitter. Modelltype later til å ha liten betydning for måling av signalinput, dog er det viktig å understreke at tallmaterialet strekker seg fra og med 2013 til og med 2017, og at det er flere årsaker til at en kalibrering blir registrert som ikke-godkjent, for eksempel:

- Feilplotting
- Konfigureringsfeil
- Feil i kalibreringsoppsett
- Ustabil transmitter
- Feil i avlesning
- Feil på referanseutstyr

I og med at det ikke foreligger tilstrekkelig individ informasjon på transmitterne, kan vi ikke utelukke at det er forskjell i transmitterstabilitet over tid mellom de to modellene. Om så er tilfellet, er det likevel andre årsaker (Tabell 16) som bidrar i større grad til målepåliteligheten for temperatur enn mindre kvalitetsforskjeller mellom de innmonterte transmitter modellene.

**Tabell 18 - Resultater feltkalibrering av TT Modell 1 og 2 (Kilde: CMX)**

Modell	Antall kalibreringer	Antall ikke godkjente	Andel ikke godkjente
1	184	7	3,8 %
2	566	23	4,1 %

Hvor ofte inntreffer så hendelsene i Tabell 16? Vel, kildematerialet benyttet i denne oppgaven er 358 notifikasjoner på 972 TT/TE tag fordelt på 32 anlegg i drift over 10 år. Kategorisering av feil er vist i Figur 20, og antall feil pr. tag over 10 år er da gitt som:

Tekniske feil: antall feil dividert med antall tag =  $309/972 = 0,32$  feil pr. tag  
 Konfigureringsfeil: antall feil dividert med antall tag =  $21/972 = 0,02$  feil pr. tag  
 Feil i feltoppsett: antall feil dividert med antall tag =  $28/972 = 0,03$  feil pr. tag  
 Totalt: antall feil dividert med antall tag =  $358/972 = 0,36 = 0,37$  feil pr. tag

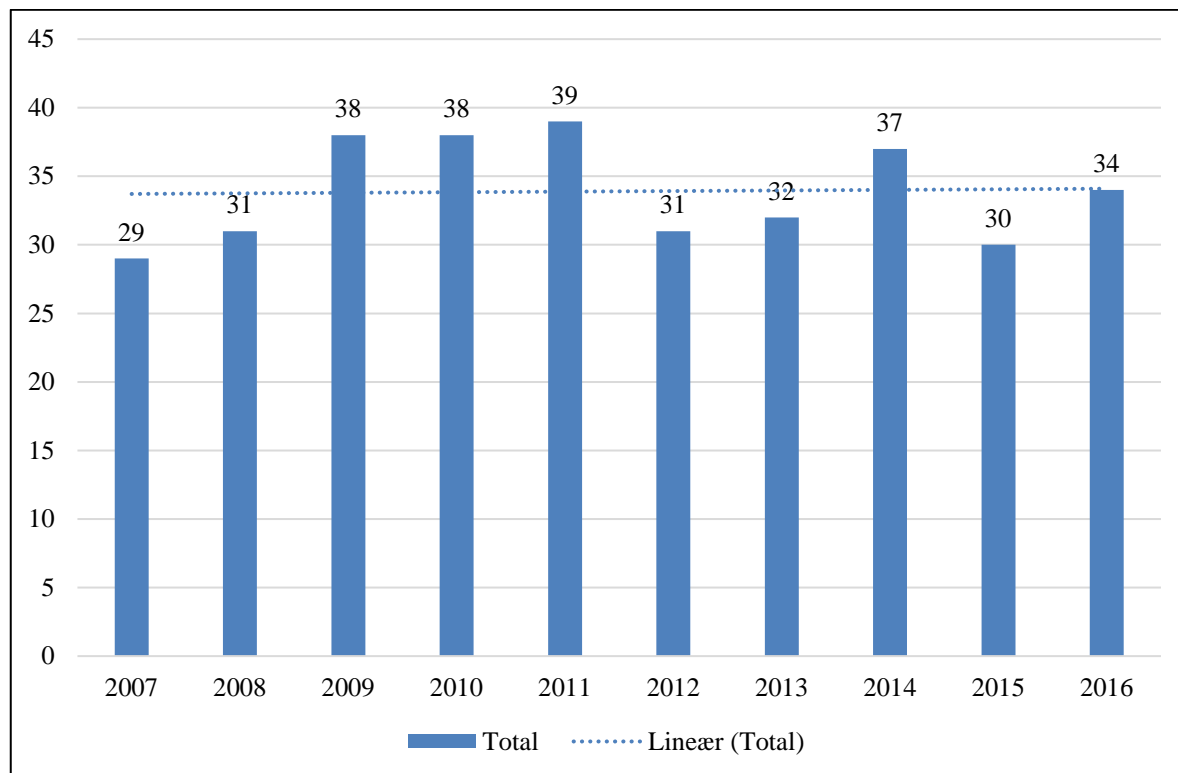
Innfor det identifiserte risikobildet er antall inntrufne feil pr. tag over angitt periode tilsynelatende lavt. Flere av de rapporterte feilene er også tilstander som burde vært unngått, og som med enkle tiltak kan forebygges. Særlig interessant er tilfellene hvor det er indikasjoner på at forebyggende vedlikeholdsaktiviteter er medvirkende årsak til påfølgende feildetekesjoner. Trender vi årlig rapportering av feil for de samme 10 år, er den helt flat (Figur 27)<sup>12</sup>. Sammen med den lave feilprosenten for feltkalibreringer og arbeidspunktkontroller (Tabell 14), kan det være et tegn på at «skruvedlikeholdet» frem til nå har hatt for hyppige intervaller.

På den andre siden øyner vi konturene av et kvalitetsproblem forbundet med Pt-100 elementene. Over tid utsettes elementene for prosess og vedlikeholds påkjenninger som forårsaker endringer i ledningsevne og/eller fysiske defekter. Kostnadene forbundet med

<sup>12</sup> Kun hele år, feilrapportering for 2017 ikke inkludert



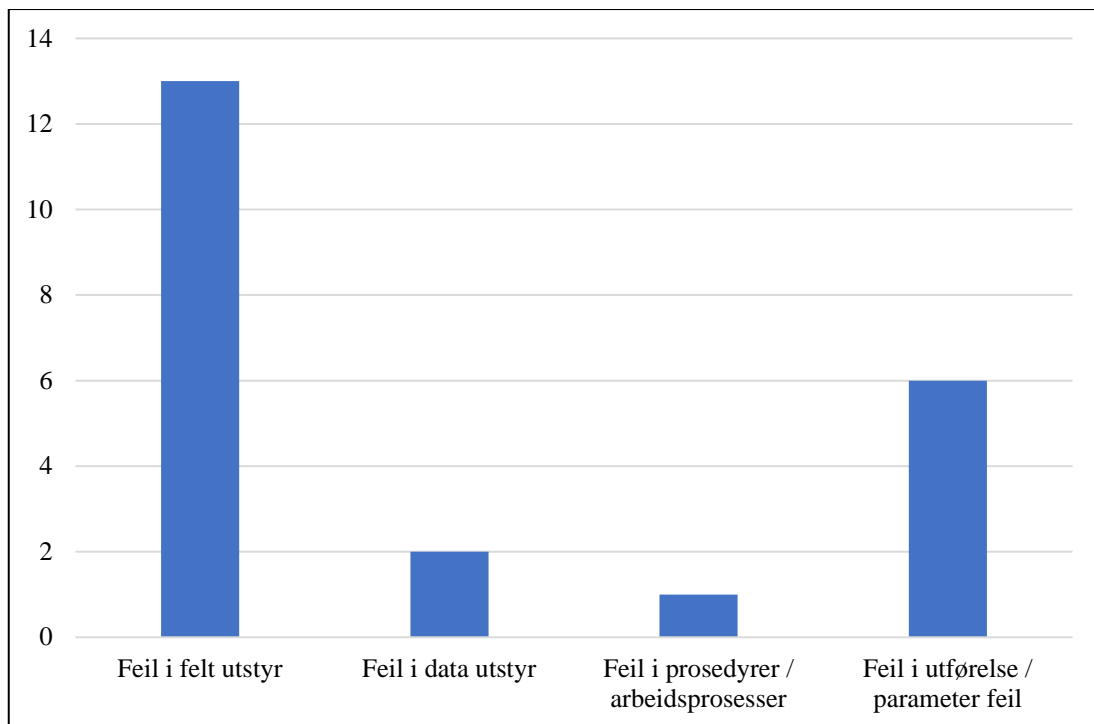
saksbehandling og utbedring av et skadet element står i sterk kontrast til prisen på et nytt element. Her er det muligheter for bedre pålitelighet og reduserte kostnader ved robustgjøring av motstandselementene. Uten at vi skal fordype oss i tema, kan man også stille spørsmål om det er tilrådelig å gjenbruke elementene i like stor grad som det gjøres i dag?



**Figur 27 - Total antall rapporterte feil mot TT/TE tag pr. år (Kilde: SAP)**

Viktigst av alt; har virksomheten i denne tiden hatt økonomiske tap på grunn av manglende eller feilaktige temperatur måledata?

Innmeldte Y3 (redegjort for i kapittel 3.1.1 side 49) på TT og TE tag viser det har vært totalt 22 avvik over 10 år (Figur 28). Majoriteten er definert som feil i felt utstyr, men vi ser også at flere skyldes feil i parametere (feil i konfigurering). En kvalitetssjekk av saksbehandling for de enkelte Y3 registreringer avslører at valgt feil type ikke er 100% presis, altså skal vi ikke legge for stor vekt på denne fordelingen. Av 22 registrerte avvik mot TT og TE tag er det kun 4 hvor det har vært nødvendig å korrigere rapporterte produksjonsmengder. I disse tilfellene har det også det vært måleverdier tilgjengelig for å kalkulere seg tilbake til korrekte rapporttall. Dette vil si at vi har ingen dokumenterte tap i form av måleavvik på TT og TE tag. I forhold til siste utsagn må det tas forbehold om at temperaturrelaterte måleavvik også kan være registrert mot andre typer tag, eksempelvis strømningsdatamaskiner, målestasjoner eller densitetsmålere.



**Figur 28 - Avvik registrert mot TT/TE tag (Kilde: SAP)**

### 3.2.2 Oppsummering

De forhold som er redegjort for i analysen, peker i retning av at vedlikehold og driftsoppfølging av fiskale trykktransmittere er godt ivaretatt, og at risikoen for udetekterte måleavvik over tid, med betydelig økonomisk tapspotensiale er liten. Basert på benyttet tallmaterialet, det ikke grunnlag for å hevde at den ene vedlikholdsmetoden gir større målepålitelighet enn den andre.

Betydningen av vedlikeholdsintervall for de ulike kombinasjonene av vedlikeholdsaktiviteter er ikke analysert, men antall og type av rapporterte feil, samt årlig utvikling og resultat av feltkalibreringer, gir indikasjon i en overordnet setting på at risikoen for å introdusere feil eller medvirke til følgefeil, overstiger risikoen for at det skal oppstå måleavvik på grunn av for store vedlikeholdsintervall.

En vesentlig andel av de registrerte feilene på temperaturinstrumentering kan spores tilbake til menneskelige svikt i forbindelse med utførelse av vedlikeholdsaktiviteter.

Kost bidraget er ikke en signifikant faktor ved valg av vedlikeholdskonsept for fiskal temperatur instrumentering. Akkumulert over tid vil det likevel være rimeligere å velge bytte av komplett TT/TE sett, fremfor feltkalibrering av TT og bytte av TE for målepunkt med duplisert instrumentering, fordi intervallene på individnivå er henholdsvis 72 og 48 mnd.

For den stående modell porteføljen på temperaturtransmittere er det ikke påvist kvalitetsforskjeller av en slik art at det vi være lønnsomt å iverksette utbyttinger. Derimot er det indentifisert et mulig forbedringspotensial for temperaturelementene. Mer robuste Pt-100 element antas å kunne redusere feilfrekvens for elementene.

I likhet med trykkinstrumentering, er inntrykket at valg av vedlikeholdskonsept blir avgjort for anlegget som helhet snarere enn å vurdere hva som er beste løsningen for det individuelle målepunkt.

### 3.3 Tetthetsmåling

Kontinuerlige tetthetsmålinger for væske og gass er ivaretatt av gjennomstrømningsmålere hvor svingninger i måleelement konverteres til tetthet i en strømningsdatamaskin. Disse instrumentene er plassert i en egen målesløyfe parallelt med produksjonslinjene. For å kunne bestemme tettheten er vi også avhengig av å måle trykk (primært for gass) og temperatur. Instrumentene har interne temperatur element til dette formålet, men for væskemålerne brukes de normalt ikke. Vanligvis er det egne trykk og temperatur transmittere i tetthetssløyfe som sørger for disse målingene.

Når det gjelder gassdensitometre, er det slik at funksjonen tetthets måling også kan ivaretas ved hjelp av en gasskromatograf, da som en kalkulert tetthet basert på analysert gasskomposisjon. Som regel er det installert doble gasskromatografer for de fiskale gass strømmene, og tilstrekkelig redundans er dermed ivaretatt. Kort fortalt; gasskromatografer må vi ha, gass densitometre trenger vi kun unntaksvis. På nye målestasjoner, og i forbindelse med bytte/oppgradering av instrumentering på eldre målestasjoner behovsprøves dette, og vi forventer at antall gass tetthetsmålere vil reduseres i årene framover. Selv om flere av målerne har fiskal relevans i dag, er det besluttet å ikke gjøre nærmere vedlikeholdsanalyse av disse i denne oppgaven, men fokusere utelukkende på tetthetsmålere for olje/kondensat.

I motsetning til trykk og temperatur er det kun to vedlikeholds alternativer å velge mellom for oljedensitometre, ett for singel instrumentering og ett for dobbel instrumentering. Under revideringen av R-11992 ble det gjort noen korreksjoner på hvilke aktiviteter som skulle inngå i konseptene. Disse endringer, samt og intervall før og etter, er beskrevet i Tabell 19.

**Tabell 19 - Oversikt vedlikeholdsintervall for olje densitetsmålere før og etter revisjon av R-11992 (Kilde: ARIS og Arbeidsdokument R-11992)**

Vedlikeholdsaktivitet	Max vedlikeholdsintervall (mnd) for individ før revidering		Max vedlikeholdsintervall (mnd) for individ etter revidering	
	Enkel instrumentering	Dobbel instrumentering	Enkel instrumentering	Dobbel instrumentering
<b>Bytte til nykalibrert olje densitometer</b>	12	24	12	48
<b>Luftsjekk av olje densitometer</b>	12	24	CBM	CBM
<b>Arbeidspunktkontroll av olje densitometer mot månedsprøve</b>	1	CBM	Utgått	Utgått
<b>Arbeidspunktkontroll av olje densitometer mot spot prøve</b>	1	CBM	12	CBM

Noen av vedlikeholdsaktivitetene for olje tetthetsmålerne er tilstandsbaserte (jf. CBM i Tabell 19 og 20) dog ekskluderer ikke dette en kalenderbasert tilnærming hvis behovet tilsier at regelmessige kontroller er fordelaktig med hensyn til målepålitelighet.

Vedlikeholdet går ut på regelmessig bytte til ny-kalibrert instrument, samt kontroll av målingene mot analysert oljeprøve innimellom byttene. Måleren kalibreres akkreditert hos et godkjent kalibreringslaboratorium. Luftsjekk utføres etter behov eller i forbindelse med FV aktivitet mot parallelt instrument.

**Tabell 20 - Vedlikeholdskonseppter for olje tetthetsmålere (Kilde: ARIS R-11992)**

	Max mnd		
<b>T10210 DT oil Dupl Spot Fis/Density transm oil Double instrum Spot</b>			
10043 Arb.p.k av olje DT mot spotprøve		CBM Note 1	
10045 Luftsjekk av olje densitometer		CBM Note 1	
10046 Bytte til nykalibrert oljedensitometer	48		24
10009 Ex, nærvisuell kontroll	48		36
10127 Ex, detaljert kontroll	48		36
<b>T10212 DT oil SinglSpot Fis/ Density transm oil Single instrum Spot</b>			
10043 Arb.p.k av olje DT mot spotprøve	12		1
10045 Luftsjekk av olje densitometer		CBM Note 1	
10046 Bytte til nykalibrert oljedensitometer	12		12
10009 Ex, nærvisuell kontroll	48		36
10127 Ex, detaljert kontroll	48		36

Variasjonen av instrumentmodeller brukt for fiskale densitetsmålinger er liten. Faktisk er det utelukkende brukt to modeller av samme type. Dette har sin forklaring i at det simpelthen ikke har vært andre instrumenter med tilsvarende kvaliteter for en slik måleapplikasjon.

### 3.3.1 Analyse

Kildemateriale for analysene i dette kapitlet er data hentet fra SAP og CMX database.

Svikt hendelser og feiltilstander på utstyr rapporteres i SAP på et standardisert innmeldingsformat. En slik rapport, kalt notifikasjon, skal registreres på lavest mulig tag-nivå. Innvirkning av feil på utstyrets evne til å opprettholde krevd funksjon graderes enten som *død*, *alvorlig syk*, *uvel* eller *ingen feil – andre behov*. Ved innsamling og gjennomgang av kildematerialet, er notifikasjoner registrert med *ingen feil – andre behov* eller kansellert, fjernet fra underlag.

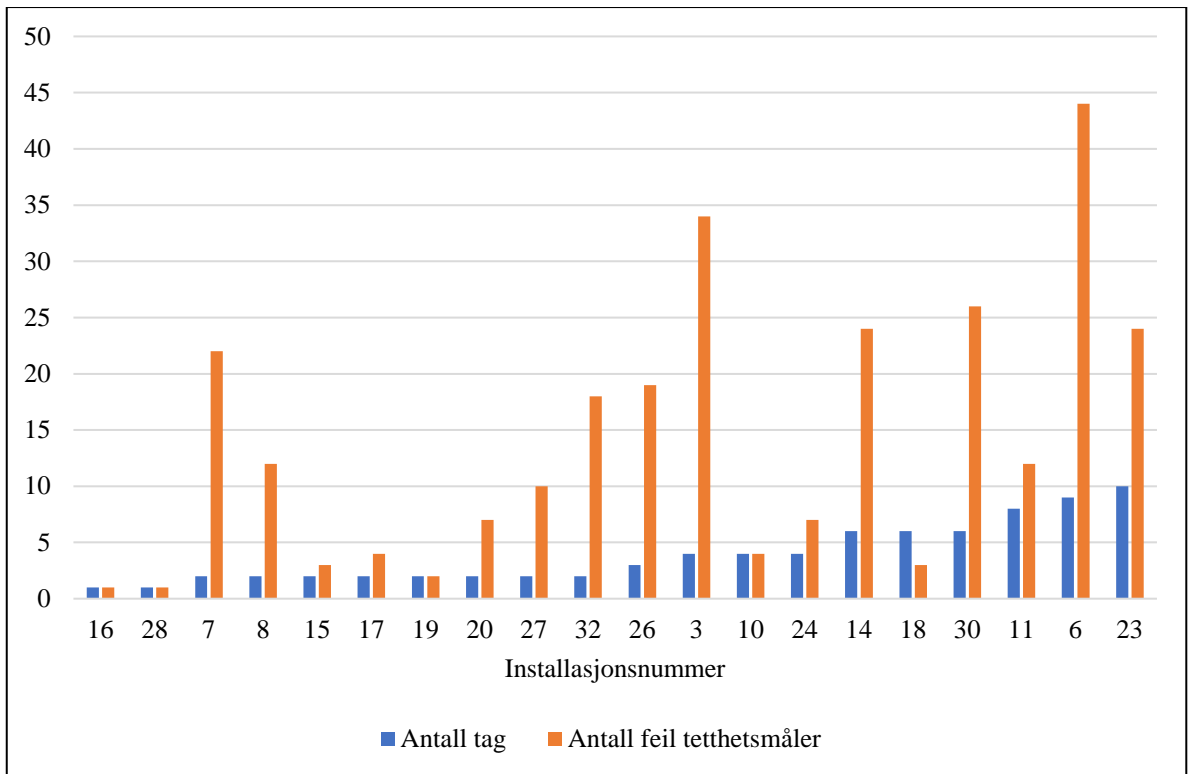
I enkelte tilfeller har det vært nødvendig å kryssjekke innhold i notifikasjon med tilhørende arbeidsordre for å identifisere årsak til feil eller svikt.

Totalt er det innhentet vedlikeholdshistorikk fra 20 anlegg i drift fra 01.01.2007 – 01.09.2017. Ikke alle installasjoner produserer olje eller har fiskale tetthetsmålere, så antall anlegg er derfor færre enn i underlaget for trykk og temperatur. Nyere produksjon og prosesserings anlegg satt i drift etter 2007 er utelatt.

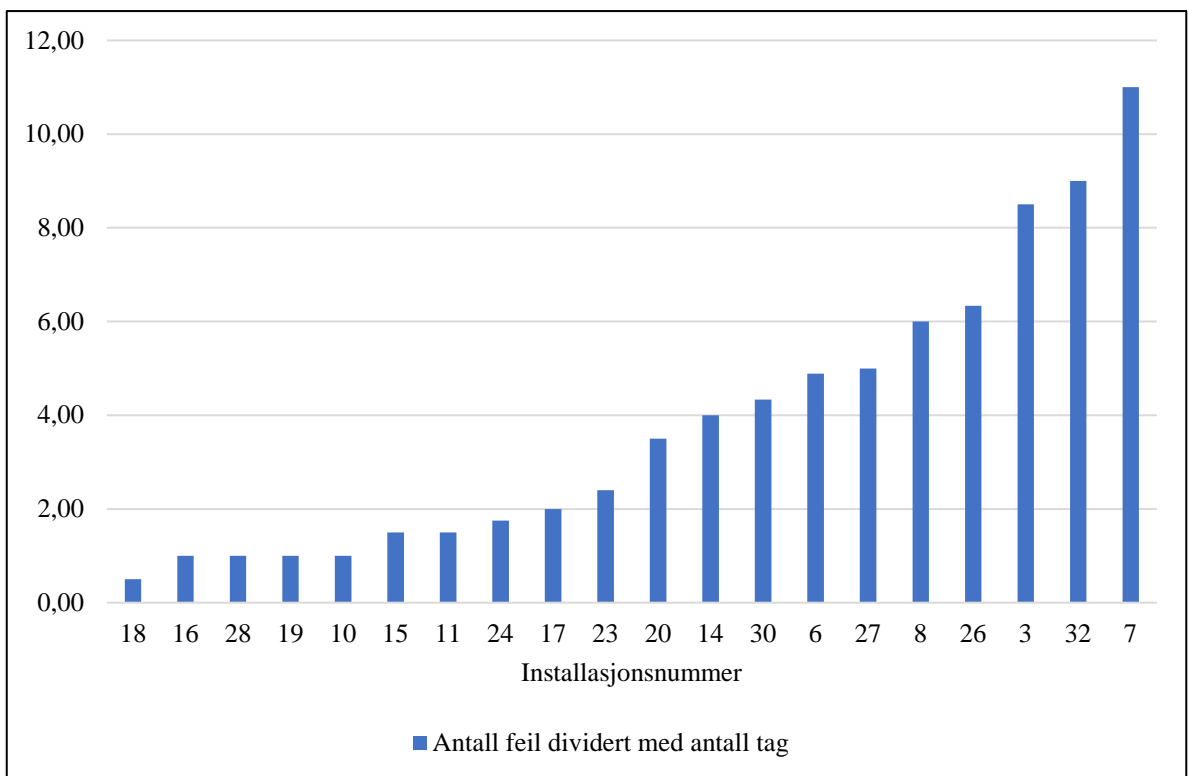
Figur 33 gir en oversikt på antall tetthetsmåler tag på hver installasjon og antall innmeldte feil registrert mot dem. Samlet er det opprettet 277 notifikasjoner fordelt på 78 tag. Vi unnlater å gjøre en tilsvarende feilkategorisering som for trykk og temperatur da det fortrinnsvis er to forhold som utmerker seg med hensyn til måleavvik for oljedensitometre;

1. Målebetingelsene endrer seg, og går utenfor måleområdet for instrumentet. Typiske parametere i så henseende er temperaturfall og redusert/opphørt gjennomstrømning.
2. Avsetninger fra prosessmedium på densitometerets innvendige målerør.

Mindre lekkasjer i flenser og feil på isolering forekommer, men i langt mindre omfang enn de ovennevnte punkter. Hvordan vedlikeholdsaktivitetene spiller en rolle her, vil vi prøve å besvare senere i kapitlet.



Figur 29 - Forhold mellom antall feil og antall DT tag fordelt pr. anlegg (Kilde: SAP)



Figur 30 - Antall feil pr. DT tag for hvert anlegg (Kilde: SAP)

Forholdsmessig er den gjennomsnittlige feilfrekvensen for olje tetthetsmålere markant høyere enn for trykk og temperatur instrumentering, med et gjennomsnitt på 3,81 feil pr. tag mot henholdsvis 0,45 og 0,36. Innbyrdes installasjonene er det et også et voldsomt sprik mellom topp og bunn. I henhold til Tabell 19 så var maksimums intervall (individ) for bytte av tetthetsmåler og luftsjeck før revidering av R-11992, 12 mnd. for enkel instrumentering og 24 mnd. for dobbel instrumentering. Et avgjørende spørsmål blir da hvilke vedlikeholdsaktiviteter og intervall er implementert i de respektive FV program, og hvordan dette er vurdert opp mot risiko for måleavvik mellom vedlikeholdsintervall?

Det er gjort et utvalg på 6 anlegg hvor vi ser nærmere på innhold og frekvensen av vedlikeholdsaktiviteter. Resultatet er samlet i Tabell 21, og representerer programoppsett frem 2016/2017.

Installasjon 18 har kun 3 registrerte feil på sine 6 seks tetthetsmålere. Målepunktene er utstyrt med dobbel instrumentering og det er implementert årlig bytte av begge målerne (forskjøvet 6 mnd. i forhold til hverandre), i kombinasjon med månedlig arbeidspunktkontroll. Historisk har det vært problemer med beleggdannelse på sensor element, derav 12 mnd. bytte fremfor maksimumsintervall på 24 mnd. Det er også valgt å kjøre med ett meter i drift og holde det andre avstengt som beredskapsmåler og sjekkmeter i forbindelse med arbeidspunktkontroller. Ut i fra feil historikk synes dette å ha vært en vellykket strategi.

Installasjon 11 ligger også relativt lavt med tanke på antall innmeldte feil. I realiteten kan tallet være enda lavere da 3 av feil notifikasjonene kan tolkes som substitutter for FV aktiviteter. Innhold i de resterende notifikasjonene avslører at det er utfordringer med avsetninger i målerne, og et mulig ustabil instrument. Etter 2015 er det ikke innrapportert feil på noen av målerne. Noe av forklaringen til dette er sannsynligvis endringer i produktmiksen som følge av import fra nye felt og brønner. Det kan se ut som det har gitt en gunstig effekt med mindre beleggdannelse. Alle tetthetsmålerne på anlegg 11 er enkel instrumentering, og maksimumsintervall på 12 mnd. er valgt for bytte. Gitt ingen innrapporterte feil de to siste årene og taket på vedlikeholdsintervall, kan en vanskelig argumentere for at vedlikeholdet ikke er tilpasset behovet.

Installasjon 20 havner ca. midt på treet hva antall feil angår. Nok en gang er det tilsmussing av innvendig målerør som er synderen. Etersom dette er duplisert instrumentering er det er lagt opp til bytte annethvert år med rengjøring/luftsjeck imellom. A og B byttes i ulike år.

Installasjon 32 har også slitt med beleggdannelse i tetthetsmålerne mellom FV intervallene. Selv om det er forsøkt å kompensere for dette med 3 mnd. FV på rengjøring av målerne, er det fremdeles meldt inn behov for korrektivt vedlikehold. Tetthetssløyfen har i løpet av perioden blitt modifisert for å forbedre driftsbetingelser og tilkomst for vedlikehold. 3 mnd. FV på rengjøring er kuttet ut etter denne ombyggingen og antall innrapporterte feil er redusert, hvilket gir indikasjoner på at tiltaket har hatt ønsket effekt.



**Tabell 21 - FV aktiviteter og intervall for utvalgte DT tag (Kilde: SAP)**

Installasjon nummer	Tag	Bytte til ny-kalibrert måler	Arbeidspunkt kontroll sammenligne A og B måler	Luftsjekk	Rengjøring
18	20C-DT 860A	12 mnd	1 mnd		
	20C-DT 860B	12 mnd	1 mnd		
	21B-DT 001	12 mnd	1 mnd		
	21B-DT 002	12 mnd	1 mnd		
	21B-DT 967A	12 mnd	1 mnd		
	21B-DT 967B	12 mnd	1 mnd		
11	20-DT 292	12 mnd			
	21-DT 009	12 mnd			
	21-DT 059	12 mnd			
	21-DT 109	12 mnd			
	21-DT 310	12 mnd			
	21-DT 410	12 mnd			
	21-DT 510	12 mnd			
20	DT -22-0054A	24 mnd		24 mnd	
	DT -22-0054B	24 mnd		24 mnd	
26	DT -40002A	12 mnd			
	DT -40002B	12 mnd			
32	DT -22-0203	24 mnd		24 mnd	3 mnd
	DT -22-0204	24 mnd		24 mnd	3 mnd
7	21-DT259A	24 mnd		24 mnd	
	21-DT259B	24 mnd		24 mnd	

Installasjon 7 topper listen for antall feilrapporteringer pr. tag. Særlig i 2014 var det store utfordringer med hele 10 notifikasjoner, herunder problemer med tilstopping av røropplegg, lekkasje, avsetninger på målerør, og defekt måler. Av underliggende årsaker er det også registrert feil på sirkulasjonspumpe for tetthetsløyfe. Ekstra kompenserte tiltak med ukentlig rengjøring har vært iverksatt i perioder med gjentakende utdriftning av målerne.

Gjennomgangen av notifikasjonene fra disse 6 installasjonene danner et godt bilde på hva som er med å påvirke påliteligheten til de fiskale densitetsmålerne, og hvordan det løpende programvedlikehold korrigeres eller suppleres med ekstra vedlikeholdsaktiviteter når periodiske og vedvarende måleutfordringer inntreffer.

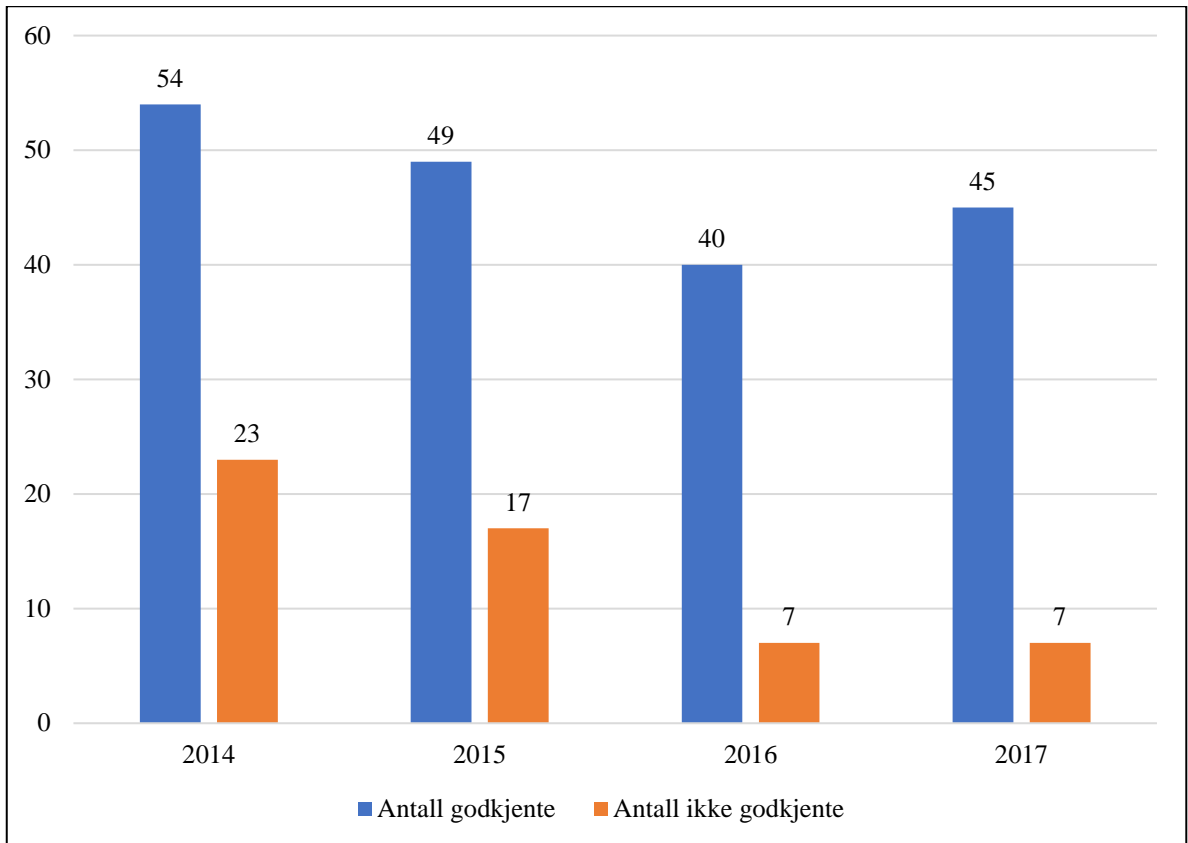
Tidlig i kapittelet ble det påpekt to forhold (endringer i målebetingelsene og avsetninger på målerør) som var gjengangere med hensyn til måleavvik. Erfaringer fra de utvalgte målestasjonene ga oss ytterligere innsikt, men det vil være formålstjenlig å konkretisere eksakt hva som kan lede til avvik eller bortfall av målinger. I punktlisten under er dette utdypet:

- Selve måleelement er et mekanisk emne, og som alle fysiske bestanddeler påvirkes egenskapene av ytre påvirkning. Instrumentets design, med flensede tilkoplinger, forutsetter et nøyaktig tilpasset røropplegg for målesløyfen. Erfaringer fra enkelte anlegg viser at innmontering av tetthetsmåler hvor instrumentet er «skrudd på plass» på grunn av mistilpasset flenskoplinger, har hatt betydelig negativ innvirkning på evne til presise målinger.

- Det er en kjent sak at det forekommer kvalitetsforskjeller innen samme modellkategori. Et instrument kan fungere fint i årevis, mens et annet instrument fra samme produksjonsserie må til stadighet justeres eller repareres. Tetthetsmålere for væske er kostbare, så man prøver som regel først å re-kalibrere eller reparere og før kassering. Det finnes eksempler på ustabile målere som i etterpåklokskapens lys burde vært tatt ut av drift, men har fortsatt å være i sirkulasjon. Noe av forklaringen til dette kan være mangelfull lagerbeholdning av reserveinstrumenter kombinert med lang leveringstid på nytt, og/eller svikt i kommunikasjon mellom involverte parter.
- Tetthetsmålerne gjenbrukes. Det vil si at plattformen har et visst antall instrumenter som roterer mellom i bruk på målestasjon, på lager og til kalibrering. Oppsiden med en marginal instrumentpark er reduserte kostnader og muligheten til å opparbeide seg en grundig driftshistorikk for hvert enkelt instrument. Nedsiden er større slitasje på hvert instrument, spesielt hvis det oppstår driftsutfordringer som intensiverer vedlikeholdsintervall.
- Feil eller dårlig design av målersløyfe. Dette kan bero på strømningsarrangement, ventil oppsett, isolering, oppvarming, tilkomst for vedlikehold, med mer. Betegnende for denne type problemstillinger er at de først avsløres etter målestasjonen er satt i drift, og at det gjerne kreves til dels kostbare modifikasjoner for å korrigere dem.
- Ved utførelse av vedlikeholdsaktiviteter på tetthetsmålere, er det alltid en risiko for at det gjøres feil som senere fører til svikt, eksempelvis skade på kabler og ledere, feiltrekking av flenseforbindelser eller slag/støt mot måleren. Det trenger ikke bare å være direkte skade på utstyr, men forglemmelser eller mangel på kompetanse i forbindelse med vedlikeholdsutførelse, deriblant feiloperering av ventiler, gal innmontering av måler og justering av gjennomstrømning i tetthetssløyfe.
- Uplanlagte produksjonsstopp der tap av trykk, temp og strømning medfører utfelling av produkt i målerør. Årsakene og lengden til slike stanser varierer. Lengre nedetid vil normalt gi større sannsynlighet for utfelling og sedimentering av produkt, men dette avhenger også av komposisjonen til produksjonsmediet. I en oppstartsfase etter en stans, er det ikke uvanlig at det blir dradd med større andeler vann, sedimenter og andre biprodukter av produksjonen. Dette er riktignok forbigående, men har i noen tilfeller potensialet til å skape vedvarende endringer i målegenskapene til tetthetsmålerne.
- Forandringer i produksjonsmediets komposisjon (nye brønner, tilsetning av kjemikalier og lignende). Gjennom livsløpet til en plattform er det garantert at produktkomposisjonen endres underveis, enkelte ganger i så stor grad gjør at eksisterende vedlikeholdsregime på tetthetsmålerne må justeres. Dette kan gå begge veier, men utfordringen ligger åpenbart i de tilfellene hvor det nåværende vedlikeholdet viser seg å være utilstrekkelig.
- Støtteutstyr svikter. Dersom det er innmontert sirkulasjonspumpe for å sikre gjennomstrømning i tetthetssløyfen, er det avgjørende for målingen at denne fungerer. Tilsvarende er vi avhengig av trykk og temperaturmålingene i tetthetssløyfen for å få kalkulert riktig tetthet.

Ved mistanke om at et densitometer måler feil eller er i ferd med å drifte ut, vil man først sjekke om dette er forårsaket av endring i målebetingelsene, hovedsakelig temperatur og gjennomstrømning i densitometersløyfe. Er dette i orden, et neste steg å utføre en luftsjekk av måleren. Dette er en kontroll som kan utføres i felt og går ganske enkelt ut på å måle periodetiden for densitometeret i fri luft. Avlest verdi sammenlignes med verdi fra

kalibreringsbevis. Toleransegrensen er satt til 0,1 mikro sekunder. Metoden forutsetter at tetthetsmålerens innvendige målerør rengjøres godt. Selv små avsetninger påvirker resultat. Temperatur forskjell mellom laboratoriemiljø og kontrollmiljø er også en viktig faktor som må tas i betraktning når en slik sjekk utføres. Det er i dag ikke krav til at resultat av kontrollen dokumenteres, men for de anleggene som bruker CMX benyttes programvaren til å lage bevis på utført luftsjekk. Figur 31 er et uttrekk fra CMX på registrerte luftsjekker i årene 2014 – Q3 2017, men skiller ikke mellom luftsjekker utført i forbindelse med korrektivt vedlikehold og luftsjekker utført under planlagt vedlikehold.



**Figur 31 - Antall godkjente og ikke-godkjente luftsjekker av DT pr. år (Kilde: CMX)**

La oss se på forholdet mellom antall godkjente og antall ikke-godkjente luftsjekker på årlig basis.

2014: Antall godkjente dividert med antall ikke-godkjente =  $54/23 = 2,35$  godkjent pr. underkjent

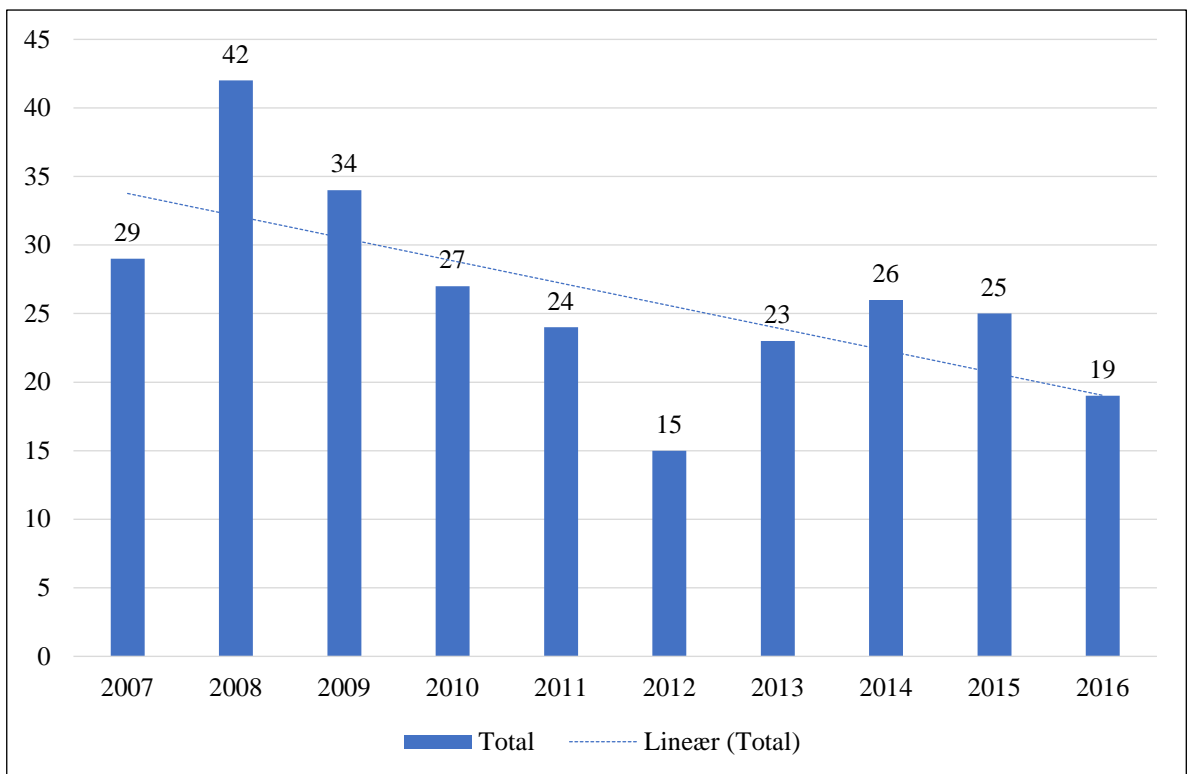
2015: Antall godkjente dividert med antall ikke-godkjente =  $49/17 = 2,88$  godkjent pr. underkjent

2016: Antall godkjente dividert med antall ikke-godkjente =  $40/7 = 5,71$  godkjent pr. underkjent

2017: Antall godkjente dividert med antall ikke-godkjente =  $45/7 = 6,23$  godkjent pr. underkjent

Dataene fra CMX viser at andel godkjente pr. ikke-godkjente luftsjekker øker år for år, hvilket skulle bety at risiko for måleavvik er redusert. Likevel er det nok litt for frimodig å konkludere med dette basert utelukkende på dokumenterte luftsjekker i CMX.

Neste steg blir da å undersøke utvikling av antall rapporterte feil registrert mot tetthetsmåler tag (Figur 32)<sup>13</sup>. Her ser vi at antallet går ned, og ettersom maksimums intervall for vedlikeholdsaktivitetene for enkel og dobbel instrumentering er henholdsvis 12 mnd. og 24 mnd., vil det planlagte vedlikeholdet inntreffe med lik belastning hvert år. Altså, er det mulig å få et representativt bilde av utviklingen for korrektivt vedlikehold på tetthetsmålerne med å sammenligne graden av feilrapportering år for år. Selv med store individuelle avvik mellom plattformene når det gjelder hyppighet av feil for tetthetsmålerne, er den overordnede status at det har vært en positiv utvikling med tanke på målepålitelighet for tetthetsmålerne.

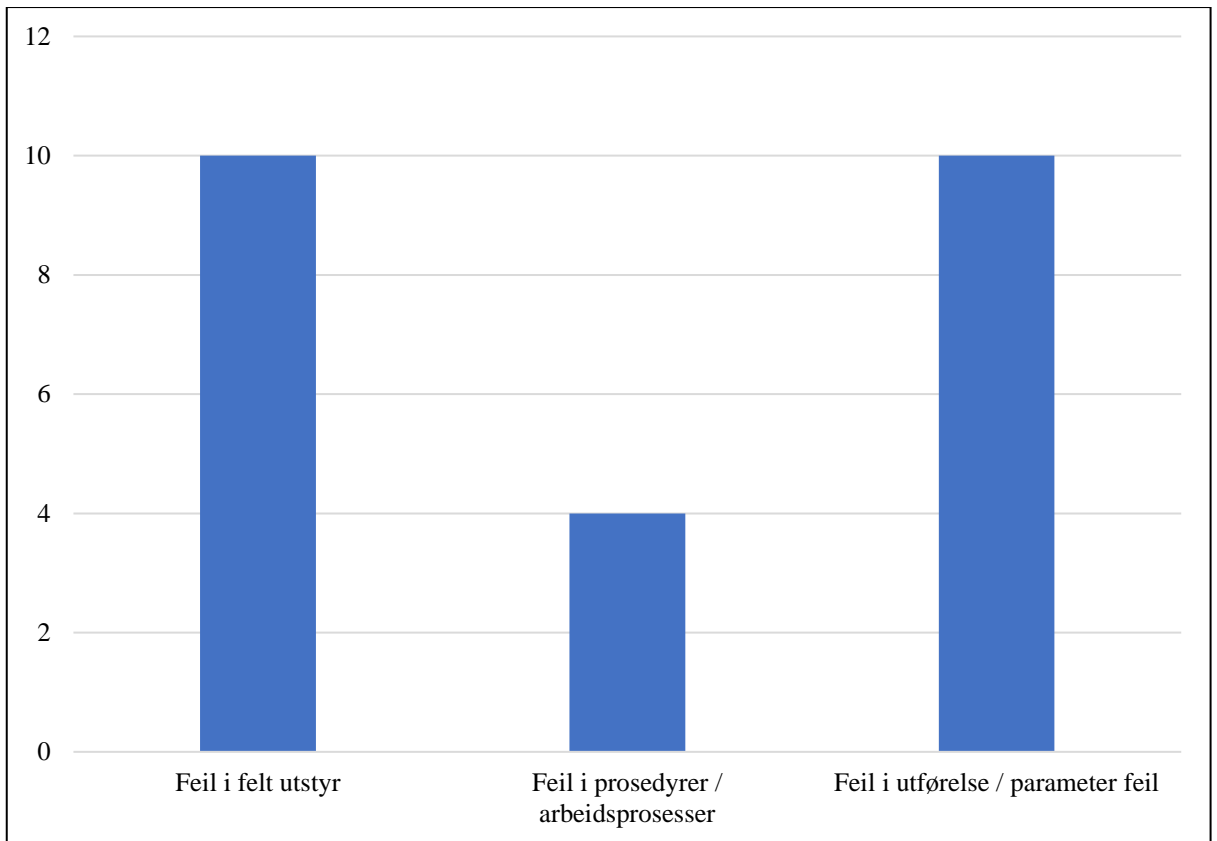


**Figur 32 - Total antall rapporterte feil mot DT tag pr. år (Kilde: SAP)**

I likhet med trykk og temperatur instrumentering, er antall interne kvalitetsavvik registrert på tetthetsmåler tag fra 2007 – Q3 2017 hentet ut fra SAP. Totalt ble det funnet 24 avvik fordelt på kategoriene som vist i Figur 27. Av de 24 avvikene har det vært nødvendig å korrigere målte mengder i 11 tilfeller. Ingen av avvikene har medført økonomisk tap som følge av mangelfulle måledata, dog er det som forventet ettersom tetthet også beregnes ut ifra laboratorium analyser av døgn og månedsprøver.

Det som er verdt å merke seg i Figur 37, er antall avvik forårsaket av feil i prosedyrer/arbeidsprosesser og feil i utførelse/parameter feil. I praksis betyr dette at nesten 60% av avvikene skyldes menneskelige feil i forbindelse med vedlikehold eller operasjonelle rutiner.

<sup>13</sup> Kun hele år, feilrapportering for 2017 ikke inkludert



**Figur 33 - Avvik registrert mot DT tag (Kilde: SAP)**

### 3.3.2 Oppsummering

Funnene som er gjort ved analyse av vedlikeholdshistorikken til de fiskale tetthetsmålerne avslører at det er store individuelle variasjoner mellom anleggene på hvor hyppig det inntreffer situasjoner der det foreligger mistanke om, eller er konstatert, feilmålinger og bortfall av målinger. Feilfrekvensen for tetthetsmålere er vesentlig høyere enn for trykk og temperatur sett i forhold til antall operative instrumenter.

De bakenforliggende årsakene til instrumentfeil og feilmålinger er sammensatte, og det er i stor grad anleggets operasjonelle parametere, produktkomposisjon og tekniske løsning for tetthetssløyfe som avgjør hvilken grad av vedlikeholdsoppfølging man behøver. Endringer i driftsbetingelsene gjennom produksjonslivsløpet innebærer behov for evaluering av drift og vedlikeholdsoppfølging. Det kan stilles spørsmål ved om det på enkelte anlegg har vært operert med for vide vedlikeholdsintervall, men dette må også sees i lys av eventuelle midlertidige kompensierende tiltak iverksatt i påvente av permanente løsninger på spesifikke måleutfordringer.

Fra et kostnadsperspektiv virker det å være lite handlingsrom når det gjelder instrumentvalg og tjenestekjøp (kalibrering).

Resultater fra luftsjekker og antall feilrapportering utvikler seg i positiv retning, det vil si færre ikke-godkjente luftsjekker og færre rapporteringer i SAP knyttet til feiltilstand på tetthetsmålerne.

Basert på kildematerialet er det vanskelig å se at risikoen for økonomisk tap på bakgrunn måleavvik knyttet til tetthetsmålere er særlig høy. Driftsoppfølging og vedlikeholdet er godt ivaretatt, og laboratorium analyser av oljeprøver blir intensivert dersom en ikke er i stand til å opprettholde kontinuerlig måling av tetthet ved hjelp av instrumentering.

Innhentet informasjon avslører at det eksisterer et forbedringspotensial blant vedlikeholdsutøverne med hensyn til utførelse og programvarehåndtering.

## 3.4 Tilsyn

Under introduksjonen til oppgaven ble det uttrykt at myndigheter og partnere gjennomfører tilsyn med jevne mellomrom, på plattform og på land, for å forsikre seg om at de fiskale målesystemene driftes og vedlikeholdes innenfor det til enhver tid gjeldene regulative rammeverk, og at forvaltning av måledata er ivaretatt på en tilfredsstillende måte. Det vil si at alle tekniske og organisatoriske forhold relatert til målesystemenes operasjonelle evne, er gjenstand for kontroll.

Tilsynsfunn grupperes i to typer; avvik og observasjoner. Avvik gis når det kan dokumenteres at virksomheten ikke overholder bestemmelser i forskrift (myndigheter), eller partner avtaler. Observasjoner opprettes hvor det avdekkes forhold som har negative driftsmessige implikasjoner, dog ikke av en slik grad at det kvalifiserer til et avvik.

### 3.4.1 Analyse

Formålet med å studere tilsynsfunn er å se om det utpeker seg særskilte områder hvor vi ikke klarer å etterleve krav til drift og vedlikehold av målesystemene. Det er også av interesse å undersøke hvorvidt det har vært en utvikling over tid med hensyn til antall avvik og observasjoner. Dessuten, underbygger tilsynsfunn resultat av analyser utført i kapittel om instrumentering? For å prøve å gi svar på alt dette, er det gjennomgått innhold fra tilsynsrapporter fra 2009 til 2016, og hentet statistikk på antall gjennomførte tilsyn, antall avvik og antall observasjoner. Tilsynene er utført av myndighetsorganer (Oljedirektoratet og Miljødirektoratet) og partnere, eller representanter for disse.

Det er bokført 236 tilsyn på offshore installasjonene fra og med 2009 til og med 2016. Med et slikt omfang har det ikke vært anledning å studere hver av rapportene i detalj. Derfor er kildematerialet for analysen i hovedsak hentet fra årlige sammendrag, som er en intern oversikt laget på bakgrunn av tilsynsrapportene. I denne gjengis funn og observasjoner, og for den påfølgende analysen vil det bli fokusert både på begge deler. På grunn av det store kontrollspennet et tilsyn tar for seg, ansees det som lite hensiktsmessig å presentere hvert eneste avvik og observasjon i detalj, men heller prøve å identifisere systemsvakheter. Derfor er det forsøkt å dele inn avvikene inn i følgende kategorier;

- Prosedyrer/rutiner  
Dersom det er funnet at prosedyrer eller rutiner mangler, eller ikke er dekkende for aktiviteten
- Vedlikehold  
Påkrevde vedlikeholdsaktiviteter som ikke er utført i henhold til vedlikeholdsprogram eller korrektive behov
- Kompetanse  
Der det ikke kan fremvises dokumentasjon på opplæring/kursing for personell med oppgaver mot målesystemet, eller hvor de ikke besitter nødvendig kunnskap
- Utsyrsteknisk  
Hvor det ikke er mulig for utstyr å opprettholde tiltenkt funksjon innenfor måletekniske krav til drift, uavhengig av årsak (svikt, design, feil spesifikasjoner etc.)
- Dokumentasjon

Vil si at teknisk dokumentasjon inneholder mangler, er fraværende, inneholder feil eller ikke er oversendt myndigheter som pålagt

- Konfigurasjon  
Dette er funn som berører feilkonfigurering i målesystemets kontrollsystem eller på komponent/instrument nivå, for eksempel alarmgrenser, kalibreringsfaktorer eller instrument parametere.
- Operasjon  
Funn som er knyttet til operasjonell drift av målesystemene utenfor tillatte rammebetingelser hvor det ikke skyldes svikt på måleteknisk utstyr.

Det er viktig å poengtere at kategoriseringen er en subjektiv vurdering basert på avviksbeskrivelsene, og det må tas høyde for at enkelte avvik ikke nødvendigvis lar seg plassere innenfor de oppgitte kategorier, ei heller omhandler målesystemene direkte. Eksempel på dette er laboratorium utstyr for olje og gass analyser. Først og fremst ønsker vi å studere drifts og vedlikeholdsoppfølging relatert til direkte målesystemene, således er det gjort en filtrering av tilsynsavvikene hvor nevnte eksempel, og andre, er fjernet fra underlag. For øvrig må en også være klar over at et avvik kan angå flere ulike forhold, noe som gjør det utfordrende å plassere dem. I slike tilfeller er det forsøkt å fordele dem ut i fra avgjørende faktor for avviket. Et annet forbehold med denne fremstillingen, er at avvik som er krevende å lukke og blir liggende åpne over lengre tid, noteres nok gang under neste tilsyn selv om det ikke er noe nytt som avdekkes. Antall avvik er dermed større enn antall avvikssituasjoner. Merk også over denne åtte års perioden har et fåtall installasjoner blitt avhendet eller tatt ut av drift, mens nye er satt i drift.

Tabell 38 viser hvordan avvikene fordeles seg blant de valgte kategorier, og vi registrerer at en stor overvekt er relatert til det utstyrstekniske, altså tilfeller hvor utstyret ikke er i stand til å opprettholde tiltenkt funksjon innenfor måletekniske krav til drift. En gjennomgang av disse avvikene viser at 21 av 59 gjelder flerfasemålere, og at flere av avvikene er egentlig opprettholdelse av samme sak over flere år. Under samme kategori finner vi at problemer med målekritiske ventiler er en gjenganger, spesielt mot 4-veis ventil for rørnormal. Andre utstyrstekniske avvik er svikt på foreldet utstyr som ikke lenger lar seg vedlikeholde til den norm det er konstruert i henhold til, og diverse feil på ultralydsmålere og gaskromatografer. Noen avvik dreier seg om tilstandsovervåking som ikke lar seg utføre, sannsynligvis fordi tekniske løsninger ikke har vært klar. Av utstyrsteknisk avvik som berører instrumentering for trykk, temperatur og tetthet er det identifisert to stykker som går på manglende isolering av målestasjon og en på defekt trykktransmitter hvor reservedels kritikalitet ble kommentert.

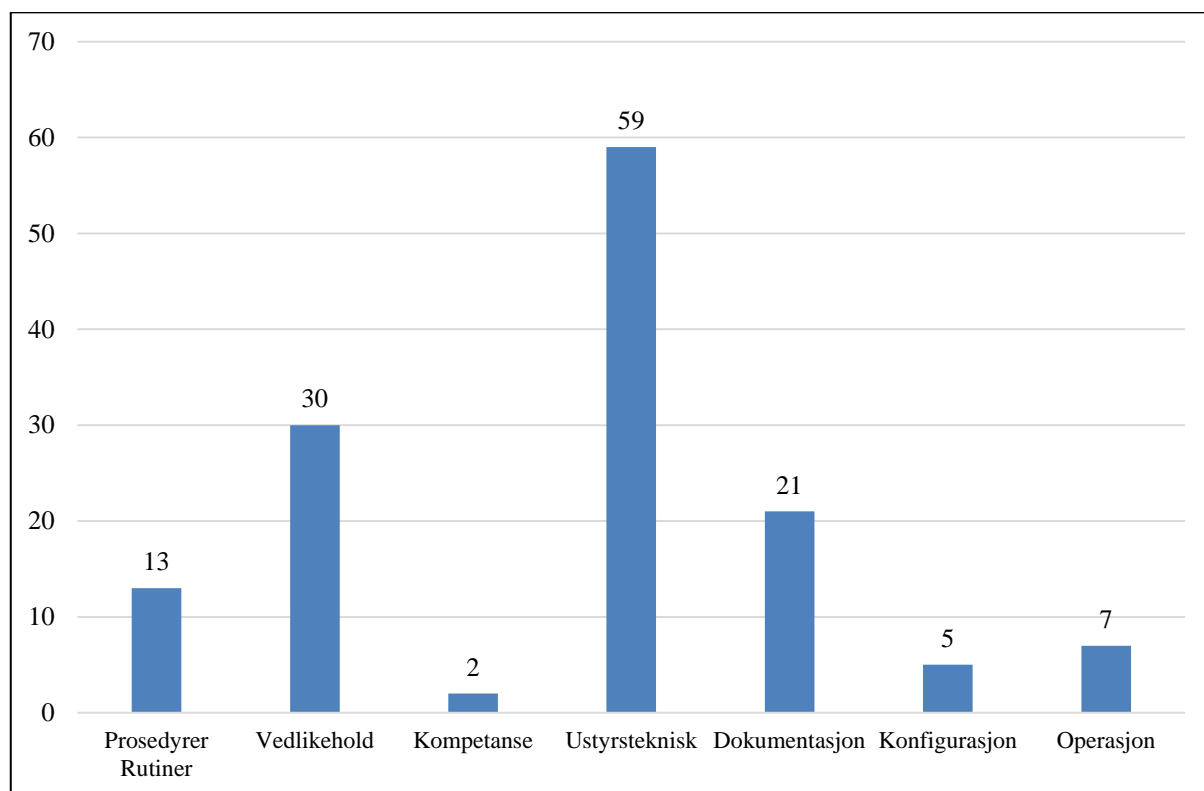
Hva skyldes så denne dominansen av utstyrstekniske avvik? Tar vi avvikene i nærmere øyesyn, erfarer man at flere av sakene er relativt krevende å løse teknisk, operasjonelt og økonomisk. Løsningen er ikke alltid åpenbar og tidshorisonen for utbedring kan være lang. Tiltak er ofte prøvd ut, men av ulike grunner fungerer det ikke som forventet, eller forutsetningene endrer seg underveis. Planer for å lukke utstyrstekniske avvik må sees i sammenheng med sikkerhet og produksjonshensyn for anlegget.

Avvik i kategorien vedlikehold har liknende elementer i seg, men ikke så prominente eller med tilsvarende konsekvenser.

De resterende kategorier later til å støtte oppunder de funn som ble gjort under analysen av instrumentering for trykk-, temperatur- og tetthetsmålinger, selv om det er kun i et fåtalls



avvik hvor disse instrumentgruppene omtales direkte. Inntrykket forsterkes likevel ytterligere når en studerer innhold i observasjonene.



**Figur 34 - Oversikt type avvik under tilsyn fra 2009 til 2016 (Kilde: Fagstøtte sammendrag av tilsynsrapporter)**

På de neste sidene refereres det fra observasjonspunkter hentet fra flere forskjellige tilsynsrapporter. Tidshorisonten er den samme som angitt i Figur 34. Det er valgt å erstatte identitet spesifikk informasjon med generiske verdier da det i denne konteksten ikke har noe analytisk verdi å avsløre hvilke anlegg observasjonene gjelder. Eksempler på observasjonspunkt:

- *Trykktransmittere X på gassimportmåling og X på X flerfasemåler ble kalibrert henholdsvis i januar 2016 og oktober 2015 på 12 mnd. intervall. Transmittere ble funnet med forholdsvis stort avvik i det lave måle-området (utenfor akseptkriteriene og kalibreringspunkt gikk ut av skala). Kalibreringsintervallet var ikke redusert for å avdekke instrument med feil på et tidlig stadium. Måletekniker om bord har opprettet en korrektiv sjekk av instrumentene innen 6 mnd. for å følge opp saken. (jf. § 23)*
- *Serienr for X var feil angitt i Beamex kontrollrapport. Statoil vil rette dette ved neste planlagte kalibrering innen 2016 (jf. §28).*
- *Det ble observert vannansamlinger og kondens i flere vær-hus for trykk- og temperaturtransmittere på oljemålestasjonen (jf. 23).*
- *Kravene til kompetanse for personell med oppgaver innen fiskal måling var ikke definert for X installasjonen. Det mangler bl.a.a. krav til opplæring innen flerfasemåling (jf. § 6).*
- *Personellet som utfører oppgaver med fiskale målinger på X har gjennomført ca. 50% av opplæringen. Plan for videre kompetansebygging ble forevist tilsynet.*
- *Alle vær-hus for fakkelinstrumentering (trykk og temperatur) inneholdt betydelige mengder kondens/vann. Statoil vil lage drenering i vær-husene (jf. § 13).*

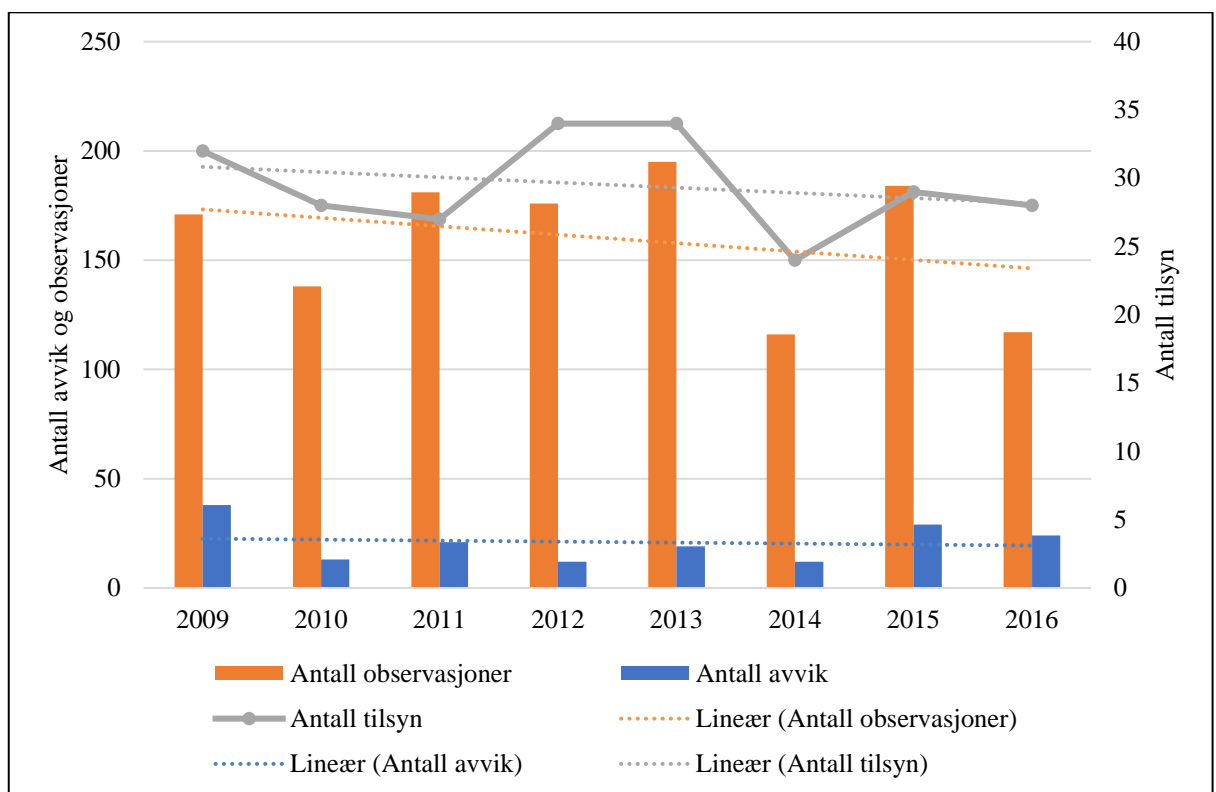
- *Det var ikke mulig å fremskaffe sertifikater for temperaturtransmitterne. I tillegg bør det noteres på sertifikatene når instrumentet er montert / tatt i bruk.*
- *Densitometere i satellitt kabinett har nå 5 kg/m<sup>3</sup> som grense for rengjøring. Duty sjekk mot master hver uke. Dette virker som en høy grense. Følsomhet i forhold til vann i olje måler (0,02% pr kg/m<sup>3</sup>) bør vurderes. Samt eventuell korreksjon av fiskale tall om densitometer er utenfor fastsatt grenseverdi. Ref. OD måleforskrift § 23.*
- *Det var rot i arkivet ved at installerte instrumenter ikke samsvarte med aktive sertifikat i arkivet.*
- *Det elektroniske arkivet framstår som noe mangelfullt.*
- *Linjetemperaturelement på X målestasjon linje 1 var montert inn i november 2014. I henhold til vedlikeholdsplan skulle dette vært byttet innen 24 måneder.*
- *Det er enkelte eksempler på at kalibrering av fiskale instrumenter har feilet på «as found», men er ok på «as left».*
- *Kalibreringsrapport indikerer at trykktransmitter med serienummer 9654857 er installert på X målestasjon linje 1 – tag nr. X, mens den i virkeligheten står på Y*
- *For linjetemperaturelement A på gasseksport linje 2, var Van Dusen konstant A feilaktig registrert i målesystemet med 3.91170E-03, mens korrekt verdi ifølge kalibreringssertifikatet skal være 3.91176E-03.*
- *Trykktransmitter X, brenngass: Det fremgikk av arkivet at godkjent kalibreringsresultat først ble oppnådd etter det 19. forsøket. Instrumentet ble allikevel brukt videre (ref. § 8).*
- *De fleste av olje densitometre som nå var i bruk hadde angivelse av korrosjon på kalibreringsrapport. Ett av dem hadde også et anbefalt redusert kalibreringsintervall fra kalibreringsleverandør (ref måleforskrift § 8). Oljedirektoratet ber Statoil gi en vurdering av hvordan denne situasjon vil håndteres fremover.*
- *Parameterlister: Det ble funnet manglende samsvar mellom kalibreringsbevis og innlagte data/feltdata for serienummeret til temperaturtransmitter X (maleløp nr. 3) (if. § 26).*
- *Det ble funnet uoverensstemmelser mellom verdier i alarmliste og innlagt verdi i CM for differanse i trykk og temperatur mellom A og B instrument. Verdier i CM ble funnet å samsvare med Statoils prosedyrer for tilstandsbasert vedlikehold (if. § 27).*
- *Tilstandsbasert vedlikehold av dobbel instrumentering for trykk- og temperaturtransmittere: Det utføres ikke arbeidspunktkontroll med referanseinstrument (Beamex eller lignende) hver 36. måned. Transmittere byttes altemnerende hvert 6 år. Dette er ikke i samsvar med ARIS R11992, jf. note 4 (jf. §§ 5 og 26).*
- *Ved gjennomgang av krav til kompetanse for måletekniker var det ikke definert krav til kompetanse innen fiskal måling for stillingen. Videre manglet det krav knyttet til flerfasemåling (jf. § 6).*
- *Trykk transmittere for fakkalgass målere er uhensiktsmessig plassert (ref. måleforskrift § 15).*
- *Condition Based Maintenance (CBM) computer var ikke i drift (ref. måleforskrift § 25).*
- *Serie nr. for X var feil angitt i Bimex kontrollrapport. Serie nr. skal være 7971254, men er det samme som for Y: 7665105 (jf. § 28).*

- Trykktransmitter med feil ble ikke utbedret under forebyggende vedlikehold i mai. Dette forholdet ble oppdaget i forkant av tilsynet. Måler ble verifisert ok etter tilsynet, men jaget mye og forårsaket mange alarmer. Måleren er imidlertid blitt byttet med en gammel måler for å bli kvitt alarmene. Begge PM'er på gasseksport ligger mot A-transmitter. Ny kalibrert transmitter er under transport og er planlagt installert innen 7. november 2015.
- (Punkt 5 fra tilsyn 2013) Opp mot 5 kg avvik mellom tetthetsmålere i parallell på kondensatmålestasjonen. Kompenserende tiltak er å vaske tetthetsmålerne hver 14 dag. Det var uklart om tiltaket er tilstrekkelig for å ivareta usikkerhetskravet til tetthetsmåling Ref. § 8.
- Det ble under tilsynet funnet etterslep på planlagt vedlikehold: 4-5 saker IMOAUTFM med mer enn 20 dagers etterslep, der en sak hadde et etterslep på 126 dager (ref. § 23).
- Generelt var det noe mangler i det elektroniske arkivet som er ment å være det offisielle. De sertifikatene som manglet under tilsynet ble skaffet til veie og oppdatert umiddelbart.
- Fremlagt kompetansematrise for måleteknikere og ledende personell ble gjennomgått. Det ble observert et betydelig kompetansegap for "fagkurs Metering" for måleteknisk personell, og for forskriftskurs for ledende personell (jf. § 6).
- Det var varierende grad av isolasjon av temperaturelementer for måleløpene (jf. § 13).
- Fokus på plattform på bruk av elektronisk arkiv bør innskjerpes.
- Samhandling plattform MFO. I forbindelse med dette tilsyn fremsto en arbeidsform basert på 1 mann MFO og 1 mann plattform som hensiktsmessig. Ikke slik som nå 2 personer fra MFO. Dette vil også bidra til å bedre samhandling MFO/plattform.
- Noen FIMS kalibreringsskjema for trykk- og differensialtrykktransmittere var lagret med resultat underkjent. Når en sjekket nærmere, viste det seg at kalibreringene egentlig skulle vært godkjent, men at de ble underkjent på grunn av tastefeil.
- Korrosjon i rør på tetthetsmålere: Resultater fra siste års kalibreringer har ulike kalibreringskurver, men innenfor forskriftsmessige krav. Statoil bes å vurdere utskifting av tetthetsmålerne basert på grad av videre korrosjon og kalibreringsresultater (jf. §§17 og 23).
- Alarmgrenser for avvik mellom A og B transmitter, og A og B temperaturelement var angitt til henholdsvis 0,4 bar og 0,45 grdC. Statoil bes vurdere alarmgrensene mot krav angitt i måleforskriften (jf. §§ 5 og 8) og interne krav i ARIS.
- 19.2.2012 ble densitometer A på linje 1 byttet. De nye Van Dusen konstantene til det tilhørende temperaturelementet ble feilaktig lagt inn i PM på linjetemperaturelement A på linje 1. Dette har resultert i at begge temperaturelementene har brukt feil konstanter i denne perioden
- Tilbakefallsverdiene for trykk og temperatur var henholdsvis 210 bara og -2 °C. Disse bør ideelt sett ligge nærmest mulig reelle prosessbetingelser, som under tilsynet var ca. 165 bara og 49 °C.
- Grenseverdier på trykktransmittere er satt til 0,2 bar. Avvik fra krav i generisk vedlikehold.
- Virksomheten kan ikke dokumentere at forutsetningene for kontrollfrekvens som benyttes på fakkellgassinstrumenteringen overholdes.

Som sagt er eksemplene på de foregående sidene plukket ut eksplisitt fordi de beskriver flere av de forhold som er belyst tidligere i oppgaven for drifts og vedlikeholdsoppfølging av trykk, temperatur og væske tetthets målere. Observasjonene samsvarer godt med funn avdekket i kapittel 3.1, 3.2 og 3.3. Hadde det vært referert fra samtlige observasjoner her i oppgaven, ville det gått tydelig frem at likelydenes funn er gjort på mer eller mindre alle de instrument eller data bestanddeler målesystemene er bygget opp av.

For å ikke trekke forhastede slutninger, er det fornuftig å finne ut hvor mange tilsyn som er blitt utført, og hvordan avvik og observasjoner fordeler seg dem imellom. Ikke minst, ser vi en forbedring, eller peker pilen i negativ retning hvor antall avvik og observasjoner øker (Figur 39)?

Ser man isolert på utvikling av antall tilsyn, avvik og observasjoner viser trenden at tilsyn og observasjoner går nedover, mens avvik er nokså stabilt år for år. Trenden for antall tilsyn er i denne sammenheng underordnet da det er myndigheter og partnere som varsler når de vil gjennomføre. De har sine retningslinjer for når, hvorfor og hvordan, men det er ikke så vanskelig å tenke seg at fokus er rettet mot anleggene med størst produksjon, eller mot dem som har målemessige utfordringer. Figur 39 representerer totalen, og hadde vi sett en jevn og markant økning av tilsynsaktiviteter kunne man tolket det dithen at myndigheter og/eller partnere mener en tettere oppfølging er nødvendig. I stedet går det altså marginalt motsatt vei, uten at det skal tas til inntekt for at Statoil nyter noe større tillit blant partnere og myndigheter enn før. Det handler nok mer om tilfeldigheter og tilsynsplaner.

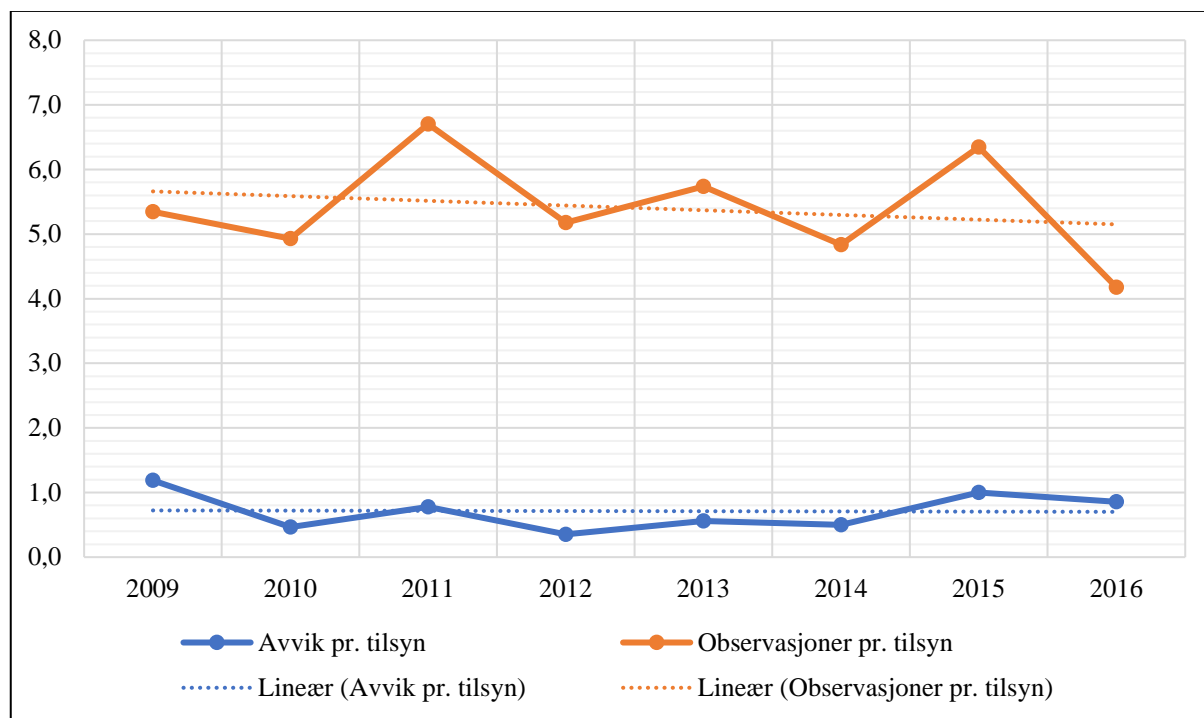


Figur 35 - Årlig utvikling antall, tilsyn, avvik og observasjoner (Kilde: Internt sammendrag av tilsynsrapporter)

Trenden for antall observasjoner går altså nedover, men det er noen år med store variasjoner som til en viss grad korrelerer med antall tilsyn for de respektive årene. Likevel, betydelige år til år variasjoner resulterer i større statistiske usikkerheter. Med andre ord, gir ikke isolert trending av antall observasjoner et godt grunnlag for å mene noe om utvikling.

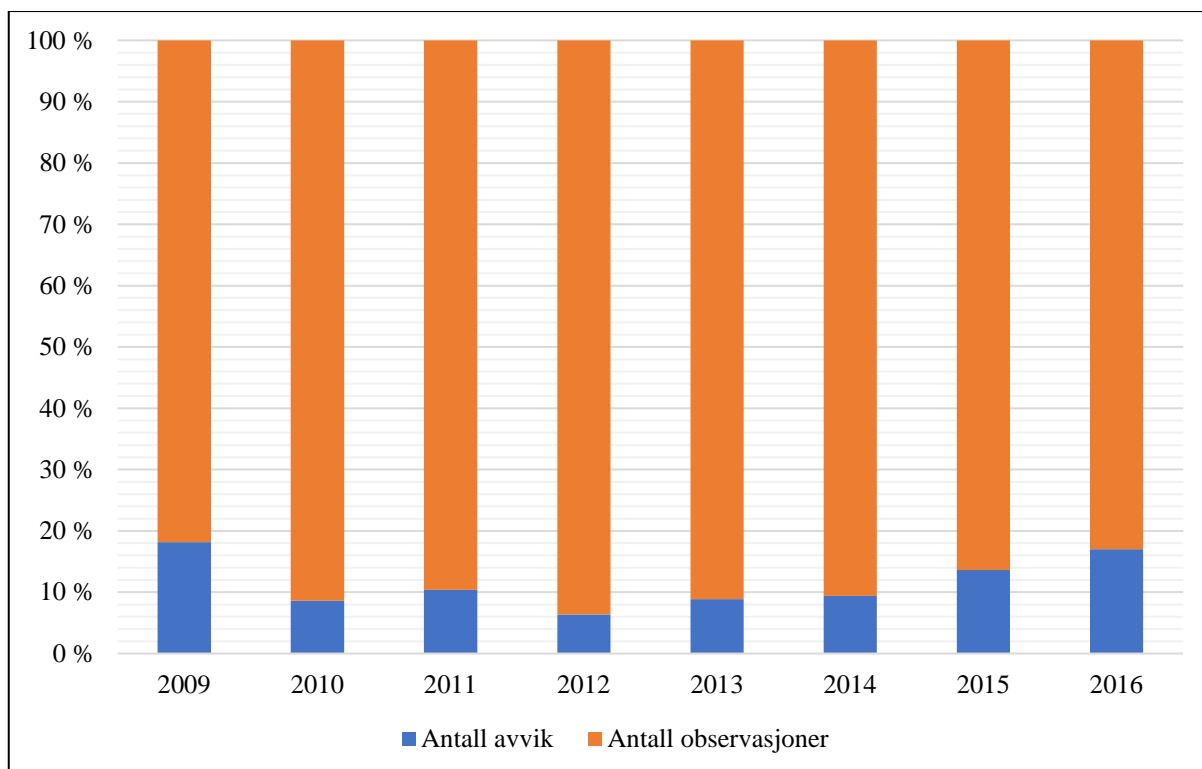
En bedre parameter vil være å se på antall avvik og observasjoner pr. tilsyn (Figur 36). Avvik pr. tilsyn ligger innenfor et spenn på 0,4 – 1,5, og utviklingen er så flat som den kan bli. Stabiliteten over tid er bemerkelsesverdig, uten at vi skal gå nærmere inn på dette i denne oppgaven.

Når det gjelder observasjoner, varierer det fra 4,2 – 6,7. En noe større spredning, men dette er å forvente ettersom antall observasjoner er større og kriteriene for dem er rundere enn for avvik. Trenden viser en marginal nedgang uten at dette gir oss grunnlag for å konkludere med at vi er i ferd med å bli bedre.



Figur 36 - Årlig utvikling avvik og observasjoner pr. tilsyn (Kilde: Internt sammendrag av tilsynsrapporter)

I teorien, og dokumentert i praksis, skal det være flere observasjoner enn avvik gitt definisjon av alvorlighet, men hvordan er den relative fordelingen mellom avvik og observasjoner, og hvorfor er det relevant? For å starte med det siste spørsmålet først. Dette sier oss noe om tilsyns aktørenes vektlegging av funn, og om det har endret seg over tid. Dermed gir det en indikasjon på forutsigbarhet og konsistente vurderinger i forhold til hva som utgjør et avvik og hva som utgjør en observasjon. Av Figur 37 observerer vi at avvikene utgjør fra 6 – 18% av funnene fra tilsyn i perioden 2009 – 2016, og at det ikke avtegner seg en trend i den ene eller andre retningen over tid. Det er heller ingen år som utpeker seg som «unormalt».



**Figur 37 - Relativ fordeling mellom avvik og observasjoner pr. år (Kilde: Internt sammendrag av tilsynsrapporter)**

Innhold i tilsynsrapportene underbygger så langt vi kan se flere av de punkter som er påpekt i kapittel 3.1 – 3.3. Samtidig er det viktig å være bevisst at årsakssammenhengene kan være sammensatte, for eksempel, mangelfullt vedlikehold kan være resultat av ikke-dekkende prosedyrer, konfigurasjonsfeil kan bero på feil i dokumentasjon, operasjonelle avvik kan skyldes manglende kunnskap/kompetanse og så videre. Inntrykket er likevel at virksomhetens overordnede organisatoriske og strukturelle rammeverk er på plass, men det foreligger mindre mangler i arbeidsprosesser og på prosedyre nivå. I større grad handler det om etterlevelse av gjeldene krav til drift og vedlikehold av målsystemene, hvor kunnskap, kompetanse og engasjement er essensielt for å sikre kontinuerlig drift av målsystemene innenfor de gitte operasjonelle driftsparametere.

### 3.4.2 Oppsummering

Gjennomgang av tilsynsfunn avslører at det er utstyrstekniske utfordringer som genererer flest avvik. Enkelte av disse opprettholdes år for år fordi de er krevende å løse teknisk, operasjonelt og økonomisk. Øvrige avvik registrert mot målesystemene fordeler seg på prosedyrer/rutiner, vedlikehold, kompetanse, dokumentasjon, konfigurasjon, og operasjon. Et fåtall av avvikene retter seg mot utstyrskategoriene trykktransmittere, temperaturtransmittere/element og tetthetsmålere. Derimot er det konstatert at det er gjort en mengde observasjoner vedrørende forhold som berører denne instrumenteringen. Observasjonene er i overensstemmelse med funn gjort i kapittel 3.1 – 3.3, hvor det er identifisert et forbedringspotensial innen områdene opplæring og kompetanse, alarmkonfigurering, prosedyrer, bruk av vedlikeholdskonsept, materialvalg og rutiner for rapportering og dokumentasjon.

Historisk utvikling for antall avvik og observasjoner i forbindelse med tilsyn fra 2009 – 2016 må sies å være nøytral, og det er heller ingenting i det benyttede kildematerialet som tilsier et strengere tilsynsregime. Selskapets overordnede organisatoriske og strukturelle rammeverk er på plass, så det handler mer om etterlevelse av gjeldene krav til drift og vedlikehold av målesystemene. Evalueringen av tilsynsfunn over angitt periode tilsier at Statoil i det store og hele opererer sine målesystemer i henhold til myndigheters og partneres forventinger.

# Kapittel 4 – Drøfting, oppsummering og konklusjon

Analysene for instrumentering på trykk, temperatur og væske tetthet har gitt god innsikt på vedlikeholdsstatus for de 3 instrument gruppene i løpet av de 10 siste årene. Noen av funnene treffer kun den aktuelle gruppen, mens andre går på tvers av instrumentkategorier og adresserer felles problemstillinger. Begge deler er oppsummert under de respektive kapitler for trykk, temperatur og tetthet. I tillegg støtter innhold i tilsynsrapportene oppunder flere av de forhold som er dokumentert i vedlikeholdsanalysene. Det er langt på vei stadfestet at virksomheten i sum drifter og vedlikeholder sine fiskale målesystem innenfor måleforskriftens bestemmelser og i henhold til selskapsinterne krav, men vi har ikke tatt stilling til hvorvidt forbedringene omtalt i kapittel 1.2 løfter oss i riktig retning eller ikke.

Starter vi med å undersøke betydningen av å få felles programvare for interne kalibreringer, er en av fordelene allerede dokumentert i praksis i denne oppgaven, nemlig muligheten for innhenting av kalibreringshistorikk på tvers av installasjonene for analyseformål. Andre fordeler, er elektronisk overføring av prosedyrer og instrumentdata mellom database og kalibrator, samt automatisk registrering av referanse og objektverdier under kalibrering, godt brukergrensesnitt, nettverksbasert databasetilgang og muligheter for brukere å bygge prosedyrer tilpasset ulike kontroll aktiviteter. Tilbakemeldinger fra brukerne av verktøyet er positiv fra dem som bruker det ofte og er blitt fortrolig med programvaren, mens andre opplever at inngangsterskelen er høy. Noe av årsaken til dette henger naturligvis sammen med hvor ofte man bruker verktøyet, til dels er det også aldersbetinget. En konsekvens av overgangen til kampanjemodell hvor en gruppering reiser rundt og utfører vedlikehold sammen med plattform personell, er at omfanget blir konsentrert i et begrenset tidsrom. Treffer dette alltid på samme skift risikerer vi «falming» av kompetanse på de andre skiftene. Dette forsterkes ytterligere av et annet forbedringstiltak omhandlet i denne oppgaven, hvilket går på utvidelse av maksimums vedlikeholdsintervall etter revidering av krav for etablering av fiskalt FV program. En annen uheldig bieffekt, er at noen systemer det er ment å erstatte har en integrasjon mot ikke-fiskal instrumentering og materiellstyring som ikke uten videre kan legges død. Dermed opplever man å opprettholde to aktive systemer med hvert sitt formål.

Når vi studerte utførte kalibreringer i CMX ble det oppdaget feil som indikerte ulik praksis på gjennomføring og dokumentasjon, og vi antydte manglende kunnskap, kompetanse og prosedyrer som årsak. I og for seg en rimelig konklusjon basert på kildematerialet, men kan det også være at mulighetene i programvaren er for store slik at dette blir en bidragsyter til feil? Det kan det være, men sammenligner man det nye verktøyet med de systemene det skal erstatte, er CMX mer intuitivt enn sine forgjengere, og uten tvil en forbedring.

Så, selv om verktøyet i seg selv er bra, ser vi at både menneskelige, organisatoriske og system faktorer slår inn når effekten skal evalueres, men hva var egentlig alternativet til ikke å innføre et felles system? Fortsette å holde liv i gammel programvare, og la den



enkelte enhet avgjøre når det er på tide å bytte, og hva slags produkt en bytter til? Dette ville ikke vært en farbar vei av flere grunner. For det første bryter det med selskapets målsetning om å hente ut stordriftsfordeler gjennom å standardisere og forenkle. Flere systemer gir økte kostnader til innkjøp, bruk (lisenser), vedlikehold og opplæring. For det andre går det på hva som møter partnere og myndigheter når de er ute på tilsyn. Risikoen for at toleransegrenser, kalibreringsprosedyrer og andre viktige data avviker fra anlegg til anlegg er større dersom det er forskjellige systemer er i drift enn om alt er samlet i ett verktøy. I tillegg kan de individuelle mulighetene mellom programvarer bidra til opprettelse av egne lokale arbeidsrutiner som av og til etterlater inntrykk ovenfor tilsynsaktører at virksomheten er inkonsekvent i sitt drifts og vedlikeholdsregime. Problemstillingen overlapper med utfordringer for fiskale arkiv. §29 i måleforskriften krever at *det skal etableres og vedlikeholdes et arkiv som skal omfatte dokumentasjon vedrørende målsystemet.*

Overgangen fra papirarkiv til elektroniske arkiv er en naturlig følge av teknologiutviklingen, og temmelig uunngåelig. Det interessante i så måte, er valg av løsning og om vi klarer å opprettholde et utfyllende og oppdatert arkiv på en bedre måte enn tidligere. At Statoil landet på den elektroniske arbeidsplattformen teamsite med tilhørende bibliotek funksjon var på bakgrunn av kost/nytte vurderinger. Med andre ord ble det ansett som godt nok med tanke på hva som var mulig å få til i eksisterende elektroniske samarbeidsløsninger, dog måtte man kompromisere noe på ønsket funksjonalitet.

Håndtering av dokumentasjon i fiskalt arkiv er enkel og krever ingen spesiell datakyndig kompetanse. Systemet bygger på kjent, veletablert mappestruktur og gruppering ved hjelp av nøkkelord. Dokumentene lastes opp, tituleres, kategoriseres og legges som aktiv. Utgående dokumenter settes historisk. I prinsippet en overkommelig oppgave, men i analysen av tilsynsfunn fant vi gjentakende observasjoner på rot i arkivet og tilbakemeldinger på at det ikke benyttes som tiltenkt. Hva skyldes dette?

Erfaringsmessig er det endringsvegring, og det klassiske argumentet er hvorfor endre på noe som fungerer. Men, at noe fungerer er ikke ensbetydende med at det ikke kan bli bedre, og det endrer ikke det faktum at innholdet i et arkiv kun reflekterer etterlevelsen til menneskene som er ansvarlig for å oppretthold kontroll på dokumentasjonen. Da blir spørsmålet hvorfor det er negativ utvikling i kvalitet på fiskalt arkiv for enkelte anlegg fra gammelt til nytt? En av grunnene kan ligge i utrullingsprosessen. Ble dette kommunisert godt nok ut til driftene; hva, når, hvem, hvorfor, hvordan? Eller, er det symptomatisk for generell misnøye blant måleteknisk personell offshore på grunn av beslutningen om felles driftsmodell og overføring av oppgaver til land? Det er ikke utført undersøkelser i denne oppgaven som kan gi utdypende svar på disse spørsmålene. Det vi kan slå fast, er at det er gjort ulike grep med teamsite løsningen i løpet av årene den har vært i drift. Enkelte av disse grepene har vært styrt på et overordnet IT nivå, hvor større oppgraderinger trigger utfordringer på brukernivå. Dernest har interne valg for å forbedre funksjonalitet vært iverksatt, med varierende suksess. Slike humper i veien, hvor nødvendig de enn må være, hjelper naturligvis ikke på prosessen med å etablere et velfungerende elektronisk arkiv.

Vi er nok ikke der vi ønsker å være med tanke på fiskalt arkiv, i den forstand at nåværende arkivløsning ikke etterleves til forventet nivå. Det betyr likevel ikke at essensiell dokumentasjon vedrørende målsystemet mangler, men at det kan befinne seg i et lokalt «uoffisielt» arkiv. Videre kan man spørre seg om løsningen med arkiv på teamsite er levedyktig også fremover. Her er det ikke utenkelig at denne type arbeidsplattform på et

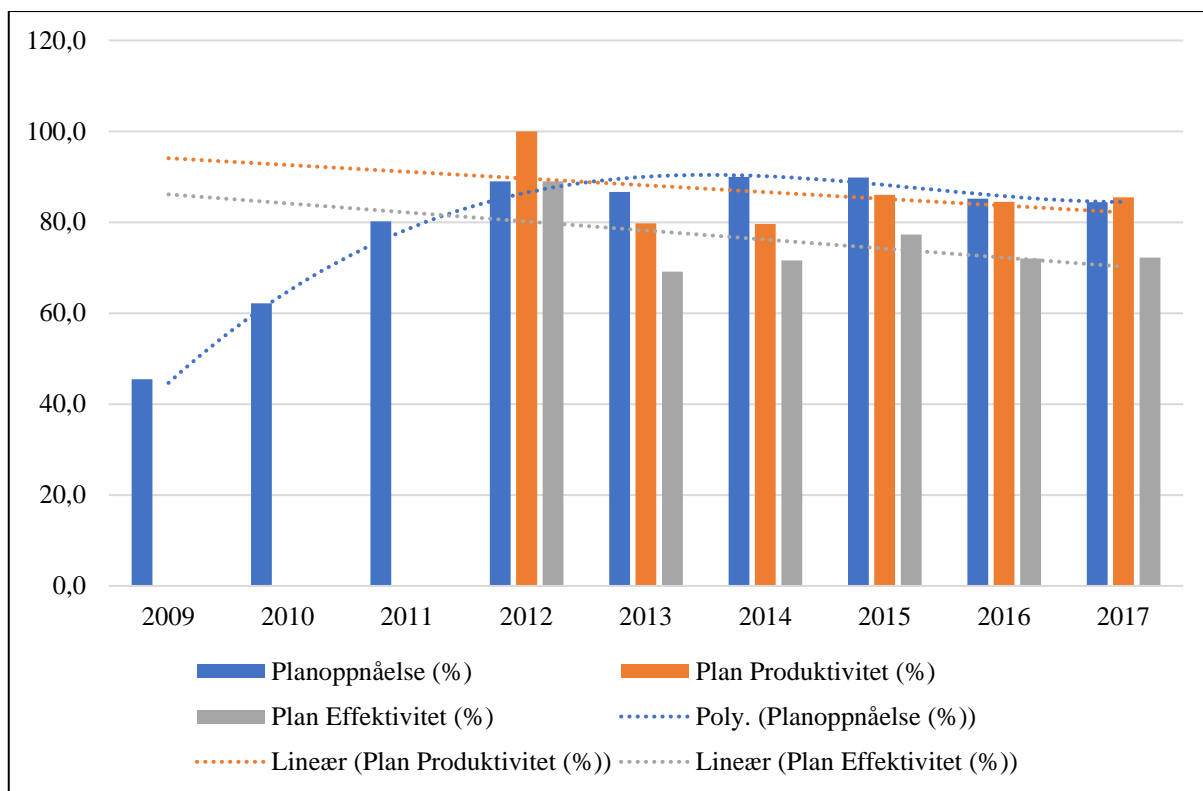
tidspunkt erstattes av sky løsninger hvor det er tilrettelagt for alle funksjonaliteter et fiskalt arkiv må ha.

Innenfor rammene av felles driftsmodell, styringssystem, økonomi og personell er det gjort diverse organisatoriske grep i avdeling for vedlikeholdsstøtte for å optimalisere tjenesteleveransen til plattformene. Sentralt i dette arbeidet har vært å imøtekomme driftenes forventninger til forutsigbarhet og kvalitet i planarbeid, sikker og effektiv gjennomføring av vedlikeholdskampanjer, og kompetent teknisk støtte når det oppstår problemer med målesystemene. I de første årene etter innføring av felles driftsmodell la man til grunn en fordeling av installasjoner mellom ressursene i avdelingen der de samme 2 - 3 personene ivaretok driftsoppfølging (daglig sjekk av målesystemene fra land) og kampanjevirkosomhet mot «sine» plattformer. I forhold til gjennomføring av vedlikeholdskampanjer fungerte dette bra, men på driftsstøtte, planlegging og tilretteleggingssiden ble det fra operasjonsgruppene etterlyst bedre kontinuitet og tydeligere ansvarliggjøring. Erfaring viste at kampanjevirkosomhet og avspasering for ansvarlig personell ofte overlappet, og dermed oppstod det stillstand i plan og tilretteleggingsarbeidet, i tillegg til manglende driftsoppfølging. For å bøte på dette ble rollene og kompetansen i avdelingen spisset. Daglig sjekk av målesystemene skulle nå ivaretas av en gruppe bestående av 4 faste personer som daglig kontrollerte samtlige installasjoner. Det ble etablert 4 koordinatorroller hvis oppgave var å samordne avdelingens vedlikeholdsaktiviteter og ivareta dialog med de ulike grensesnittene. Ytterligere 1 ressurs ble avsatt til å følge opp erstatning og modifikasjons prosjekter på anlegg i drift. For å beholde variasjon i arbeidsoppgavene var intensjonen å rotere disse rollene med jevne mellomrom ut i fra individuelle behov og ønsker. Denne måten å organisere avdelingen på hadde klare opp-sider, men også noen ned-sider, der de mest fremtredende nettopp var risikoen for manglende på variasjon og en opplevd splitting av avdelingen.

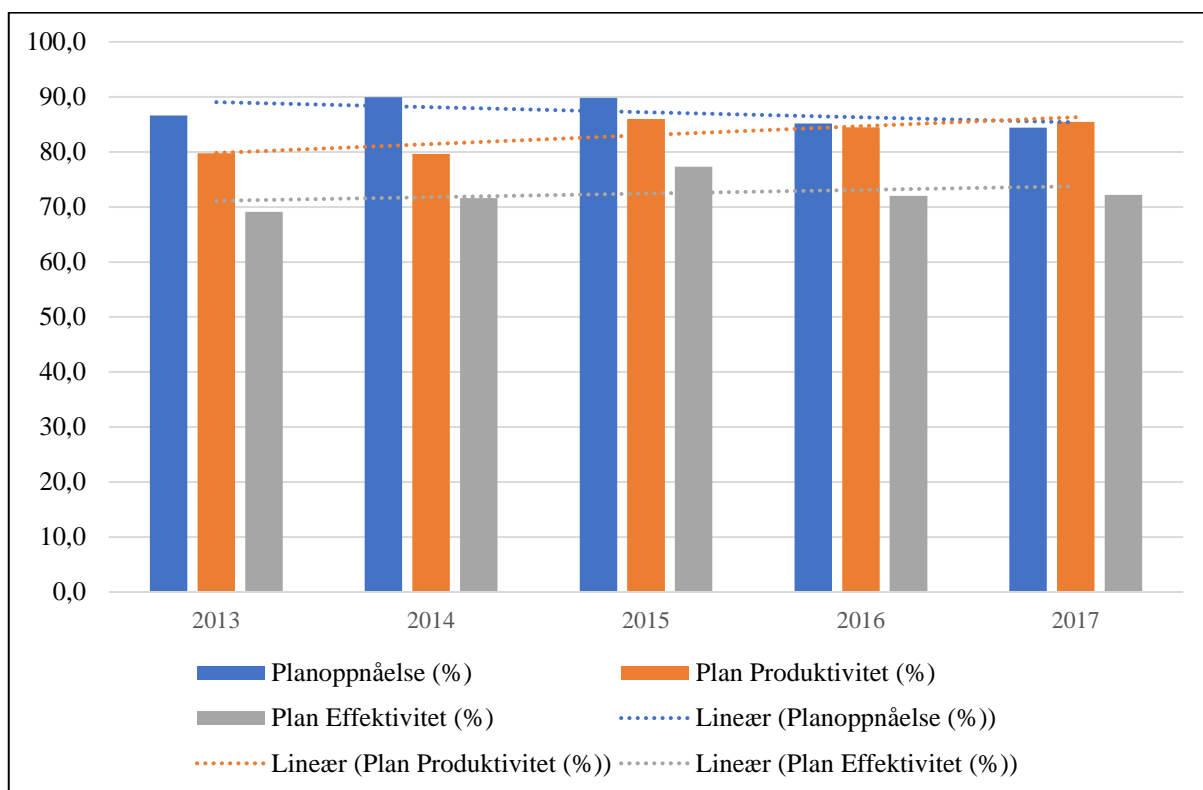
Etter beslutning om å prøve ut denne typen organisering oppgaven i avdeling for vedlikeholdsstøtte, har diverse omstendigheter medført endrede forutsetninger, hvilket gjør det vanskelig å foreta en presis evaluering av tiltaket. Blant annet har avdelingen jevnlig avgitt personell til det interne stillingsmarkedet. I utgangspunktet er det positivt at avdelingens personell er attraktivt for andre enheter, det sier noe om nivået på fagkompetansen. På den andre siden kan man spørre seg hvorfor de søker seg vekk? I alle tilfeller skaper det kapasitetsutfordringer i den grad avdelingsressurser må benyttes til etterrekruttering, opplæring og «bli kjent» aktiviteter. Dette er noe alle organisasjoner kjenner på og må leve med. På sikt er det også sunt med utskifting. Problemet oppstår når frekvensen på utskiftninger er høy eller tiltar, og det påvirker enhetens evne til å levere som forventet. Man skal ikke underslå betydningen av organisasjon, mennesker og miljø i en vedlikeholdskontekst, og det er åpenbare følger ved feilbalansering av oppgaver og ressurser. Inntrykket etter flere års samarbeid med personell som har oppgaver mot de fiskale målesystemene er at de strekker seg langt for å opprettholde kvalitet på vedlikeholdsleveranser, selv om det er dissens på besluttede organisatoriske endringer. I forhold til oppgavens målsetning kan vi ikke konkludere på dette punktet, og erkjenner at dette er et komplekst tema som krever mer inngående analyser. Uten at det gir oss noe dypere innsikt i underliggende faktorer, finnes det målstyringsverktøy som gir et bilde på prestasjoner over tid. Nøkkeltallsindikatorerne (KPI) vist i Figur<sup>14</sup> 38 og 39 avslører relativt stabile leveranser de siste 5 årene.

---

<sup>14</sup> 2017 inkluderer måling til og med oktober



Figur 38 - Årlig KPI utvikling for utførte vedlikeholdsaktiviteter (Kilde: OPD)



Figur 39 - Årlig KPI utvikling for utførte vedlikeholdsaktiviteter siste 5 år (Kilde: OPD)

*Planoppnåelse* henviser til hvor mange av de planlagte operasjoner som er utført i planperioden, og hvor mange som gjenstår.

*Planproduktiviteten* er forholdet mellom hvilke operasjoner det er sagt man skal arbeide mot og hva man faktisk har jobbet mot.

*Planeffektivitet* er produktet av *Planoppnåelse* og *Planproduktiviteten*.

Målingene viser hvor god avdeling for vedlikeholdsstøtte er på planlegging og gjennomføring av vedlikeholdskampanjer. Årene 2009 – 2011 må ansees som oppstartsår. For 2012 er det målt 100% planoppnåelse hvilket virker mistenkelig. Det var også første året man målte samlet på disse tre parameterne. Av den grunn er det inkludert en figur som bare representerer de 5 siste årene. Det har altså vært mulig å opprettholde kvalitet på et høyt nivå til tross for personell utskiftninger.

Beslutninger om å oppgradere eller skifte ut målsystem komponenter/utstyr er fundamentert på levetidsvurderinger, produktjonsutvikling, teknologiutvikling/utfasing og akutte behov. Bruk av ny teknologi eller nye modeller kan gå begge veier, og opptrer gjerne i faser ut i fra et vedlikeholdsperspektiv; hvilke vedlikehold er nødvendig, hvor ofte, hvem utfører? Dette endres underveis i livsløpet. Leverandørens totale produkt (tjenester og materiell) spiller også inn her, for eksempel om det inngår kursing, kundestøtte, reservedels beredskap osv. Det tar tid å opparbeide seg erfaring med nytt utstyr, og kunststykke er å vite i når det er riktig å prøve nytt og når det er fornuftig å holde seg til velprøvde teknologier. Modell sammenligningene utført i kapittel 3.1 og 3.1 ga oss ikke entydige svar, og litt av utfordringen med slike analyser er den ulike tiden nytt og gammelt har vært i drift, og hvilke forhold de opererer under. Først når det er gått tilstrekkelig med tid og man har en god nok populasjon å sammenligne, vil det være mulig å hente inn et solid analyse grunnlag.

Kombinasjonen av tilstandsmonitorering og kalenderbasert vedlikehold er veletablert, og med over tretti installasjoner er potensiale for å hente ut stordriftsfordeler absolutt til stedet. Målsetningen har vært å få lagt til rette for tilgang til alle målesystemene fra land, og at daglige tilstandssjekker utføres av fra driftstøttesenter på Sandsli. På enkelte installasjoner har det vært en tidkrevende prosess å få på plass tilgangene. Fremdeles er vi ikke i mål, og årsakene er delte; manglende IT struktur, sikringshensyn, eldre systemer, kostnader, uklare grensesnitt etc. Selv om det til tider er krevende å jobbe fremover disse sakene, beveger vi oss i riktig retning. Riktig konfigurering av målesystemene er essensielt, men like viktig er det at personellet som bemanner driftstøttesenteret blir gitt mulighetene til å utføre jobben på et høyt kvalitativt nivå. Under analysene i kapittel 3.1 – 3.3 fokuserte hva som var rapportert inn, og ikke hva som var foranledningen til rapporteringen. Gjennomgang av de daglige sjekklister viser at første linje deteksjon ofte har sitt utspring fra daglig kvalitetssikring, men det er ikke dermed sagt alle hendelser formaliseres gjennom notifikasjoner. Det er vanlig å etablere dialog med måleansvarlig om bord på installasjonen for avklaring av status når en oppdager irregulariteter. Planlagte og uplanlagte prosess og produksjons forandringer kan medføre alarmering uten at det betyr feil på målesystemet. At samhandlingen med installasjon ivaretas på en god måte, er helt nødvendig for å unngå feil/overrapportering og igangsetting av unødvendige kompensierende tiltak. Erfaring og gjennomgått dokumentasjon viser at kombinasjonen av tilstandsmonitorering og kalenderbasert vedlikehold kan fungere svært godt, men det er det er to viktige forutsetninger som må være oppfylt; kompetanse og kapasitet.

Utvikling og vedlikehold av kompetanse er avgjørende, men hvor tung trenger kompetansen å være, og hvor mange må besitte den? Her er samarbeidet med leverandørene en nøkkelfaktor. Med ansvar for det fiskale vedlikeholdet må vår sektor avgjøre hva som er hensiktsmessig å bruke leverandører på og hva bør vi gjøre selv? Deretter kommer spørsmålet; kan vi gjøre selv, alt vi har lyst til å gjøre selv? Det er ikke alltid like opplagt hva som er det beste alternativet. Hovedelementet i kjøpe/gjøre-selv er kostnader. Hva er bedriften tjent med? Konsensusen i avdeling for vedlikeholdsstøtte er at vi må få opp kompetansen på enkelte utstyrsgupper for å kunne yte bedre tjenester til våre kunder, plattformene. Dette har vi oppnådd på en type utstyr, og reduksjonen på leverandørkost er tydelig. Ikke bare har vi tilegnet oss kunnskap, men er også i stand til å overføre den videre til internt personell til lavere kost enn om det skulle gjennomføres som eksterne kursaktiviteter.

Proessen med å kvalitetssikre vedlikeholdskonsepter og implementere aktivitetene i de fiskale FV programmene ble som sagt ferdigstilt Q3 2017, så det er altfor tidlig å evaluere effekten av dette arbeidet. Signalene så langt er at dette har vært et løft, men det er en risiko for at standardiseringen av programstruktur og innhold utvannes over tid dersom man godtar endringsforslag til FV program på tvers av vedtatt program mal.

## 4.1 Oppsummering

Det er naturlig å starte oppsummering med en repetisjon av hva som var intensjonen med oppgaven. I kapittel 1.3.1 ble hovedmål og delmål presentert.

*Hovedmålet for denne masteroppgave er å gjennomføre en vedlikeholdsstudie som kan belyse hvorvidt drift- og vedlikeholdsoppfølgingen av fiskale instrumenter har utviklet seg i positiv eller negativ retning, og i hvilken grad det er relatert til de siste års forbedringstiltak.*

*Følgende delmål er satt for arbeidet:*

- *Innhente driftshistorikk og vedlikeholdsdata for utvalgte instrumentgrupper*
- *Analysere driftshistorikk og vedlikeholdsdata for utvalgte instrumentgrupper*
- *Innhente informasjon fra tilsynsrapporter*
- *Tolke informasjon fra tilsynsrapporter*
- *Diskutere analysefunn og effekt av forbedringsarbeid*
- *Konkludere*

Innen instrument kategoriene trykk, temperatur og tetthet for olje/kondensat er det samlet inn og analysert driftshistorikk og vedlikeholdsdata. Analysene peker i retning av at vedlikehold og driftsoppfølging for disse instrumentgruppene har vært tilstrekkelig for å holde oss innenfor måleforskriftens bestemmelser. Risikoen for udetekterte måleavvik over tid, med betydelig økonomisk tapspotensiale er liten. Dog er det vesentlige forskjeller i svikt frekvens mellom gruppene, et tegn som kan tolkes dithen at det er muligheter for å finjustere på intervall og aktiviteter for å oppnå større grad av drifts pålitelighet.

Det er også identifisert et forbedringspotensial i vedlikeholdsprosedyrene og praksis for rapportering og dokumentasjon.

Funn som er gjort i forbindelse gjennomgang av notifikasjoner, arbeidsordrer og kalibreringsbevis antyder varierende grad av kompetanse, men det kan ikke utelukkes at noe skyldes stramme arbeidsplaner.

Innhenting og tolkning av informasjon i tilsynsrapporter underbygger de funn som ble avdekket i vedlikeholdsanalysen av trykk, temperatur og tetthet.

Effekten av forbedringsarbeidet er i enkelte tilfeller vanskelig å måle fordi omstendighetene har endret seg, eller er i endring. Tiltakene er initiert på ulike tidspunkt, og de ferskeste er nok ikke moden for evaluering riktig ennå. Andre krever mer dyptgående studier for å kunne konkludere med en rimelig grad av sikkerhet. De store løftene som er gjort innen standardisering av det fiskale vedlikeholdet, herunder innføring av generiske vedlikeholdsprogrammer og implementering av fiskale vedlikeholdskonsepter, har tatt oss nærmere målet om likt vedlikehold for likt utstyr. Kjøpe/gjøre-selv vurderingene har så langt slått positivt ut. Vedlikeholdsleveransene har holdt et jevnt høyt nivå de siste 5 årene, og vi ser indikasjoner på at sviktrate for to av de tre utstyrsguppene er på vei nedover.

## 4.2 Konklusjon

Summen av funn i analyser og drøfting tyder på at vi beveger oss i riktig retning, men det fulle potensiale i forbedringstiltakene er ennå ikke hentet ut.

Ytterligere tiltak bør iverksettes for å lukke gap i kompetanse, vedlikeholdsprosedyrer og praksis for rapportering og dokumentasjon.

# Referanser

## Innledende kommentar

Alle Statoil referanser er klassifisert som interne dokumenter, og er ikke tilgjengelig for eksterne aktører uten godkjent brukernavn og passord. Ved kildekontroll av disse, vennligst kontakt forfatter av oppgaven.

Lovdata. (2001). *Forskrift om måling av petroleum for fiskale formål og for beregning av CO<sub>2</sub>-avgift.*

Hentet fra

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2001-11-01-1234>

[25.08.2017]

Norsk Standard. (2010). *Vedlikehold, Vedlikeholdsterminologi.* (NS-EN 13306:2010).

Hentet fra

<http://www.standard.no>

[05.09.2017]

Statoil. ARIS. (2017). *R-11992 - Utarbeide vedlikeholdsprogram for fiskale målesystemer.*

Hentet fra

<http://aris.statoil.no/?objectguid=b5706021-b20b-11e0-1582-9584ed6eea9e>

[05.12.2017].

Statoil. DocMap. (2016) *GL0572 Retningslinjer for tilstandsbasert vedlikehold.*

Hentet fra

<http://docmap.statoil.no/DocMap/page/doc/dmDocAll.html?DOCVIEW=FALSE?DOCID=1027571>

[15.08.2017].

Statoil DocMap. (2015). *GL1623 Retningslinjer for etablering av vedlikeholdskonsept.*

Hentet fra

<http://docmap.statoil.no/DocMap/page/doc/dmDocIndex.html?DOCVIEW=FALSE?DOCID=1024585>

[15.08.2017].

Statoil. DocMap. (2015). *GL1624 Retningslinjer for utarbeidelse av FV-program.*

Hentet fra

<http://docmap.statoil.no/DocMap/page/doc/dmDocAll.html?DOCVIEW=FALSE?DOCID=1022701>

[15.08.2017].

Statoil. DocMap. (2014). *TR0814 Metering systems for fiscal, allocation or custody transfer applications.*

Hentet fra

<http://docmap.statoil.no/DocMap/page/doc/dmDocAll.html?DOCVIEW=FALSE?DOCKEYID=530155>

[15.08.2017].





Statoil. DocMap. (2016). *TR1244 Technical requirements for facilities scope and cost estimate classes - offshore projects.*

Hentet fra

<http://docmap.statoil.no/DocMap/page/doc/dmDocAll.html?DOCVIEW=FALSE?DOCID=1027083>

[08.08.2017].

Statoil. Entry. (2009). Samleside Felles Driftsmodell. *Introduksjon.*

Hentet fra

<http://entry.statoil.no/Organisation/Units/64914/fellesdriftsmodell/Pages/default.aspx>

[01.08.2017]

Statoil. Teamsite. (2014). Power Point presentasjon. *Klassifisere for konsekvens – en introduksjon.*

Hentet fra

[http://team.statoil.com/sites/ts-47385/MFOFOSF/OM02.01.01%20Klassifisere%20for%20konsekvens/\\_layouts/PowerPoint.aspx?PowerPointView=ReadingView&PresentationId=/sites/ts-47385/MFOFOSF/OM02.01.01%20Klassifisere%20for%20konsekvens/OM020101%20Klassifisere%20for%20konsekvens/20140625%20-%20Presentasjon%20avdelingsm%C3%B8te.pptx&Source=http%3A%2F%2Fteam%2Estateoil%2Ecom%2Fsites%2Fts%2D47385%2FMFOFOSF%2FOM02%2E01%2E01%2520Klassifisere%2520for%2520konsekvens%2FOM020101%2520Klassifisere%2520for%2520konsekvens%2FForms%2FAAllItems%2Easpx&DefaultItemOpen=1](http://team.statoil.com/sites/ts-47385/MFOFOSF/OM02.01.01%20Klassifisere%20for%20konsekvens/_layouts/PowerPoint.aspx?PowerPointView=ReadingView&PresentationId=/sites/ts-47385/MFOFOSF/OM02.01.01%20Klassifisere%20for%20konsekvens/OM020101%20Klassifisere%20for%20konsekvens/20140625%20-%20Presentasjon%20avdelingsm%C3%B8te.pptx&Source=http%3A%2F%2Fteam%2Estateoil%2Ecom%2Fsites%2Fts%2D47385%2FMFOFOSF%2FOM02%2E01%2E01%2520Klassifisere%2520for%2520konsekvens%2FOM020101%2520Klassifisere%2520for%2520konsekvens%2FForms%2FAAllItems%2Easpx&DefaultItemOpen=1)

[08.08.2017].

Statoil. Teamsite. (2016) Power Point presentasjon. *Operasjonsmodell TMC - Teknisk Flerfeltcenter Versjon 2.0.*

Hentet fra

[http://team-2.statoil.com/sites/ts-97473/\\_layouts/PowerPoint.aspx?PowerPointView=ReadingView&PresentationId=/sites/ts-97473/Shared%20Documents/Operasjonsmodell%20TMC%20%2001.02.2016.pptx](http://team-2.statoil.com/sites/ts-97473/_layouts/PowerPoint.aspx?PowerPointView=ReadingView&PresentationId=/sites/ts-97473/Shared%20Documents/Operasjonsmodell%20TMC%20%2001.02.2016.pptx)

[08.08.2017].

Statoil. Teamsite. (2016). Power Point presentasjon. *Optimalisert Driftsmodell.*

Hentet fra

[http://team-2.statoil.com/sites/ts-97478/infoallestatoil/\\_layouts/PowerPoint.aspx?PowerPointView=ReadingView&PresentationId=/sites/ts-97478/infoallestatoil/Shared%20Documents/Optimalisert%20felles%20driftsmodell%20-%20OTE%20TI%2029.11.16%20final.pptx&DefaultItemOpen=1](http://team-2.statoil.com/sites/ts-97478/infoallestatoil/_layouts/PowerPoint.aspx?PowerPointView=ReadingView&PresentationId=/sites/ts-97478/infoallestatoil/Shared%20Documents/Optimalisert%20felles%20driftsmodell%20-%20OTE%20TI%2029.11.16%20final.pptx&DefaultItemOpen=1)

[08.08.2017].

Statoil. Teamsite. (2015). Power Point presentasjon. *Optimization of maintenance Fiscal metering-NPD 2015.*

Hentet fra

[http://team-2.statoil.com/sites/ts-97527/\\_layouts/PowerPoint.aspx?PowerPointView=ReadingView&PresentationId=/sites/ts-97527/Presentasjoner/Optimization%20of%20maintenance%20Fiscal%20metering%20-%20review%20of%20R11992\\_NPD%20280815.pptx&DefaultItemOpen=1](http://team-2.statoil.com/sites/ts-97527/_layouts/PowerPoint.aspx?PowerPointView=ReadingView&PresentationId=/sites/ts-97527/Presentasjoner/Optimization%20of%20maintenance%20Fiscal%20metering%20-%20review%20of%20R11992_NPD%20280815.pptx&DefaultItemOpen=1)

[03.08.2017].

Statoil. Teamsite. (2012) Power Point presentasjon. *Plant Integrity prosjektet – Forbedret vedlikeholdsstyring*.

Hentet fra

[http://team.statoil.com/sites/ts-25017/plantint/Information%20material/\\_layouts/PowerPoint.aspx?PowerPointView=ReadingView&PresentationId=/sites/ts-25017/plantint/Information%20material/Shared%20Documents/Arkiv/Plant%20Integrity%20-%20Intro%20til%20prosjektet.ppt&DefaultItemOpen=1](http://team.statoil.com/sites/ts-25017/plantint/Information%20material/_layouts/PowerPoint.aspx?PowerPointView=ReadingView&PresentationId=/sites/ts-25017/plantint/Information%20material/Shared%20Documents/Arkiv/Plant%20Integrity%20-%20Intro%20til%20prosjektet.ppt&DefaultItemOpen=1)

[03.08.2017].