



## Revision and Approval Form

TECHNICAL REPORT		
Title		
Risikoelementer knyttet til integrering av nye undervannsanlegg mot eksisterende installasjoner		
Report No. 23-08-75		
Client	Client Contact	Client Reference
Petroleumstilsynet (Ptil)	Morten Andre Langøy	2023/1209

Name	Date	Signature
Prepared by Maria Eriksen Hans Jørgen Lindland Tor Arvid Sande Ingrid Karstensen	15.12.2023	<i>Maria Eriksen</i> <i>Hans Jørgen Lindland</i> <i>Tor Arvid Sande</i> <i>Ingrid Karstensen</i>
Verified by: Helge Hatlestad		<i>Helge Hatlestad</i>
Approved by: Bengt B. Hope	15.12.2023	

Rev. No.	Revision History	Rev date
1	Utkast sendt til PTIL	27.11.2023
2	Endelig rapport	15.12.2023



## Executive summary

Denne rapporten kommer i forlengelsen av tidligere rapporter som IKM Acona har utarbeidet på oppdrag av Ptil. Fokus for alle rapportene har vært HMS under oppstart og i drift.

- [«Utredning av feltutbyggingsprosjekter på norsk sokkel»](#). Rapporten fra 2019 ser på læring fra 3 store utbyggingsprosjekter på norsk sokkel og dekker prosjektene fra tidlig fase til oppstart.
- [«Indikatorer på HMS-utfordringer i utbyggingsprosjekter»](#). Basert på funnene i rapporten nevnt ovenfor, er det utarbeidet et sett indikatorer som kan brukes i planleggingsfasen frem til PUD for å identifisere utfordringer knyttet til sikker oppstart og drift.
- [«HMS-utfordringer for sikker oppstart og drift av utbyggingsprosjekter»](#). Ytterligere videreføring av foregående rapport (frem til PUD) og basert på tilsvarende metodikk, resulterte i indikatorer som kan brukes i gjennomføringsfasen.

Denne forstudien har identifisert og kartlagt risikoelementer knyttet til oppkobling og integrering av nye undervannsanlegg mot eksisterende installasjoner. Risikoelementene er definert innenfor de tre hovedgruppene Undervannsanlegg, Vertsinnretning og for Grensesnittet mellom de to. Det er tatt utgangspunkt i de utfordringer som ble definert i de foregående studier.

I Ptil sin oppdragsbeskrivelse er det spesifikt bedt om å sette søkelys på prosessikkerhet og konstruksjonssikkerhet knyttet til modifikasjoner på vertsinnetningen. Forstudien har bevisst valgt å inkludere undervannsanlegg i arbeidet hvilket begrunnes med at det er helt nødvendig å se på slike utbygginger som ett sammenhengende totalsystem. Det vises til at årsaken til risiko situasjoner på vertsinnetningen har sitt 'opphav' i manglende systemforståelse og hendelser i oppstrøms anlegg (eksempelvis brønn, SPS eller SURF).

Tabeller med risikoelementer ble utarbeidet og brukt som underlag for dybdeintervjuer med aktører i industrien. Det var en stor grad av gjenkjennbarhet i de definerte risikoelementene. Forprosjektets arbeide viser at opphav til risiko gjerne kommer innenfor mangler i følgende hovedelementer:

- Kvalitet i Design Basis
- Samarbeid og kommunikasjon mellom aktører i et satellittutbyggingsprosjekt
- Systemforståelse og kompetanse i hele verdikjeden
- Erfaringsoverføring mellom aktører

## Innholdsfortegnelse

Forkortelser .....	6
Figurer .....	7
Tabeller.....	8
1 Bakgrunn .....	9
2 Innledning .....	10
10 bud for god prosjektoppfølgning.....	10
Utfordringer ved utbygging av satellittfelt tilknyttet vertsinnetning .....	11
3 Analyser av tilgjengelig informasjon .....	13
Granskings- og tilsynsrapporter fra Ptil .....	13
RNNP .....	14
Rapporterte hendelser fra Energi24 database .....	14
Informasjon i ACES kostnadsdatabase .....	16
4 Kategorisering av konsepter .....	18
Undervannsanleggene.....	19
Kontrollsystem.....	20
Oppkobling til infrastruktur på havbunnen.....	21
Vertsinnetning og modifikasjoner.....	21
Karakteristikk ved tilknytning av undervannsanlegg til eksisterende infrastruktur .....	22
5 Dybdeintervjuer .....	24
6 Identifikasjon av risikoelementer/indikatorer .....	25
Metodikk: Indikatorer på HMS-utfordringer for oppfølging av utbyggingsprosjekter .....	25
Metodikk: Risikoelementer for satellittfelt/undervannsutbygginger knyttet opp til vertsinnetning .....	27
Risikoelementer basert på erfaring og kunnskap.....	29
7 Risikoelementer satellittfelt/undervannsanlegg .....	30
Reservoar forståelse .....	33
Fase konvolutter .....	33
Komponenter.....	33
Geologi.....	33
Brønn design.....	33
Brønn komplettering .....	33
Kompleksitet SPS .....	34
Driftsforhold SPS.....	34
Ny teknologi SPS.....	34
Beskyttelse SURF .....	34
Materialteknologi SURF.....	34
Operasjonsforhold SURF.....	35
Strømningsanalyser - fluid komposisjon .....	35
Strømningsanalyser - transienter .....	35
8 Risikoelementer vertsinnetning.....	36
Vektkontroll og bæreevne.....	39
Skipskollisjoner .....	39
Endrede klimatiske forhold .....	39



## Forkortelser

---

ACES	Acona Cost Estimation Software
CCR	Central Control Room (Hoved kontrollrom)
DFU	Definerte Fare og Ulykkeshendelser
DG	Decision Gate (Beslutningspunkt)
DG1	Beslutning om konkretisering (BoK i oljedirektoratets terminologi)
DG2	Beslutning om videreføring (BoV i oljedirektoratets terminologi)
DG3	Beslutning om utbygging (milepæl)
DG4	Prosjekt er overlevert til drift (milepæl)
EPCI	Engineering, Procurement, Construction and Installation (kontraktsform)
Feed	Front end engineering and design
FPSO	Floating Production and Storage
GBS	Gravity Based Structure
GOR	Gas Oil Ratio
Hazid	Hazard identification (systematikk)
Hazop	Hazard and operability analysis (systematikk)
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
HPHT	High Pressure - High Temperatur (om brønner)
KI/AI	Kunstig Intelligens/Artificial Intelligence
MoC	Management of Change - en prosess for håndtering av endringer
OED	Olje- og energidepartementet
PLET	Pipeline End Termination
Ptil	Petroleumstilsynet
PUD	Plan for utbygging og drift
PVT	Pressure Volume Temperature
RB	Riser Base
RNNP	Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet
SPS	Subsea Production System
SURF	Subsea Umbilical Risers and Flowlines
V&M	Vedlikehold og Modifikasjoner
W2W	Walk-to-Work
WOR	Water Oil Ratio

## Figurer

Figur 1 Balanse mellom HMS, kvalitet, tid og kostnad.....	16
Figur 2 Eksempel på satellitt utbygging.....	18
Figur 3 Eksempler på undervannsproduksjonssystemer .....	19
Figur 4 Produksjonskontrollsystemet – over og under vann .....	20
Figur 5 Definisjoner undervannsproduksjon.....	20
Figur 6 Plattformkonsepter på norsk sokkel.....	21
Figur 7 Storulykker .....	25
Figur 8 Sammenhengen mellom fokusområdene med de 20 elementene og de valgte temaer for identifikasjon av HMS indikatorer.....	27
Figur 9 Undervannsanlegg med økende kompleksitet.....	30
Figur 10 utfordringer ved gjennomføring av modifikasjonsprosjekter .....	36





## Tabeller

Tabell 1 Utsnitt av prosjekter med undervannsanlegg tilkoblet ertsinnretninger.....	17
Tabell 2 Eksempler på noen alternative oppkoblinger mot ertsinnretninger og deres typiske karakteristikk	21
Tabell 3 Metodikken. 4 fokusområder med 20 undergrupper .....	26
Tabell 4 Risikoelementer satellittfelt/undervannsanlegg .....	30
Tabell 5 Risikoelementer ertsinnretning .....	36
Tabell 6 Risikoelementer i grensesnittet satellittfelt/undervannsanlegg og ertsinnretning .....	43

## 1 Bakgrunn

IKM Acona har gjennomført flere studier for å identifisere læringspunkter og komme med forslag til forbedringspunkter for gjennomføring av feltutbyggingsprosjekter på norsk sokkel. En utredning basert på informasjon fra tre større utbyggingsprosjekter ble utarbeidet og levert i 2019.

IKM Acona gjennomførte deretter studier på oppdrag fra Ptil for å analysere og definere egnede indikatorer som kan bidra til å identifisere utfordringer knyttet til sikker oppstart og drift, henholdsvis for planleggingsfasen og gjennomføringsfasen i utbyggingsprosjekter. Disse studiene er listet nedenfor og ligger tilgjengelig på Ptil sine hjemmesider.

- [«Utredning av feltutbyggingsprosjekter på norsk sokkel»](#). Rapporten fra 2019 går i dybden på og omfatter læring fra 3 store utbyggingsprosjekter på norsk sokkel som allerede var gjennomført. Rapporten ser på prosjektene fra tidlig fase til oppstart.
- [«Indikatorer på HMS-utfordringer i utbyggingsprosjekter»](#). Arbeidet ble publisert i 2022 og bygger blant annet på funnene i rapporten nevnt ovenfor. De gitte indikatorene kan brukes i planleggingsfasen frem til PUD for å identifisere utfordringer knyttet til sikker oppstart og drift.
- [«HMS-utfordringer for sikker oppstart og drift av utbyggingsprosjekter»](#). Arbeidet ble publisert i juni 2023 og er en videreføring av foregående rapport (frem til PUD). Basert på tilsvarende metodikk er det identifisert indikatorer som kan brukes i gjennomføringsfasen.

Høsten 2023 fikk IKM Acona et nytt oppdrag fra Ptil i form av et forprosjekt:

“Det skal gjennomføres et forprosjekt for å identifisere og foreslå tiltak innen risikoelementer knyttet til oppkobling og integrering av nye undervannsanlegg mot eksisterende installasjoner. Risikoelementer for typiske og generiske tilhørende modifikasjoner på vertsanlegg og plattform skal identifiseres og kartlegges. Fokus for studien er på integritet for konstruksjon og «containment», inkludert prosess sikkerhet for rør og prosessanlegg under oppstart og i drift etter DG4.

I tillegg skal funn fra forprosjektet rapporteres. Det skal etableres et arbeidsgrunnlag for en dybdestudie.”

Ptil sitt mål med forprosjektet og forventet effekt er oppsummert som:

“Det skal gjennomføres en forstudie for å identifisere og kartlegge risikoelementer knyttet til integrering av nye undervannsanlegg mot eksisterende installasjoner med relevans for helse, miljø og sikkerhet i drift. Arbeidet skal kunne brukes til læring og forbedring i både næringen og av myndighetene.”

Forstudien vil bygge videre på det arbeidet og de funn som allerede er identifisert i de 3 foregående studier som listet over. Det vil etterstrebtes å unngå gjentakelser av det gjennomførte arbeidet i disse studiene, men noe vil inkluderes for å bidra til at rapporten fra forstudien kan leses på selvstendig grunnlag.

## 2 Innledning

De sentrale hovedpunktene/funn fra de 3 foregående studier (se referanser) er oppsummert i det følgende.

### 10 bud for god prosjektoppfølgning

Fra de foregående studier er det utarbeidet «10 bud for god prosjektoppfølgning». Alle de 10 budene har en generell gyldighet uavhengig av type/størrelse av feltutbygging. Samtidig understrekes det at god prosjektoppfølgning har konsekvenser for sikker oppstart og drift. De 10 budene er som følger:

1. Gode HMS resultat = høy verdiskapning
2. En god, grundig konseptvalgs prosess uavhengig av selkapspolitiske hensyn legger grunnlaget for all fremtidig verdiskapning (og for god HMS)
3. «Riktig» teknisk detaljering/modning ved DG2 og DG3 samt fornuftig bruk av ny teknologi er de viktigste forutsetningene for et vellykket prosjekt
4. Prosjektorganisasjonen må sikre læring og erfaringsoverføring og ha et klart definert ansvar med tilhørende delegering av myndighet og en gjennomgående «One team» holdning
5. Tidlig involvering av verneapparat og fremtidig driftspersonell er avgjørende for HMS kvaliteten i sluttproduktet
6. Prosjekt- og kontrakts gjennomføringsstrategier må være tilpasset prosjektets kompleksitet og markedets kapabilitet (endres over tid)
7. Prekvalifisering og kontrakts evaluering for nøkkelkontrakter må i langt større grad enn i dag vektlegge kontraktors gjennomføringsevne, risikoforståelse og kompetansenivå
8. Oppfølgingsteamet må ha god kompetanse på risiko- og prosjektstyring, kontraktens arbeidsinnhold, kontraktors kultur og holdninger samt sikre kontinuitet i nøkkelposisjoner (hos kontraktør og i eget team)
9. Teknisk dokumentasjon og prosjektstatus må alltid være 100 % sannferdig og være tilgjengelig for partnerskapet og myndighetene til enhver tid
10. Prinsipper, kriterier og ansvarsfordeling for uttesting av anlegget, overlevering til drift og for oppstart av produksjonen må etableres tidlig for å oppnå en sikker oppstart

### Utfordringer ved utbygging av satellittfelt tilknyttet vertsinnetning

Fra studien 'HMS utfordringer for sikker oppstart og drift' ble det pekt på en rekke utfordringer ved utbygging av et satellittfelt som knyttes til eksisterende infrastruktur:

- Et satellittfelt kan ha flere ulike vertsinnetninger å velge mellom.
- Kommunikasjon mellom de som har ansvaret for prosjektering av et satellittfelt som skal tilknyttes og anlegget som skal ombygges, kan være vanskelig fordi konseptvalg og valg av vertsinnetning ofte foregår i parallell med kommersielle prosesser. Vertsinnetningens organisasjon blir derfor ofte senere involvert i detaljerte tekniske vurderinger enn prosjektorganisasjonen for satellittfeltet. Dermed kan eksisterende driftserfaringer og historikk fra eksisterende anlegg bli undervurdert.
- Ofte er det vertsinnetningen som er best i stand til å utfordre designspesifikasjoner om hva som konkret skal til for å knytte opp det nye feltet.
- Vertsinnetningen har ofte plassbegrensninger for nytt utstyr eller kapasitetsbegrensninger innen prosessering, vanninjeksjon, kjemikalier etc. Dette vil påvirke funksjonsspesifikasjoner. Feil forståelse av disse kan medføre uheldig designbasis. Mange eksisterende innretninger må oppgraderes i større eller mindre grad for å kunne ta imot ny produksjon.
- Ny produksjon kan for en del innretninger bety forlenget levetid.
- Det er kort modningstid for en del av disse prosjektene.
- Det er en blanding av aktører med lang erfaring og nye aktører med mindre erfaring i utbyggingsammenheng som er operatør eller rettighetshaver for disse prosjektene.

Basert på resultatene og anbefalingene fra de 3 tidligere studiene, ble det igangsatt en forstudie. Forstudien ble gjennomført i løpet av ukene 38 – 48 i 2023, med endelig innlevering av rapport i uke 49. Hovedformålet med forstudien var å identifisere og kartlegge risikoelementer knyttet til integrering av nye undervannsanlegg mot eksisterende installasjoner med relevans for helse, miljø og sikkerhet i drift. Arbeidet skal kunne brukes til læring og forbedring i både næringen og av myndighetene.

Leveransene i denne forstudien er beskrevet i følgende kapitler:

- Kapittel 3. 'Analyser av tilgjengelig informasjon' omhandler en begrenset gjennomgang av noen databaser for å sjekke om det er mulig å finne trender eller mønster i denne informasjonen som kan bidra til å identifisere risikoelementer.
- Kapittel 4. 'Kategorisering av konsepter' gir en forenklet oversikt over undervannsløsninger og alternative vertsinnetninger.
- Kapittel 5. 'Dybdeintervjuer med aktører i industrien' ble gjennomført med 2 operatører og 1 leverandør. Formålet var å få ytterligere innspill og bidrag til flere risikoelementer.
- Kapittel 6. 'Identifikasjon av risikoelementer' omhandler noe av metodikken fra foregående studier som igjen knyttes opp mot dette forprosjektets formål; identifikasjon og kartlegging av risikoelementer.
- Kapittel 7. 'Risikoelementer satellittfelt/undervannsanlegg' gir en oppstilling av de identifiserte risikoelementer begrenset til undervannsanleggene, samt en forenklet beskrivelse av disse elementene.



### 3 Analyser av tilgjengelig informasjon

Det er flere forskjellige informasjonskilder innenfor olje og gass næringen. Det ble foretatt forenklete søk og analyser av tilgjengelig informasjon for å se om dette kunne bidra til å observere trender innenfor risikoidentifisering og håndtering. Analysearbeidet ble begrenset til å omfatte undervannsanlegg samt modifikasjoner og med hovedtyngde innen oppstart og drift av nye anlegg.

Fire alternative informasjonskilder ble identifisert og sjekket ut;

1. Rapporter fra Ptil sine tilsyn og granskinger (<https://www.ptil.no/tilsyn/tilsynsrapporter/>)
2. Rapporter fra "Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet" (RNNP) ([Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet - RNNP Petroleumstilsynet](#))
3. Rapporterte hendelser registrert i Energi24
4. Informasjon i ACES kostnadsdatabase

#### Granskings- og tilsynsrapporter fra Ptil

Ptil har gjennom mange år gjennomført tilsyn og publisert resultater fra alle revisjoner (tilsyn og granskinger). Dette er en god metode for å bidra til erfaringsoverføring mellom aktører i industrien. Observasjoner som er identifisert i det enkelte tilsyn og granskingsrapporter gir innsyn i alvorlige hendelser. Det ble foretatt søk og filtrering for å se om det var mulig å innhente og strukturere informasjonen ift. nye undervannsanlegg tilknyttet ertsinnretning.

Under arbeidet med forstudiet ble det tatt i bruk tilsyns- og granskingsrapporter som potensielle kilder for informasjon om risikoelementer. Det presiseres at valg av operatører og satellittfelt for kildesøket, er et tilfeldig utvalg. Søket ble avgrenset til følgende felt og operatører:

Equinor – Åsgard, Krafla

AkerBP – Alvheim, Yggdrasil

WintershallDea – Maria, Nova, Dvalin, Vega

Dette avgrensningskriteriet ble valgt for å fokusere på en begrenset mengde felt og operatører for å gjøre søket mer håndterbart og relevant.

Det finnes en rekke filtreringsmuligheter som gjør det enklere å avgrense søkeresultatene på tilsyns- og granskingsrapporter. Dette inkluderer muligheten til å filtrere etter operatør, innretning, og fagområde, noe som kan hjelpe med å målrette søket enda mer. Forstudien vurderte ulike måter å gjennomføre søket på. Det enkleste og mest direkte var å søke basert på operatør. Dette gjorde det lettere å finne rapporter knyttet til spesifikke operatører og felt.

Til tross for innsatsen og søket, har forstudien ikke lyktes med å finne noen relevante rapporter som inneholder informasjon om spesifikke risikoelementer knyttet til de valgte feltene og operatørene. Dette kan skyldes manglende tilgjengelighet av slike rapporter eller søkebegrensninger.

## RNNP

Prosjektet "Utvikling i risikonivå – norsk sokkel" startet i 1999/2000 for å utvikle et verktøy som måler risikonivået på norsk sokkel. Det ble senere utvidet til å inkludere petroleumsanlegg på land, og ble omdøpt til "Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet" (RNNP). RNNP er et samarbeid mellom ulike aktører for å overvåke risikonivået og måle effekten av sikkerhets- og arbeidsmiljøarbeidet over tid.

Funnene presenteres gjennom årlige rapporter som inneholder konkrete data om risikonivået, hendelsesstatistikk, og effektiviteten av implementerte sikkerhetstiltak. Forstudiet har tatt utgangspunkt i rapporten fra 2023. Arbeidet ble begrenset til kapitlene som omhandler indikatorer. Rapportens hovedhensikt er å vise trender, og den inneholder flere diagrammer som viser en positiv trend i antall hendelser som kan føre til en storulykke.

På RNNP sine nettsider er det også publisert en rekke [interaktive diagrammer](#) fra rapporten, som gjør det enda enklere for leseren å studere funnene. Det er imidlertid ikke mulig å identifisere hvilke områder disse hendelsene forekom på. Diagrammene viser kun antall hendelser, fordelt på hvilke DFU de hører til, og typer innretninger. Forstudiet savnet muligheten til å se hva slags hendelser de ulike diagrammene refererer til, og data fra RNNP ble derfor ikke brukt i arbeidet med forstudiet.

## Rapporterte hendelser fra Energi24 database

Det er flere gode verktøy for å registrere hendelser som har potensiale for skader/ulykker. Forstudien benyttet en omfattende database som ble hentet fra Energi24, tilgjengelig [her](#). Denne databasen inneholder en oversikt over uønskede hendelser som har oppstått på norske oljefelt i tidsrommet mellom 2017 og 2022. I denne databasen var det registrert hele 4410 ulike hendelser som spenner over en rekke kategorier og typer. For å kunne effektivt søke og filtrere gjennom denne massive mengden data, valgte forstudien å følge en nøyte definert fremgangsmåte som skulle bidra til å begrense antallet hendelser og fokusere kun på de mest relevante for forstudien sine formål.

1. Hendelsene skulle være knyttet til satellittfelt.
2. Hendelsene måtte være fra tidligere faser av feltene.
3. Hendelsene skulle være knyttet til undervannsinstallasjoner.

Med utgangspunkt i tilgjengelige data fra 2012 til 2017, startet forstudien med å lage en liste over satellittfelt som begynte produksjonen tidligst i 2012. Dette ble gjort for å inkludere hendelser fra satellittfelt som ikke var eldre enn 5 år etter produksjonsstart. Som et resultat, endte forstudien opp med følgende liste over satellittfelt og deres vertsinstallasjoner:

- Heimdal - ATLA
- Fram H - BYRDING
- Alvheim - BØYLA
- Gjøa - DUVA
- Heidrun - DVALIN
- Njord A - HYME
- Kristin - MARIA
- Norne - MARULK
- Gjøa - NOVA
- Ula - ODA
- Alvheim - SKOGUL
- Norne - SKULD
- Edvard Grieg - SOLVEIG
- Grane - SVALIN
- Åsgard A - TRESTAKK
- Sleipner T - UTGARD
- Gullfaks C - VISUND SØR

Videre ble søket avgrenset ved hjelp av søkeordet "subsea" for å identifisere hendelser som spesifikt var relatert til undervannskomponenter og -installasjoner. Dette trinnet førte til at forstudien endte opp med en endelig liste over ni hendelser knyttet til satellittfeltene som oppfylte alle de definerte kriteriene.

Hver av disse ni hendelsene ble deretter analysert. Det ble fastslått at databasen viste seg å være utfordrende å sortere og analysere på en måte som var relevant for forstudiets spesifikke mål. De fleste resultatene oppsummerer selve hendelsen, men sier ingenting om årsaken til hendelsen.

Det ble plukket ut to hendelser for å teste ut om disse kan peke på relevante risikoelementer:

### 1. Hendelse rapportert 19. mai 2023 – Dvalin (Produksjonsstart 23. november 2020)

Dvalin feltet ble stengt ned pga risiko for tap av barrierer; dette skyldes måling av H<sub>2</sub>S i gass fra Dvalin. Dvalin casing er av materiale Q-125, som ikke er egnet for sur service.

Utifra beskrivelse av hendelsen er det mulig å identifisere følgende risikoelementer:

1. Materialvalg. Kunne det vært mulig å avgjøre at Q-125 ville være uegnet for dette prosjektet i en tidligere prosjektfase?
2. Mulig svikt i barriere brønndesign.
3. Fluid. Ikke tilstrekkelig identifikasjon av komponenter i fluid (H<sub>2</sub>S)
4. Erfaringsoverføring og informasjonsdeling. Kunne det ha vært mulig å finne ut at Dvalingassen har høyt H<sub>2</sub>S -nivå basert på erfaringer fra andre prosjekter?

### 2. Hendelse rapportert 03. november 2020 – Bøyla (Produksjonsstart 19.01.2015)

En fiskebåt hadde satt fast trålen i «Subsea utstyr» ved Bøyla.

Ut ifra beskrivelse av hendelsen kunne det vært mulig å identifisere potensielle risikoelementer som:

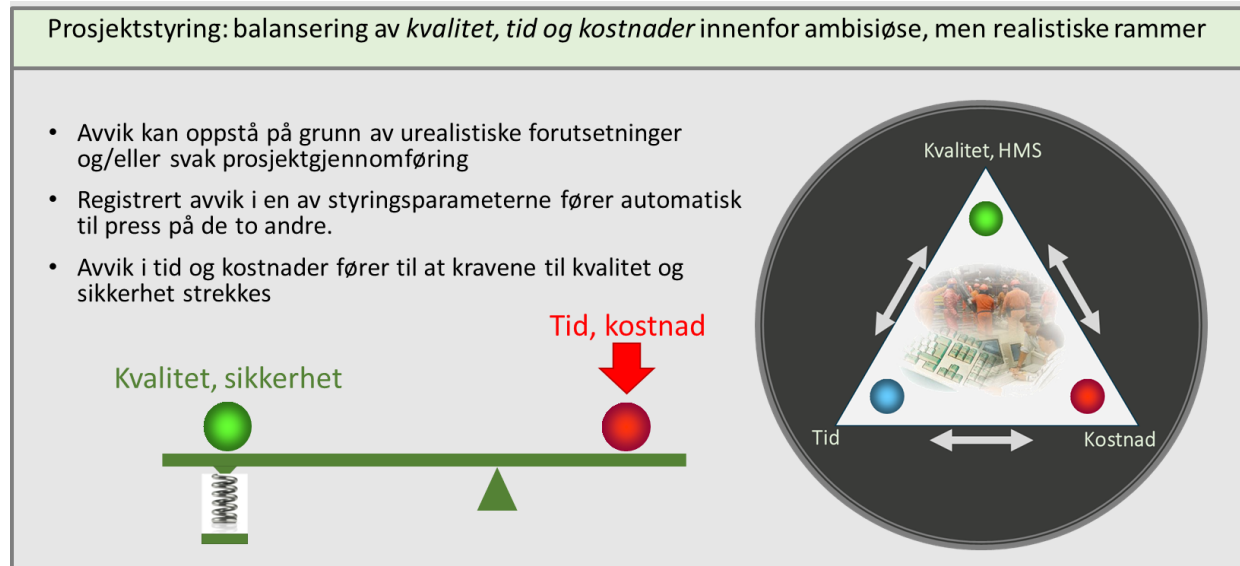
1. Økt trusselnivå. Det tok 6,5 time før Alvheim mottok informasjon om at trålen står fast. Dette er lang tid med tanke på mulig sabotasje eller inntrengeraktivitet, dersom dette hadde vært tilfellet.
2. Konstruksjonssikkerhet med tanke på skipskollisjoner. Designet av dette stigerøret med eventuell beskyttelse, kunne vært forbedret med tanke på å unngå at trålen kan sette seg fast.

Informasjonen som kan hentes ut fra hendelser i databasen er lite egnet for å identifisere risikoelementer for undervannsanlegg tilknyttet vertsinnetninger. Basert på resultatene av analysen ble det besluttet å ikke fortsette arbeidet med denne databasen. Det er krevende å sortere ut relevant informasjon, og flere hendelser mangler resultatet av feilsøkinger.



### Informasjon i ACES<sup>1</sup> kostnadsdatabase

Tidligere rapporter (se referanser i [Kap 1 Bakgrunn](#)) viser til at HMS, kvalitet i sluttproduktet, tidsbruk og kostnader henger nøye sammen. Figuren under illustrerer dette. Avvik i alle hjørnene av trekanten i figuren er et mulig tegn på at noe ikke går etter planen og kan representere et risikoelement.



Figur 1 Balanse mellom HMS, kvalitet, tid og kostnad (fra tidligere rapporter)

Rapportene som beskriver HMS indikatorer for utbyggingsprosjekter ([link](#)), inneholder informasjon og dataunderlag som bekreftet at denne sammenhengen er gyldig. Spørsmålet er om denne sammenhengen er like tydelig for delprosjekter kategorisert som modifikasjon av vertsinnetninger.

Poenget med et satellittprosjekt er at det gjøres bruk av et eksisterende prosessanlegg, som til en viss grad må modifiseres/oppgraderes/utvides. I tillegg vil det for noen prosjekt være nødvendig med utvidelse av dekkingsområder og kapasitetsutvidelse av enkelt systemer. Slike forhold bidrar til at det er komplisert å etablere estimat for modifikasjonsprosjekter samt å registrere reelle kostnadsavvik mot enkelte delelementer.

Teoretisk sett skulle det være mulig å følge økning i modifikasjonskostnader/omfang for tilknytning av nye undervannsanlegg og videre identifisere risikoelementer. For at dette skal være mulig må modifikasjonskostnader være registrert og detaljert på en slik måte at det kan spores en direkte sammenheng mellom kostnadsendringer og avvik i HMS og kvalitet.

Basert på denne 'teorien', er det laget et utsnitt av prosjekter med undervannsanlegg tilkoblet vertsinnetninger (se Tabell 1). Et kostnadsavvik på +/- 10% i forhold til PUD estimat, ansees som å være innenfor usikkerhets spennet for et modifikasjonsprosjekt. Fra listen kan det antydes at de nevnte vertsinnetningene kan ha hatt sine utfordringer, samtidig er det funnet at de samme innretningene har fått koblet opp andre undervannsanlegg/satellittfelt uten at det er registrert store kostnadsavvik. Det blir vanskelig utfra dette underlaget og trekke klare konklusjoner og identifisere risikoelement.

<sup>1</sup> ACES = Acona Cost Estimation Software

(Tidsavvik som indikator for HMS og kvalitetsavvik er ikke sjekket ut for denne typen utbyggingsprosjekter.)

**Tabell 1 Utsnitt av prosjekter med undervannsanlegg tilkoblet vertsinnetninger (data fra ACES).**

<b>Vertsinnetning</b>	<b>Satelittfelt</b>	<b>Kostnadsendring ift. PUD estimat</b>
Norne	Alve	10,92 %
Heimdal	Vale	19,85 %
	Skirne	11,06 %
Harald	Trym	10,72 %
Gjøa	Vega	15,36 %
Alvheim	Volund	19,38 %
	Vilje	23,78 %
	Skogul	45,88 %

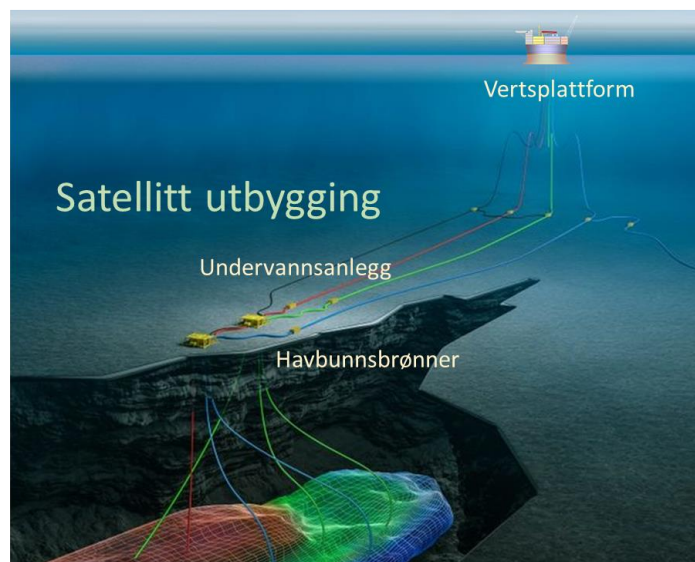
## 4 Kategorisering av konsepter

Utbygging av satellittfelt med tilknytning til eksisterende infrastruktur, er en type prosjekt som for alle praktiske formål gjennomføres som to separate delprosjekt; satellittprosjektet og modifikasjonsprosjektet. Undervannsutbyggingen består i utplassering av brønnrammer, boring av produksjonsbrønner og eventuelle injeksjonsbrønner, installasjon av undervanns produksjonsutstyr og rørledninger og kontrollkabler for oppkobling mot en vertsinnretning.

Modifikasjonsprosjektet på vertsinnretningen består av selve oppkoblingen av funnet; tie-in delen, og modifikasjonen av vertsinnretningen for å kunne motta og behandle brønnstrømmen. En slik modifikasjon kan variere i kompleksitet avhengig av tilgjengelig kapasitet og funksjonalitet på vertsinnretningen.

En egen kategori av utbyggingskonsept beskrives som installasjon av nytt undervannsanlegg koblet opp til eksisterende undervannsanlegg (for eksempel ved bruk av ledig brønnsliste - eller helt ny bunnramme). Spesielt fokus bør rettes mot denne typen satellittfeltutbygginger, siden konsekvensene av tilknytning til vertsinnretning (modifikasjonsprosjektet minimaliseres) og/eller eksisterende undervannssystemer undervurderes.

Forstudien har som oppgave å identifisere risikoelementer knyttet til oppkobling og integrering av nye undervannsanlegg mot eksisterende installasjoner. Problemstillinger eller risikoelementer kan gjerne være felles for delprosjektene. Samtidig kan risikoelementer defineres og avklares i ett enkelt delprosjekt uten at det kommer klart fram at dette kan representere risiko i andre delprosjekt. Systemforståelse refererer til evnen til at forstå og analysere komplekse systemer og deres gjensidige avhengighet. Det innebærer at det er viktig å se sammenheng mellom delprosjektene og forstå hvordan hendelser/risikoelementer kan påvirke hele produksjonssystemet.



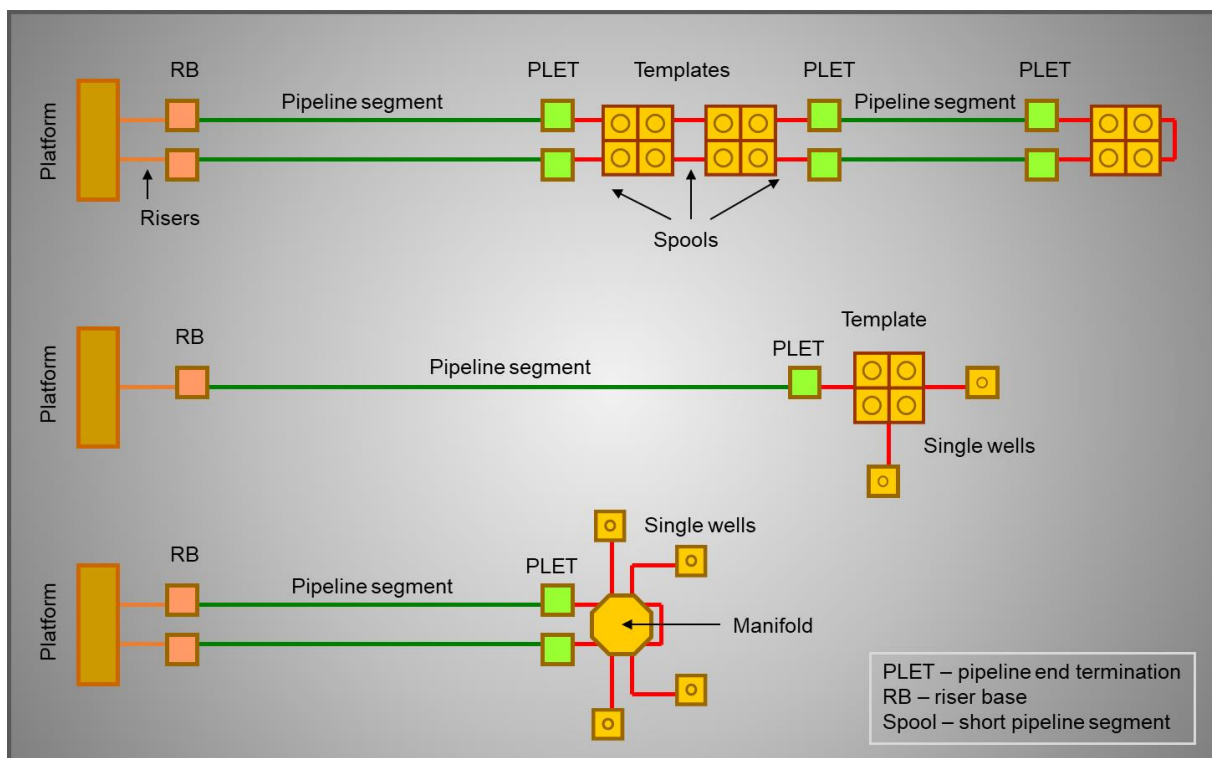
Figur 2 Eksempel på satellittutbygging

## Undervannsanleggene

Undervannsteknologi anses i dag som kjent og moden teknologi. Men prosjekter kan bli komplekse på grunn av størrelse og antall elementer/funksjoner som skal integreres.

Brønnsystemene – SPS (Subsea Production System) omfatter ventiltrær, brønnrammer, beskyttelseskonstruksjon, manifold, kontrollsystem osv. Mange av elementene er standardiserte og velprøvde, men spesielle omstendigheter kan kreve nyutvikling eller ny anvendelse av teknologi.

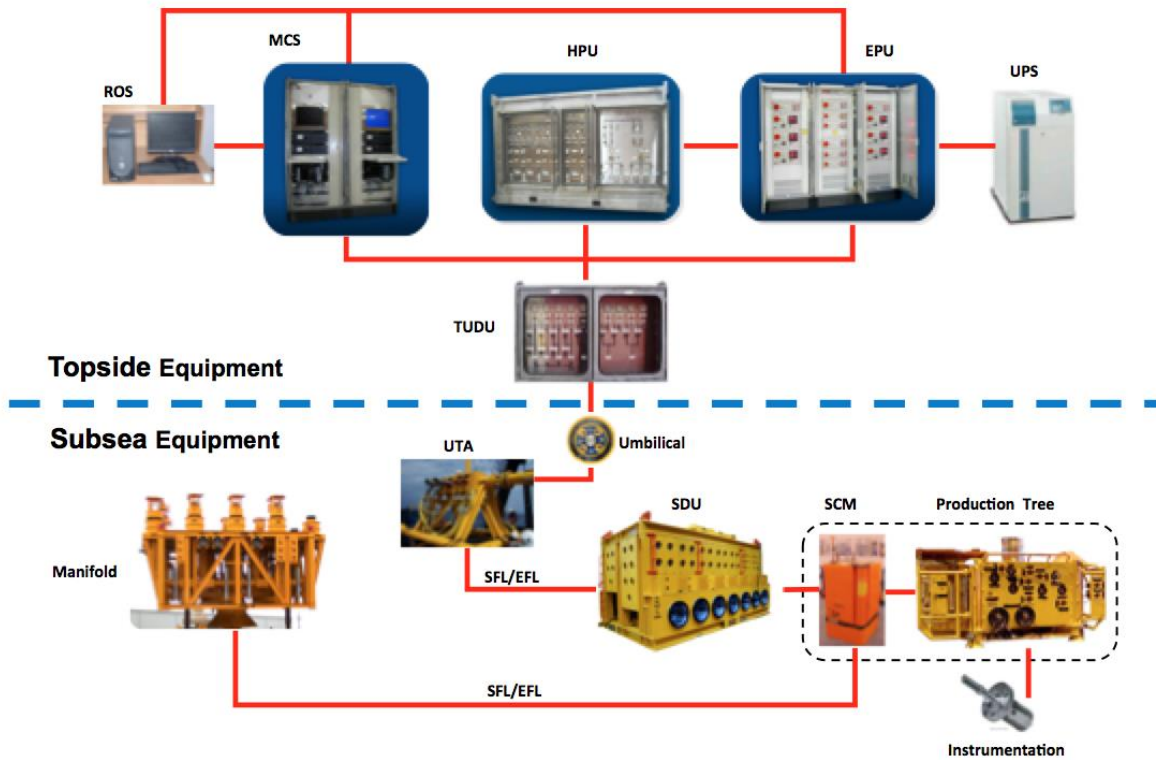
Kabler, stigerør og rørledninger – SURF (Subsea Umbilicals, Risers, Flowlines) omfatter kontrollkabler, stigerør, brønnstrømsrør samt flere typer undervannskonstruksjoner som RB, PLEM, PLET, Y/T. Her er det et stort mangfold i løsninger som er drevet av brønnkonfigurasjon, strømningstekniske forhold, installasjonsmetode, plattformkonsept, vanddyb, bunnforhold osv.



Figur 3 Eksempler på undervannproduksjonssystemer

### Kontrollsystem

Kontrollsystemet er avgjørende for sikker og effektiv drift. Det er et gjennomgående system med elementer som er integrert i både SPS, SURF og på vertsinnetningen:



Figur 4 Produksjonskontrollsystemet – over og under vann

Overflateutstyr	Utstyr på havbunnen
<p><i>Typiske komponenter på plattformen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> TUTU: Topside Umbilical Termination Unit</li> <li><input type="checkbox"/> HPU: Hydraulic Power Unit</li> <li><input type="checkbox"/> EPU: Electrical Power Unit</li> <li><input type="checkbox"/> SCU: Subsea Control Unit</li> <li><input type="checkbox"/> MCS: Master Control Station</li> </ul>	<p><i>Typiske komponenter på havbunnen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> UTA: Umbilical Termination Assembly</li> <li><input type="checkbox"/> SDA: Subsea Distribution Assembly</li> <li><input type="checkbox"/> SDU: Subsea Distribution Unit</li> <li><input type="checkbox"/> CIU: Communication Interface Unit</li> <li><input type="checkbox"/> SEJB: Subsea Electrical Junction Box</li> <li><input type="checkbox"/> SCM: Subsea Control Module</li> <li><input type="checkbox"/> SEM: Subsea Electronics Module</li> </ul>

Figur 5 Definisjoner undervannsproduksjon

### Oppkobling til infrastruktur på havbunnen

I denne sammenheng er det lagt til grunn at det er snakk om tilknytning av satellittfelt med forskjellig reservoar/struktur/formasjon enn for det eksisterende undervannsanlegget. Det kan og være et felt med produksjonslisens som har forskjellig eierstruktur. Oppkobling av nye undervannsanlegg til eksisterende infrastruktur på havbunnen kan inneha forskjellige tekniske løsninger:

- Bruk av ledige brønnsliiser på eksisterende brønnramme
- Nye brønnrammer eller enkeltbrønner koblet opp til eksisterende brønnramme/manifold
- Nye brønnrammer eller enkeltbrønner koblet opp til Y eller T kobling på eksisterende rørledninger

### Vertsinnetning og modifikasjoner

En oversikt over forskjellig plattformkonsepter på norsk sokkel er gjengitt i oversikten nedenfor. Tilknytning av nye undervannsanlegg til eksisterende anlegg vil variere i stor grad med hensyn på arbeidsomfang og kompleksitet og er sterkt avhengig av hvilket plattformkonsept som velges som vertsinnetning.



Figur 6 Plattformkonsepter på norsk sokkel

I tabellen under gis eksempler på noen alternative oppkoblinger mot vertsinnetninger og deres typiske karakteristikk.

Tabell 2 Eksempler på noen alternative oppkoblinger mot vertsinnetninger og deres typiske karakteristikk

Vertsinnetning	Konsept	Karakteristikk ved oppkobling av nye havbunnsanlegg
Bunnfaste installasjoner	GBS Jacket	J-rør/stigerør Endrer funksjons og prosessbetingelser (trykk, temperatur, GOR mm) for vertsinnetning

Flytende installasjoner	Semi SPAR	Fleksible rør/kabler Endrer funksjons og prosessbetingelser (trykk, temperatur, GOR mm) for vertsinnretning
	FPSO	Swivel/Turret Fleksible rør/kabler
Oppkobling til infrastruktur på havbunnen	Ledige brønnsliiser Nye bunnrammer eller enkeltbrønner Rørledning Y eller T	Minimerer modifikasjonsomfang Endrer funksjons og prosessbetingelser (trykk, temperatur, GOR mm) for havbunnsanlegg og vertsinnretning

Grensesnittet mellom delprosjektene undervannsanlegg og modifikasjoner på vertsinnretning vil variere avhengig av hvilken konseptløsning som velges. Typisk vil grensesnittet defineres ved første isolasjonsventil på topp av stigerør for faste installasjoner/plattformer. Ved oppkobling til eksisterende havbunnsanlegg kan grensesnittet defineres ved isolasjonsventil/flens for oppkobling. Dette nevnes for å illustrere at det er stor variasjon mhp definisjon av grensesnittet. En klar definering av dette grensesnittet vil ha stor betydning for roller og ansvar i prosjektgjennomføring, og vil kunne få konsekvenser for ivaretagelse av sikker oppstart og drift.

#### Karakteristikker ved tilknytning av undervannsanlegg til eksisterende infrastruktur

Hovedutfordringene med hensyn på tilknytning av undervannsanlegg til eksisterende infrastruktur/vertsinnretning kan oppsummeres som følger:

- Ulik eier struktur og krav til fiskal måling av olje og gass. Krav til fiskal måling kan ofte resultere i installering av ny/egen innløps separator med tilhørende utstyr da flerfasemålere pr dags dato ikke oppnår nøyaktighet som tilsvarer fiskalkravene i regelverket.
- Oppkobling til eksisterende mottaks plattform/innretning når denne er i vanlig drift er krevende. Arbeide og modifikasjoner på 'varme' installasjoner medfører fjerning av gammelt og tilkobling av nytt utstyr på eksisterende, trykksatte systemer med hydrokarboner (rør, ventiler og beholdere). Nedstengning, utlufting og klargjøring av eksisterende utstyr er komplekse/arbeidskrevende operasjoner hvor risiko for gasslekkasjer er et iboende element. Planlegging og gjennomføring av modifikasjoner er en krevende og omstendelig arbeidsprosess som er viktig for å sikre tilstrekkelig styring og oppfølging av modifikasjonsarbeider.
- Satellittfelt produserer normalt olje, gass og vann som flerfasestrømning inn til mottaks plattform/innretning. Utstyret som velges må tolerere store variasjoner i trykk, temperatur og strømningshastigheter i løpet av feltets levetid. Kontroll og overvåking av den tekniske tilstanden til rør og utstyr er krevende og kostbar. For felter der fleksible stigerør brukes er kontroll og overvåking av disse viktig for sikker drift. Overtrykks beskyttelse av fleksible rør representerer egne spesielle utfordringer.
- Tilkobling og integrering av nytt utstyr til eksisterende installasjoner stiller strenge krav til grensesnitts kontroll og avvikshåndtering. Design forutsetninger, koder og standarder vil være forskjellige for 'gamle' installasjoner/vertsinnretninger sett i forhold til nytt utstyr og nye komponenter som skal installeres. Nytt utstyr bygget etter dagens regelverkskrav må kontrolleres med tanke på kompatibilitet mot 'gamle standarder og krav' (gap analyse). God avvikskontroll og håndtering er viktig.

- Overordnet styring, integrering og overvåkning av satellittfeltets produksjon inn til mottaksplattform/vertsinnretning stiller store krav til god utvikling og utforming av overvåkning og kontroll funksjoner/systemer. Det må sikres at det er god kvalitet i opplæring og tilstrekkelig brukerinvolvering for kontrollromsoperatører med hensyn på intelligente/digitale støtte systemer.
- Tilknytning av nye havbunnsystem til eksisterende havbunnsystem, kan ofte innebære bruk av annen og nyere generasjons utstyr enn det eksisterende. Misforståelser og feilvurderinger av utstyrsdetaljer, ombytting av gamle/nye verktøy samt manglende kompatibilitet kan resultere i sikkerhets kritiske hendelser.

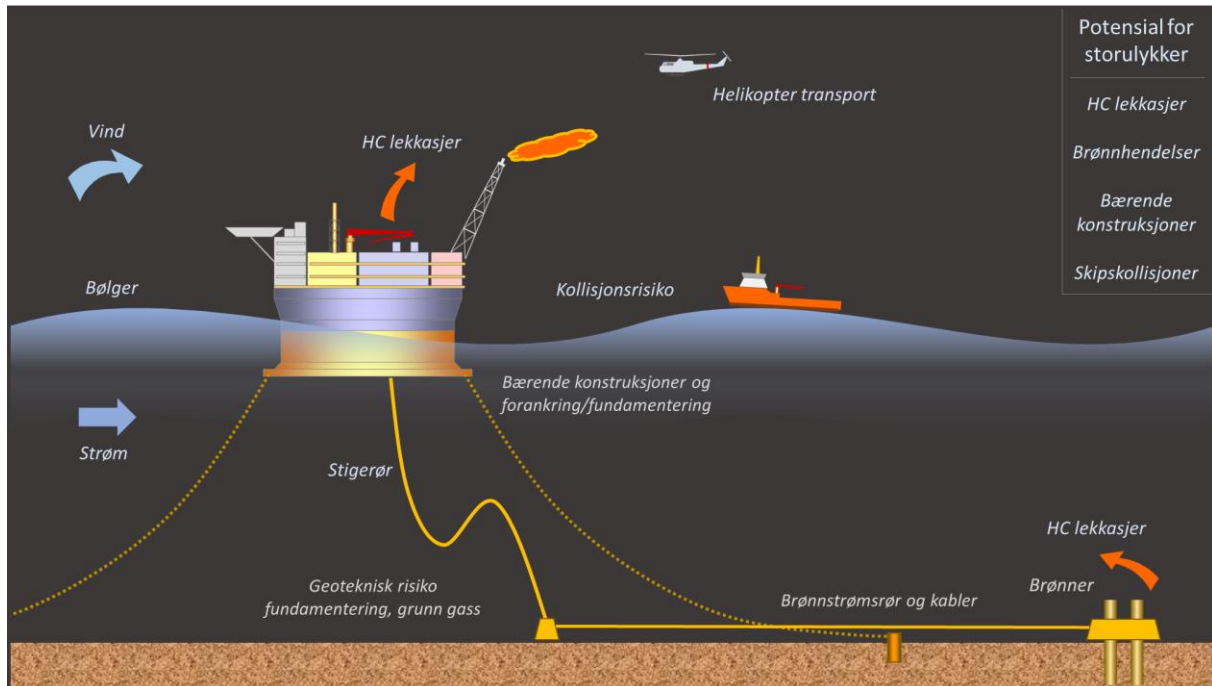


## 5 Dybdeintervjuer

I arbeidet med rapporten har vi fått anledning til å gjennomføre arbeidsmøter med aktører i bransjen. Vi vil takke disse for at de har tatt seg tid til dette på tross av krevende tidsrammer og stor arbeidsaktivitet. Selskapene er Equinor og WintershallDea som representerer operatører på norsk sokkel og Aker Solutions som leverandør av modifikasjoner på vertsinnretninger. Dybdeintervjuene ble gjennomført i løpet av ukene 45-47.

Det er ikke utarbeidet egne møtoreferat fra dybdeintervjuene. Resultatene fra intervjuene er registrert som informasjon som underbygger de identifiserte risikoelementene eller som nye elementer i de etablerte tabellene.

## 6 Identifikasjon av risikoelementer/indikatorer



Figur 7 Storulykker

Figuren ovenfor illustrerer godt potensialet for storulykker ved en feltutbygging basert på undervannsanlegg tilknyttet en vertsinnetning. Erfaring og analyser viser at følgende områder har størst sannsynlighet for storulykker som skissert i figuren over.

- Hydrokarbonlekkasjer
- Alvorlige brønnehendelser
- Lekkasje fra undervanns produksjonsanlegg, rørledninger og tilhørende utstyr
- Skader på bærende konstruksjoner og maritime systemer
- Skipskollisjoner

### Metodikk: Indikatorer på HMS-utfordringer for oppfølging av utbyggingsprosjekter

I rapportene «Indikatorer på HMS-utfordringer i utbyggingsprosjekter» og «Indikatorer på HMS-utfordringer for sikker oppstart og drift i gjennomføringsfasen av utbyggingsprosjekter» er det utarbeidet en metodikk for å identifisere indikatorer som kan brukes som oppmerksomhetstriggere for oppfølging av utbyggingsprosjekter. Disse indikatorene med spørsmålstillinger er videreutviklet for å kunne benyttes ved passering av definerte sjekkpunkter i et typisk utbyggingsprosjekt.

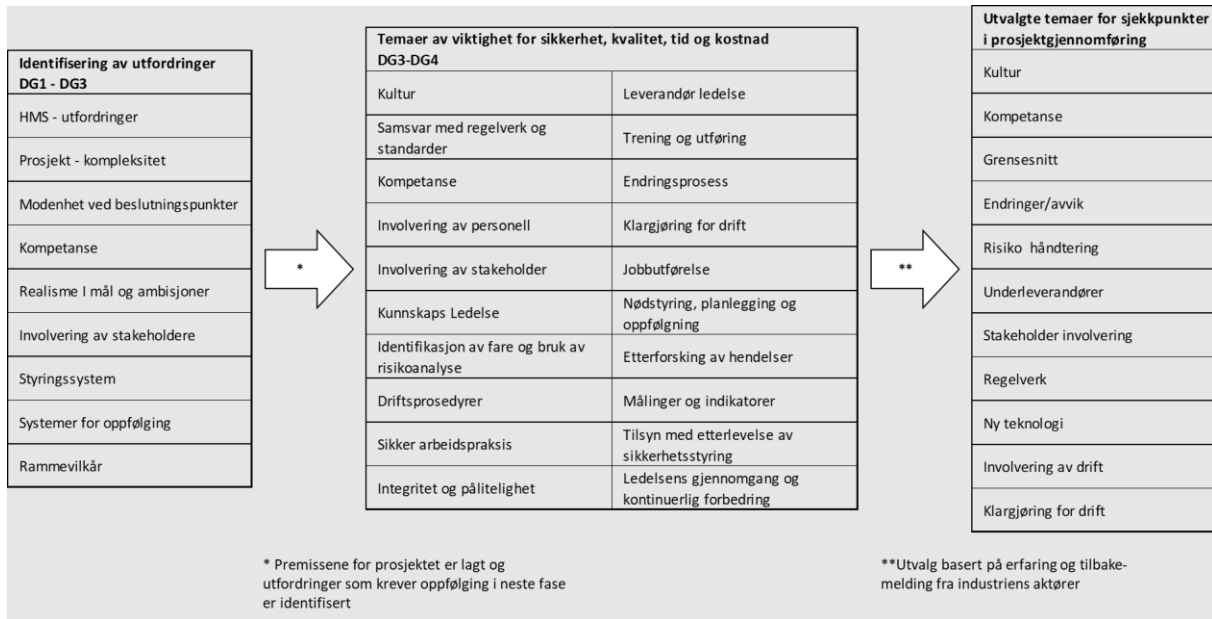
Metodikken er delt opp i 4 fokusområder med til sammen 20 undergrupper eller elementer. Tabellen under viser de 4 fokusområdene med de tilhørende 20 undergrupper eller elementer:

Tabell 3 Metodikken. 4 fokusområder med 20 undergrupper

FOKUS OMRÅDER:			
A. FORPLIKTELSE TIL PROSESS-SIKKERHET	B. FORSTÅ FARE OG RISIKO	C. HÅNDTERING AV RISIKO	D. LÆRE AV ERFARING
Hjørnestein av prosess sikkerhets suksess	Fundamentet for en risk basert tilnærming	Pågående utførelse av risiko baserte oppgaver	Muligheter for forbedringer
En arbeidsstyrke som er overbevist om at organisasjonen fullt ut støtter sikkerhet som en kjerneverdi, har en tendens til å gjøre de riktige ting, på riktig måte, til riktig tid - selv når ingen ser på!	En organisasjon kan bruke denne informasjonen til å tildele begrensede ressurser på en mest mulig effektiv måte.	En organisasjon som bruker risiko forståelsen er bedre rustet til å håndtere resulterende risiko, og i ettertid opprettholde langsiktig ulykkesfri og lønnsom drift.	Tilbakemelding på hvordan systemer fungerer, og ledende indikatorer gir tidlige varselsignaler om ineffektive resultater. Når et elements ytelse er uakseptabel, må organisasjonen bruke sine feil – og andres – som motivasjon for handling.
ELEMENTER:			
<b>A.1</b> KULTUR	<b>B.1</b> KUNNSKAPS LEDELSE	<b>C.1</b> DRIFTSPROSEDYRER	<b>D.1</b> HENDELSES ETTERFORSKNING
<b>A.2</b> SAMSVAR MED REGELVERK OG STANDARDER	<b>B.2</b> IDENTIFIKASJON AV FARE OG BRUK AV RISIKO ANALYSE	<b>C.2</b> SIKKER ARBEIDS PRAKSIS	<b>D.2</b> MÅLINGER OG INDIKATORER
<b>A.3</b> KOMPETANSE		<b>C.3</b> INTEGRITET OG PÅLITELIGHET	<b>D.3</b> SAMSVARSTILSYN
<b>A.4</b> INVOLVERING AV PERSONELL		<b>C.4</b> LEVERANDØR LEDELSE	<b>D.4</b> LEDELSENS GJENNOMGANG OG KONTINUERLIG FORBEDRING
<b>A.5</b> INVOLVERING AV STAKEHOLDER		<b>C.5</b> TRENING OG UTFØRING	
		<b>C.6</b> ENDRINGSPROSESS	
		<b>C.7</b> KLARGJØRING FOR DRIFT	
		<b>C.8</b> JOBB GJENNOMFØRING	
		<b>C.9</b> NØDSTYRING, PLANLEGGING OG OPPFØLGNING	

Videre er de oppgitte temaer og emner satt inn i en oversikt for prosjektfasene for typiske feltutviklinger (DG1 til DG4). Temaene er karakterisert ved at de er systembaserte og knyttet opp mot passeringer av beslutningspunkter DG1-DG4. Det må sikres at pålagte/nødvendige rutiner/prosedyrer/arbeidsprosesser er tilstrekkelig identifisert, utarbeidet, implementert og at disse etterleves i prosjektorganisasjonen.

Skissen nedenfor viser sammenhengen mellom fokusområdene med de 20 elementene og de valgte temaer for identifikasjon av HMS indikatorer.



**Figur 8 Sammenhengen mellom fokusområdene med de 20 elementene og de valgte temaer for identifikasjon av HMS indikatorer**

**Metodikk: Risikoelementer for satellittfelt/undervannsutbygginger knyttet opp til vertsinnetning**

I de foregående studier er det hovedsakelig sett på problemstillinger knyttet opp til prosjektgjennomføring, systembaserte tema og sjekkpunkter ved beslutningspunkter. I denne forstudien endres tilnærmingen til å identifisere spesifikke risikoelementer for utbygging av satellittfelt som undervannsanlegg knyttet opp til vertsinnetninger. Risikoelementene er uavhengige av prosjektfasene og er relevante fra tidligfasen, gjennom utbyggingsfasen og inn i driftsfasen. I oppdragsbeskrivelsen er det lagt vekt på at det skal gis fokus på integritet for konstruksjon og «containment», inkludert prosess sikkerhet for rør og prosessanlegg under oppstart og i drift.

Forstudien har valgt å kartlegge risikoelementer innenfor tre hovedområder; undervannsanlegg, vertsinnetning (inkl modifikasjoner) og i grensesnittet mellom de to foregående.

1. Risikoelementer satellittfelt/undervannsanlegg
2. Risikoelementer vertsinnetning
3. Risikoelementer i grensesnittet satellittfelt - vertsinnetning

Det er gjort et bevisst valg i forhold til å inkludere undervannsanleggene i form av en separat tabell, siden hendelser/risikoelementer med opphav i disse anleggene får konsekvenser for risikobildet ved vertsinnetningen. Det er vanskelig å få et godt bilde av risikoelementer uten å ta hensyn til hele 'verdikjeden' i et utbyggingsprosjekt og senere i driftsfasen.

Risikoelementene i grensesnittet er av mer generell karakter og kan ikke plasseres innenfor verken undervannsanlegg eller vertsinnetning. Gjennom dybdeintervjuene med aktører, var det ofte disse risikoelementene som fikk størst oppmerksomhet og hvor det ble notert flest kommentarer og innspill. Innenfor dette området med de gitte elementene, opplevde aktører at det ble lagt størst press på balansen mellom kostnad, tid og kvalitet i prosjektgjennomføring.

Den beskrevne metodikken med oppdeling i tre tabeller, ble testet ut i dybdeintervjuer med aktørene. Det ble gitt tilslutning til at risikoelementene og fordeling av disse i tabeller var en god tilnærming.

Det bør nevnes at plassering av risikoelementene i hver av de tre tabellene ikke nødvendigvis er innlysende. Det er tilfeller hvor noen risikoelementer gjentas i tabeller (eksempelvis komposisjon/komponenter), siden disse vil kunne ha forskjellig betydning eller konsekvens innenfor det gitte området. Materialteknologi er et annet risikoelement som bare er listet under undervannsanlegg, men som er vel så aktuelt for ertsinnretninger og modifikasjoner. De identifiserte risikoelementene er av generell karakter og plassering av elementene i de gitte tabeller vil kunne bearbeides i forhold til ønsket formål.

Forstudien ønsker å peke på at det uansett er viktig å forstå konsekvensene av de identifiserte risikoelementene (uavhengig av plassering i tabeller) for det totale produksjonssystemet eller verdikjeden.

Det er lagt inn kolonner med fargekoding grønt-gult-rødt i tabellene med risikoelementer. Dette for å synliggjøre at det er mulig å bruke tabellene som et 'verktøy' i kategorisering eller fargekoding av risikoelementer ved gjennomgang av enkelt prosjekt. Bruk av fargekoding er kjent fra etablering av risikomatriser i utbyggingsprosjekter eller virksomhetsområder hvor risikomatriser vanligvis inneholder to hoveddimensjoner: konsekvens og sannsynlighet.

Eksempler på konsekvensnivåer:

- Lav: Liten innvirkning på prosjektet
- Moderat: Moderat innvirkning, kan påvirke noen områder
- Høy: Betydelig innvirkning, kan true prosjektets eller virksomhetens suksess

Eksempler på sannsynlighetsnivåer:

- Lav: Liten sjanse for at risikohendelsen inntreffer
- Moderat: Moderat sjanse, kan skje av og til
- Høy: Høy sjanse for at risikohendelsen inntreffer

Det ble gjort forsøk på å kategorisere de identifiserte og generelle risikoelementene med en fargekoding som gitt under. Dette viste seg å være krevende, siden risikoelementene og eventuell fargekoding er sterkt avhengig av den valgte konseptløsningen for utbygging av satellittfeltet. Risikovurderinger og -matriser er unike for hvert prosjekt eller virksomhetsmiljø, og en generell tilnærming/vurdering er vanskelig å gjennomføre.

Kolonner med fargekoder er fremdeles inkludert i tabellene med risikoelementer, slik at disse kan benyttes som verktøy ved gjennomgang av individuelle satellitt utbyggingsprosjekt.

Lav risiko, godt kjent område/løsning	Moderat risiko	Høy risiko, ukjent område/løsning
---------------------------------------	----------------	-----------------------------------

### Risikoelementer basert på erfaring og kunnskap

Produksjon av olje og gass fra et undervannsfelt innebærer at hydrokarboner og produsert vann samlet beveger seg over store avstander samt endres mye i form av trykk, temperatur og komposisjon. Dette understreker viktigheten av å forstå de fysiske forhold for total systemet fra undergrunnen via undervannssystemene og fram til ertsinnretningen (verdikjeden).

De fysiske parameterne påvirkes ettersom feltet eldes og reservoaret tømmes. Industrien har erfart at utstyret som er valgt for initial produksjon ofte ikke passer helt ved feltets slutfase og i så måte kan representere en sikkerhetsmessig risiko.

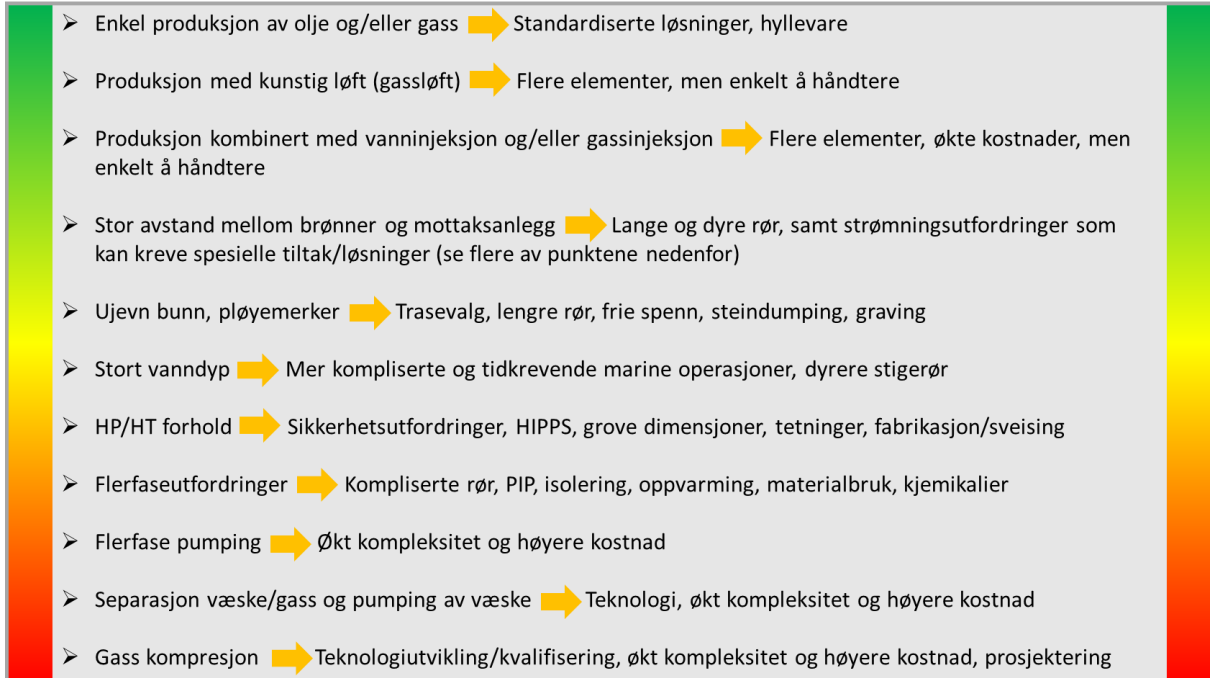
Komplekse reaksjoner fra hydrokarbonenes samspill med vann og kjemikalier har ledet til driftsproblemer på både undervannssystemet og på utstyret på mottaks plattformen. I mere ekstreme tilfeller har alvorlige hendelser så som; gasslekkasjer, utstyrsvikt, kostbare reparasjoner og produksjonstap også inntruffet.

Norsk sokkel generelt har lang og god erfaring med driften av undervannsanlegg. Store verdier er skapt. Ting som har feilet kan ofte kobles tilbake til enkeltelementer, eller kombinasjon av elementer som har blitt oversett eller undervurdert i feltutviklingsfasen.

De påfølgende tabellene med risikoelementer er oppstilling av erfaring og hendelser over mange år. Gjennom forstudien er disse oppdatert og kvalitetssjekket ved dybdeintervjuene med noen aktører i næringen.

## 7 Risikoelementer satellittfelt/undervannsanlegg

Gjennom arbeidet med rapporten «HMS-utfordringer for sikker oppstart og drift av utbyggingsprosjekter», ble en rekke utfordringer ved undervannsanlegg og økende kompleksitet identifisert (se nedenfor).



Figur 9 Undervannsanlegg med økende kompleksitet

Forstudien bygger videre på dette arbeidet og går ett steg videre i å konkretisere risikoelementer. Identifiserte risikoelementer er gruppert innen hovedkategoriene:

- Reservoar
- Boring, brønn og brønnplassering
- Havbunnsanlegg (SPS)
- Rørledninger, stigerør og kabler (SURF)
- Strømningsanalyser

Tabell 4 Risikoelementer satellittfelt/undervannsanlegg

Hovedkategori	Emner	Risikoelementer			
Reservoaret	Reservoar forståelse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GOR/WOR (endring /utvikling i hele feltets levetid)</li> <li>• Strømnings kapasitet</li> <li>• Sand/kalkstabilitet</li> <li>• Reservoar egenskaper (Permeabilitet, porøsitet forkastninger etc)</li> </ul>			
	Fase konvolutter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fase konvolutter og PVT egenskaper- hydrokarbon komposisjon (lette tunge komponenter etc)</li> </ul>			

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trykk (Statisk og strømmende reservoar trykk)</li> <li>• Temperatur (Statisk og strømmende reservoar temp)</li> <li>• Retrograd kondensasjon</li> <li>• Omvendt Joule Thompson effekt (Økning av reservoar temperatur som følge av termodynamiske forhold)</li> </ul>			
	Komponenter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organiske syrer</li> <li>• Asfaltener, Naftener og aromater (SARA tester)</li> <li>• Hg, H<sub>2</sub>S og CO<sub>2</sub> mm</li> <li>• Vann komposisjon (Innhold av salter og mineraler, fare for utfelling/ radioaktive stoffer)</li> </ul>			
Boring, brønn og brønnskomplettering	Geologi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sjøbunns egenskaper</li> <li>• Kjente geologiske formasjoner</li> <li>• Fare for grunn gass</li> <li>• Sandkontroll og silt produksjon</li> </ul>			
	Brønn design	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange horisontalbrønner og/eller flergrens brønner</li> <li>• Nedihulls sensorer og styrbare ventiler- brønnskompleksitet</li> <li>• Rask økning i poretrykk- mange foringsrør</li> </ul>			
	Brønn komplettering	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oljebasert –vannbasert boreslam</li> <li>• Annulus kontroll og overvåkning</li> <li>• Behov for gass løfting</li> <li>• Brønnshode utmatting</li> <li>• Produksjonsrørs størrrelse og profil-- strømnings regimer etc)</li> <li>• Kompletterings væsker med tunge salter</li> <li>• Opprensning til borerigg og/eller ertsinnretning</li> </ul>			
Havbunnsanlegg (SPS)	Kompleksitet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enkle brønner</li> <li>• Bunnrammer med manifolder</li> <li>• Enkeltbrønner til samle manifolder</li> <li>• Overtrykks beskyttelse (HIPPS)</li> <li>• Bruk av NCS17+ pakke spesifisering</li> </ul>			
	Driftsforhold	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekspansjons toleranse strømningsrør- bunnramme setting og stabilitet (HISC)</li> <li>• Temperatur grenser nedstrøms strupeventil</li> </ul>			
	Ny teknologi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Undervanns prosessering (separasjon, pumping, kompresjon, vannrensing og injeksjon)</li> <li>• 'All electric'</li> <li>• Ny generasjon styringssystemer</li> <li>• Grad av fjernstyring /AUV</li> </ul>			
	Material teknologi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rørledningstrase- variasjoner i sjøbunnsforhold</li> </ul>			



Rørledninger, risere og kabler (SURF)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reserve kapasitet i kontrollkabel (umbilical)</li> <li>• Riser design og laster – dynamisk samspill riser og eventuell flytende installasjon</li> <li>• Erosjon- toleranser</li> </ul>			
	Beskyttelse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tråler/fiske aktivitet</li> <li>• Design riser overtrykks beskyttelse</li> <li>• Fallende gjenstander</li> </ul>			
	Operasjons forhold	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Design for "water hammering" inn imot riser</li> <li>• Vannlåser i strømningsrør</li> <li>• Slugging i stigerør og bevegelse av flytende installasjon</li> <li>• Design av piggesystem</li> </ul>			
Strømnings analyser (Flow assurance)	Evaluering fluid komposisjon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydratbeskyttelse</li> <li>• Avleiringsrisiko</li> <li>• Voks utfelling</li> <li>• Kjemikaliebruk - miksing</li> <li>• Miksing av gasser og væsker på vertsinnretning- kontroll på ferdige/utslipps produkter</li> </ul>			
	Vurdering av transienter (drift, nedstenging og oppstart)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse av mulige drifts og oppstarts scenario</li> <li>• Strømnings analyser kalibrert ift erfaring fra området</li> </ul>			

### Reservoar forståelse

God forståelse av reservoar egenskaper og forhold er grunnleggende informasjon for å kunne etablere en Design Basis for utbygging av satellittfelt. Design Basis er et av de viktigste dokumentene som beskriver det fundamentale design grunnlaget og krav/spesifikasjoner/standarder for satellittfelt utbygginger. Dokumentet kan i tillegg sikre god kommunikasjon og forståelse på tvers av team og hos relevante interessenter.

Utarbeidelse og formell aksept av Design Basis som et bindende dokument på tvers og blant relevante aktører (inklusive operatør av vertsinnetning og som partnere i lisens) var et av hovedtrekkene som ble løftet gjennom dybdeintervjuene.

### Fase konvolutter

Fase konvoluttene og PVT egenskapene vil endre seg over feltets levetid, grunnet 'trykkavlastning' av reservoaret gjennom produksjon av feltet. Det må sikres at det etableres en god forståelse av fysiske forhold og eventuelle konsekvenser for utstyr og installasjoner.

### Komponenter

Analyser og tolkning av resultater fra leteboring spiller en stor rolle i arbeidet med å etablere en god og relevant Design Basis. Prøvetaking av fluid fra reservoaret under leteboring, må vektlegges, planlegges og prioriteres. Erfaringer fra utbyggingsprosjekter og tilbakemeldinger fra dybdeintervjuer viser til gjentatte hendelser hvor manglende kunnskap/informasjon om komponenter i brønnstrømmen resulterte i feil design grunnlag og påfølgende problemer med oppstart og drift.

### Geologi

Det må sikres at sjøbunnssegenskaper og geologiske bunnforhold er godt kjent i forbindelse med planlegging av brønnoperasjoner og plassering av undervannsutstyr. Det finnes eksempler på sviktende fundamentering av undervanns bunnrammer på grunn av dårlige bunnforhold.

### Brønn design

Komplekse brønndesign og løsninger spenner fra lange horisontale brønner til fler-grens brønner. Avanserte tekniske løsninger i form av ned-i-hulls instrumentering, sensorer og ventiler øker brønnkompleksiteten. Det kan synes som om dette ikke vil representere et risikoelement i denne sammenheng. Men det er uansett viktig å etablere god forståelse for 'faresignaler' som kan ha årsak i brønnens design.

### Brønn komplettering

Ved opprensning og oppstart av brønner på undervannsinstallasjonen, vil det være nødvendig å strøme brønnen tilbake til vertsinnetningen eller til borerigg. I tilfellet hvor brønnen strømmes til vertsinnetning, må det planlegges for dette. Det vil være en blanding av brønnstrøm, kompletteringsvæsker, boreslam og kjemikalier, samt med et varierende strømningsmønster. Prosessen på vertsinnetningen må klargjøres for dette og det må tilrettelegges for minimale konsekvenser for utslipp, miljø, nedstrøms anlegg og produkt kvalitet.

### Kompleksitet SPS

Undervanns utstyr/komponenter og løsninger innenfor SPS begrepet er i høy grad standardisert og godt kjent teknologi. Risikoelementer kan identifiseres i tilfeller hvor kompleksiteten og sammenstilling av komponenter økes.

I noen tilfeller er det blitt planlagt å benytte eksisterende utstyr/komponenter i en ny applikasjon eller innenfor et utvidet/endret operasjonsområde. Det må sikres at en slik tilnærming tar tilstrekkelig hensyn til at dette vil representere økt risiko.

### Driftsforhold SPS

Det er grunnleggende å forstå og ta hensyn til de fysiske krefter som vil oppstå som en konsekvens av at undervanns anleggene settes i drift. Eksempelvis vil økt temperatur fra brønnstrømmen medføre at materialet ekspanderer og det må sikres at SPS design tar tilstrekkelig hensyn til dette.

### Ny teknologi SPS

Nye 'utstyrspakker' er utviklet, kvalifisert og tatt i bruk i løpet av de siste år; undervanns separasjon, pumper, kompressorer med mer. Utvikling av nye komponenter fortsetter for å ivareta mer effektiv operasjon og vedlikehold av SPS og tilhørende utstyr.

Smarte løsninger og bruk av nye styringssystem/verktøy vil implementeres i større grad på nyere vertsinnetninger. Det må sikres at grensesnittet mellom gamle og nye kontroll og styringssystemer er godt ivaretatt og at de forskjellige systemene er kompatible med hverandre. Eventuell sårbarhet i nye IT-løsninger i forhold til sikringsbrudd må ivaretas.

### Beskyttelse SURF

Det registreres at det er en god del fiskeaktiviteter i nærheten av installasjoner på sokkelen. Det er rapportert om flere hendelser hvor trål, anker eller annet fiskeutstyr henger seg fast i havbunns utstyr. Dersom kreftene er store, er det en risiko for at utstyr kan skades og forårsake lekkasjer av hydrokarboner til sjø.

Spesiell oppmerksomhet må gis til aktiviteter i installasjonsfasen av et undervannsprosjekt. Det vil være behov for god samordning og planlegging av omfattende marine operasjoner i det aktuelle området. Fra dybdeintervju kom det fram at det i driftsfasen viste seg vanskelig å oppnå tilstrekkelig forståelse for rekkevidden av marine aktiviteter ifm vedlikehold og intervensjon av undervanns anleggene.

### Materialteknologi SURF

Emnet materialteknologi er plassert innunder risikoelementer for undervannsanlegg. Det poengteres at vurderinger med hensyn til materialvalg må inkludere hele verdikjeden fra brønn til vertsinnetning. Det må sikres at fluidkomposisjoner er godt kjent og at fysiske strømningsforhold (inkl trykk og temperatur) er kartlagt. I dette inngår kjennskap til rørlednings traséer og bunnforhold. Det er gjort erfaringer med både slugdanning og hydrattanning i rørlednings 'low points' og som kunne ha fått konsekvenser for vertsinnetningens evne til mottak av brønnstrøm på en kontrollert måte.

Ved tilknytning av undervannsanlegg til flytende installasjoner må det benyttes fleksible stigerør (risere). Stigerørene må ha en robust design som kan ivareta de laster som forårsakes av et dynamisk bevegelsesmønster for både vertsinnretning og stigerør. Endrede klimatiske forhold kan påvirke det dynamiske bildet. Det er gjort erfaringer med både erosjon og vibrasjon i installerte stigerør, hvilket understreker viktigheten av tilstrekkelig toleranse i design av fleksible stigerør.

### Operasjonsforhold SURF

Som nevnt under avsnittet for Materialteknologi, så er det viktig at alle potensielle fluidkomposisjoner er godt kjent og at fysiske strømningsforhold (inkl trykk og temperatur) er kartlagt. Det må tas tilstrekkelig hensyn til at både komposisjoner, trykk og temperaturer vil forandre seg i løpet av feltets levetid. Ulike strømningsfenomen (slugging, vannlås, vannhamring med mer) og effekten disse kan få for vertsinnretningen må forstås i et levetidsperspektiv.

### Strømningsanalyser - fluid komposisjon

I flere av de foregående avsnitt og delkapitler er det gjentatte ganger påpekt at det er svært viktig å ha god kunnskap om den fulle komposisjonen av brønnstrømmen inklusive kjemikalier og sporstoffer. Strømningsanalyser må vurdere alle forhold og endringer som kan oppstå fra reservoar til vertsinnretningen.

Ved blanding av brønnstrøm fra flere felt/kilder, må det sikres at det ikke dannes nye forbindelser som kan få negative konsekvenser for effektiviteten av vertsinnretningens prosessering og derav produktkvaliteter. Det må også inkluderes å se på konsekvenser for eventuelle utslipp til miljø (sjø og luft).

### Strømningsanalyser - transienter

Strømningsanalyser må inkludere alle mulige drifts, nedstengnings og oppstarts scenario fra reservoaret til vertsinnretning (transienter). Innhenting av erfaringer fra andre operatører i samme område kan bidra til god kalibrering av modeller for strømningsanalyser (spesielt for reservoar modeller).

## 8 Risikoelementer vertsinnetning

Gjennom arbeidet med rapporten «HMS-utfordringer for sikker oppstart og drift av utbyggingsprosjekter», ble en rekke utfordringer ved gjennomføring av modifikasjonsprosjekter identifisert (se nedenfor).

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vertsplattformens egnethet og kapasitet i forhold til satellittprosjektets karakter og behov (olje/gass/vanninjeksjon/kjemikalier) større modifikasjoner på eksisterende system ➡ Stor betydning for arbeidsomfang</li> <li>➤ Teknisk tilstand på verftsplattformen, behov for forlenget levetid ➡ usikkerhet og mulighet for skjult arbeidsomfang</li> <li>➤ Behov for inngrep i hydrokarbonførende systemer ➡ sikkerhet under ombygging og senere i drift</li> <li>➤ Større endringer i plattformens opprinnelige arrangement og fysiske barrierer ➡ sikkerhet under ombygging og senere i drift</li> <li>➤ Prosjektets størrelse målt i tonn installert utstyr og antall offshore arbeidstimer ➡ kompleksitet/koordinering</li> <li>➤ Knappe vektmarginer i forhold til verftsplattformens bæreevne/stabilitet ➡ fokus/ressursbruk på vektkontroll, vektoptimalisering og fjerning av eksisterende utstyr</li> <li>➤ Løftmarginer i forbindelse med transport og installasjon ➡ sikkerhetsrisiko for plattform i drift</li> <li>➤ Tilgjengelig areal/volum for nytt utstyr ➡ behov for å rydde plass og flytte/fjerne eksisterende utstyr</li> <li>➤ Tidsbegrensninger og manglende fleksibilitet for arbeidsoperasjoner i som må utføres under planlagte nedstengninger</li> <li>➤ Tilgjengelighet av sengeplasser i forhold til estimert behov ➡ begrenset fleksibilitet, mulighet for forsinkelser</li> <li>➤ Forskjellige eiere/operatører for satellittprosjekt og verftsplattform ➡ mulighet for interessekonflikt og ulike prioriteringer</li> <li>➤ Markedssituasjonen ➡ i et stramt marked er det konkurranse om de beste ressursene</li> <li>➤ Nye leverandører med lite relevant erfaring ➡ usikkerhet for tid, kostnad, kvalitet</li> </ul>
---

Figur 10 Utfordringer ved gjennomføring av modifikasjonsprosjekter

Forstudien bygger videre på dette arbeidet og går ett steg videre i å konkretisere risikoelementer. Identifiserte risikoelementer er gruppert innen hovedkategoriene:

- Konstruksjonssikkerhet
- Prosess sikkerhet
- Modifikasjoner på vertsinnetning

Tabell 5 Risikoelementer vertsinnetning

Hovedkategori	Emner	Risikoelementer			
Konstruksjons sikkerhet	Vektkontroll og bæreevne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vekt belastning og marginer</li> <li>• Laster og lastvirkninger</li> <li>• Global og lokal strukturstyrke</li> <li>• Ulike material kombinasjoner (bolter med mer)</li> <li>• Krevende installasjon av moduler, utvidelse dekk, stigerør mm</li> </ul>			
	Skipskollisjoner	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SSIV (havbunns sikkerhetsventil) eventuelle alternative løsninger</li> <li>• Innfesting/ eksponering av stigerør</li> <li>• Økt trusselnivå (sabotasje) for installasjoner/rør</li> </ul>			

	Endrede klimatiske forhold	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekstremvær</li> <li>• Endrede krav mhp bølger/bølgehøyde</li> <li>• Metocean data, havstrømmer og sandfluktusjon</li> </ul>			
	Vertsinnretningens tilstand, design og levetid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentasjon "as build/as is"</li> <li>• Dokumentasjon status vedlikehold</li> <li>• Dokumentasjon strukturell integritet i levetidsperspektiv</li> <li>• Avvikshåndtering ift regelverkskrav og styrende dokum. (mange vs få)</li> <li>• Regelverkskrav og standarder – gammelt vs nytt</li> <li>• Marint regelverk kontra sokkel regelverk</li> </ul>			
	Opprettholdelse av barrierer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumenterte/ oppdaterte QRA (gjennomføringsfasen <b>og</b> driftsfasen)</li> <li>• Opprettholdelse av barrierer ved modifikasjoner</li> </ul>			
Prosess sikkerhet	Endrede prosess betingelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overtrykksbeskyttelse (HIPPS og/eller instrumenterte systemer)</li> <li>• HP/HT satellittfelt</li> <li>• Stigerør og nye 'operasjonelle' forhold (vibrasjon, slugging, hydrater, erosjon mm)</li> <li>• Økt antall potensielle lekkasjepunkter</li> <li>• Økte utslipp til omgivelser</li> </ul>			
	Evaluerer fluid komposisjon i verdikjeden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydrokarboner inkl tunge komplekse forbindelser</li> <li>• Hg, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> mm</li> <li>• Vannkvaliteter inkl sporelementer</li> <li>• Kjemikalier fra boring og drift</li> <li>• Endrede krav mhp produktkvalitet</li> <li>• "Nye" komposisjoner pga miksing</li> </ul>			
	Kontroll og sikkerhetssystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CCR og arbeidsmiljø, økt arbeidsbelastning</li> <li>• SAS, instrumentering og HMI grensesnitt (utenom CCR)</li> <li>• Fjernstyring fra land</li> </ul>			

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bruk av simulerings verktøy, programvare oppdatering</li> <li>• Overinstrumenterte alarm og kontrollsystem</li> <li>• Overstyring av alarmer i driftsfasen</li> <li>• Sikkerhetsbrudd IT-baserte system (trusler, hacking)</li> </ul>			
Modifikasjoner på vertsinnetning	Stort modifikasjons omfang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulbasert modifikasjon (ny modul / utvidete dekksonråder/ endret dekk lay-out)</li> <li>• Endring/påvirkning områdekrav</li> <li>• Endring/påvirkning vekt belastning/ marginer</li> <li>• Behov for tunge løft</li> <li>• Stillas arbeid, bruk og sikring, inkl. vurdering av værbegrensninger</li> </ul>			
	Medium modifikasjons omfang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kombinasjon av nye dekksonråder og komponent basert modifikasjon</li> <li>• Kompleks integrasjon med eksisterende utstyr/system (flere 'angrepspunkter')</li> </ul>			
	Lite modifikasjons omfang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komponent/utstyrs basert modifikasjon/ installasjon ('Stick build')</li> <li>• Kompleks integrasjon med eksisterende utstyr/system (flere 'angrepspunkter')</li> </ul>			
	Gjennomføring av modifikasjoner (gjelder <b>alle</b> modifikasjons omfang)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inngripen i hydrokarbonførende system i drift</li> <li>• Kontroll/oversikt over håndterte vekter (nytt, fjernet, flyttet, installert)</li> <li>• Samtidige aktiviteter; V&amp;M/driftsmod. og prosjektmod.(SIMOPS)</li> <li>• Arbeid på 'varm' plattform (generelt)</li> <li>• Arbeid på 'kald'/nedstengt plattform (tidsbegrenset, høyt aktivitetsnivå)</li> <li>• Varmt arbeid/sveising (habitat, nattarbeid)</li> <li>• Personell logistikk (shuttling, flotell, W2W)</li> </ul>			

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sengekapasitet – press på effektivitet (stressfaktor)</li> <li>• Tilgjengelighet på ressurser med kompetanse/erfaring innen offshore modifikasjoner</li> <li>• Verifiser prosjektet påvirkning av risikobildet. Oppdater risikoanalyse for vertsinnetning i planleggingsfasen.</li> </ul>			
--	--	--	--	--	--

### Vektkontroll og bæreevne

Tilgjengelig areal og vektkapasitet er svært viktige parametere når det planlegges for modifikasjoner av vertsinnetninger. Utfordringene blir forskjellige avhengig av type vertsinnetninger (typisk flytende kontra bunnfaste installasjoner). For tilfellet av flytende plattformer med knappe stabilitetsmarginer må det stilles særlig høye krav til presisjon og nøyaktighet i prosjekteringen.

Det er nødvendig med løpende og god oversikt over vekter ved fjerning, flytting, renovering/reinstallasjon og integrasjon av nytt utstyr og/eller prefabrikkerte moduler. I tillegg må det sikres at alle driftssituasjoner i et levetidsperspektiv er hensyntatt ved beregning og oppfølging av vekt og tyngdepunkts plassering.

### Skipskollisjoner

Betraktninger rundt skipskollisjoner er her begrenset til eventuelle hendelser innenfor 500 meters sikkerhetssone. Beskyttelse av J-rør, stigerør og kabler vil innebære forskjellige tekniske løsninger avhengig av vertsinnetningens karakter (flytende versus bunnfaste installasjoner). Risikovurderinger med hensyn på potensialet for lekkasje/skade på installasjon er en god metodikk. I lys av den globale sikkerhetssituasjonen og økt trusselnivå for installasjoner til havs, bør mulig sabotasje inkluderes i risikovurderinger.

### Endrede klimatiske forhold

Klimaforholdene er under endring, også på norsk sokkel. Endrede klimatiske forhold og eventuelle konsekvenser for integriteten av konstruksjoner til havs, vil kreve større oppmerksomhet nå enn tidligere. Det kan vise seg at design marginene som var til stede i opprinnelig design, ikke lenger er gyldige. Foreløpig informasjon fra dybdeintervjuene indikerer at det er liten risiko for vesentlige endringer i risikobildet pga endrede klimatiske forhold, men dette kan variere og er avhengig av de forskjellige lisensenes geografiske plassering.

### Vertsinnetningens tilstand, design og levetid

Erfaringer fra mange modifikasjonsprosjekter tilsier at det alltid vil komme 'overraskelser' med hensyn på vertsinnetningens tilstand. Dette er en av hovedårsakene til at mange modifikasjonsprosjekter blir krevende å gjennomføre og ikke blir slutført innenfor planlagt tid og kostnad. I tillegg observeres enkelte erfaringer med at driftsorganisasjonen på vertsinnetningen



benytter muligheten til å inkludere driftsmodifikasjoner i arbeidsomfanget, som ikke nødvendigvis kan begrunnes i tilknytning av undervannsanlegg.

Eksisterende installasjoner og utstyr er ikke alltid i samsvar med tegninger og designunderlag og det må sikres at 'kartet stemmer med terrenget' ved hjelp av fysiske sjekker og befaringer. Forskjellene oppstår gjerne pga nødvendige endringer i designet for å takle utfordringer i driftsfasen eller for å forbedre funksjonaliteten. Implementering av regelverksendringer og krav kan også føre til avvik fra den opprinnelige design dokumentasjonen. Regelmessige revisjoner/oppdateringer av design dokumentasjonen gjennom vertsinnretningens levetid er derfor svært viktig blir ivaretatt.

Det kan være gunstig å sikre utarbeidelse av en spesifikk Design Basis for modifikasjonsoppdraget som formelt aksepteres av partene. Denne bør inkludere klare grensesnitt, rammebetingelser for oppdraget og oppdatert design dokumentasjon for vertsinnretningen.

Skifte av eiere/operatør av felt og lisenser (inkl integrasjon av selskap) forekommer på norsk sokkel. I slike situasjoner vil det være spesielt viktig å sikre overføring av reell dokumentasjon av innretningens tilstand og operasjonelle erfaring (design og drifts historikk). Erfaringsmessig er dette utfordrende å få gjennomført.

I utbyggingsprosjekt hvor nye undervannsanlegg tilkobles eksisterende undervannsanlegg (som "vertsinnretning"), er det spesielt viktig å sjekke eventuelle avvik/gap i design forutsetninger for eksisterende utstyr/komponenter kontra nytt utstyr/komponenter. Dette må inkludere hele verdikjeden fra undervannsanleggene inklusive vertsinnretning (plattform, FPSO med mer).

### Endrede prosessbetingelser

Endrede prosessbetingelser med opprinnelse i undervannsanleggene kan ha betydelige konsekvenser for driftssikkerhet, produktkvalitet og miljøpåvirkning.

Endringer i temperatur, trykk og/eller kjemisk sammensetning kan påvirke prosessering av olje/gass/vann og funksjonaliteten i vertsinnretningens utstyrskomponenter. Levetiden og integriteten til utstyrskomponentene i anlegget kan påvirkes og bidra til økt behov for vedlikehold og modifikasjoner. Det bør vektlegges om endringene kan medføre en økning i potensielle lekkasjepunkter. Nye risikofaktorer kan oppstå og eksisterende sikkerhetsbarrierer kan være utilstrekkelige for å håndtere endringene. En endret funksjonalitet i prosessene kan i tillegg påvirke utslipp av miljøfarlige stoffer og kjemikalier. Vurderinger av endrede prosessbetingelser må sees i sammenheng med sikkerhetssystemene for å sikre at anlegget forblir i samsvar med kravene til sikkerhet, helse og miljø.

### Opprettholdelse av barrierer

Ombygginger kan svekke sikkerhetsbarrierer på innretningen. Alle planlagte endringer i et modifikasjonsprosjekt skal sjekkes mot innretningens barriere strategi med ytelsesstandarder for å sikre at slike svekkelser ikke finner sted.

Som en del av denne gjennomgangen bør endringenes arbeidsomfang sjekkes mot siste oppdaterte QRA for å sikre at risikonivå på innretningen ikke svekkes med de planlagte endringene. Et klassisk eksempel er fortetting og redusert naturlig ventilasjon som kan gi økt risiko for antent gasslekkasje.

Slik gjennomgang av modifikasjonsprosjektets arbeidsomfang bør finne sted tidligst mulig slik at tiltak for å opprettholde barrierer implementeres i designprosessen for prosjektet. Det bør vurderes om QRA skal oppdateres, spesielt ved større ombygginger for å dokumentere opprettholdelse av risikonivå.

### Evaluering fluid komposisjon i verdikjeden

God forståelse av fluid komposisjon og komponenter er nevnt flere ganger i kapittel 7, og de samme betraktningene vil være gyldige også for vertsinnretningen. Imidlertid kommer ytterligere et perspektiv tydeligere fram i dette delkapittelet. Brønnstrømmen fra undervannsanlegg kan ha en komposisjon og inneholde komponenter og kjemikalier som ikke er direkte kompatible med eksisterende prosessfluid på vertsinnretningen. Nye sammensetninger vil forekomme pga miksing av fluid i prosessene, i tillegg til introduksjon av nye kjemikalier og mulige komplekse forbindelser. Det er potensiale for at eksisterende utstyr ikke opereres optimalt med de nye komposisjonene.

Det settes krav til produktkvalitetene for eksport av olje og gass fra vertsinnretningen. Det må sikres at disse overholdes selv med endrede komposisjoner som følge av tilknytning av nye undervannsanlegg og brønnstrømmer. Utslipp til omgivelsene (sjø og luft) er også underlagt restriksjoner. Endrede komposisjoner og prosessbetingelser kan påvirke utslippsmengder og må evalueres.

### Kontroll og sikkerhetssystem

Det har vært en stor grad av videreutvikling av verktøy og systemer for styring og kontroll av innretninger på sokkelen, både innen kategoriene maskinvare ('hardware') og ikke minst programvare ('software'). For mange av de eldre installasjonene på sokkelen er systemene utdaterte ('obsolete'). Det er vanskelig å få tilgang til reservedeler og oppdatert programvare. Ved integrering av nye undervannsanlegg kan det bli behov for vesentlige oppdateringer på mange og omgripende systemer. Nye og gamle versjoner av styrings og kontroll systemene er ikke nødvendigvis kompatible.

Det bør være en god balanse mellom tilstrekkelig instrumentering og overinstrumentering av alarm og kontrollsystemene på en vertsinnretning. Overinstrumentering kan få negative konsekvenser for arbeidsbelastning og fokus fra operatører i CCR. Det er kjent at viktige alarmer har blitt overstyrt (inhibert) i normale driftssituasjoner for å senke stressnivået i kontrollrommet. Det er også tilfeller av at økningen i arbeidsbelastning i CCR blir undervurdert med tilknytning av ytterligere nye undervannsanlegg.

I lys av dagens globale sikkerhetssituasjon, vil det være nødvendig å evaluere sårbarheten av IT-baserte systemer og om de er tilstrekkelig sikret mot hacking og tilsvarende trusler (sikkerhetsbrudd). Med framtidens løsninger inklusive fjernstyring av installasjoner fra land, bør dette få økende oppmerksomhet i risikosammenheng.

### Modifikasjonsprosjekter - stort, medium, lite omfang

Det er utfordrende å kategorisere modifikasjonsprosjekter i kontekst av stort, medium eller lite arbeidsomfang. Vanligvis defineres arbeidsomfanget ut ifra håndterte vekter og derav beregnes nødvendige arbeidstimer (direkte og indirekte) på vertsinnretningen (ref. tidligere studier). Vertsinnretningens evne og kapasitet til å håndtere økt arbeidsaktivitet, vil igjen ha betydning for om aktivitetene innebærer vesentlig økt risiko eller ei.

I denne forstudien er det gjort en forenklet tilnærming hvor stort arbeidsomfang inkluderer installasjon av ny modul og/eller behov for utvidete dekkingsområder. Et lavt arbeidsomfang representeres ved integrasjon i eksisterende utstyr og systemer ('stick-build'). Moderat arbeidsomfang er en kombinasjon av de to foregående, med installasjon av mindre modulbaserte utstyrs pakker samt integrering i eksisterende systemer.

Det er ikke gitt at noen av kategoriene (stort, medium eller lite arbeidsomfang) gir større eller mindre sannsynlighet for økt risiko. Men de representerer forskjellige typer risiko og vil kreve forskjellig tilnærming. Eksempelvis vil modul baserte løsninger være tyngre enn integrerte løsninger, kan få konsekvenser for vektssensitive plattformer og vil introdusere økt risiko med hensyn på behov for tunge løft på vertsinnretningen.

Modifikasjoner i kategorien lite arbeidsomfang, innebærer at det blir mange 'angrepspunkter' for integrasjon og installasjon av nytt utstyr. Det kan bli komplisert å holde god oversikt over arbeidet og det kan forekomme situasjoner hvor det er problematisk å arbeide mot systemer som er i drift. Risiko for driftsavbrudd kan være høyere. Dette er en helt annen type risiko enn for modifikasjoner med stort arbeidsomfang.

### Gjennomføring modifikasjoner

Modifikasjonsprosjekter er utfordrende fordi det skal gjøres endringer på eksisterende systemer uten at det påvirker den daglige drift. Gjennomføring av prosjektene må medføre minst mulig tap av produksjon og regularitet samtidig som integriteten av installasjonene og sikkerheten blir ivarettatt.

Det vil være begrensninger på hvor mye personell som kan arbeide effektivt i samme område til enhver tid. God planlegging av arbeidet i samarbeid med driftspersonell om bord vil være en viktig suksessfaktor. I planleggingen må det tas hensyn til at det kan være forskjellige 'eiere' av aktivitetene; eksempelvis driftsmodifikasjoner, V&M modifikasjoner og prosjektmodifikasjoner.

Varmt arbeide (f.eks sveising og bruk av åpen flamme) på installasjoner i drift innebærer et økt risikopotensiale. Det eksisterer gode verktøy og rutiner for å håndtere dette, men det forutsettes da at dette er kjent og ivarettatt på riktig måte. Det er som regel stort press på arbeidsaktiviteter og sengekapasitet på innretningene under perioder hvor disse er nedstengt (kald plattform). Streng prioritering og god planlegging er viktig og bør ikke gå utover sikkerheten ombord. Dette inkluderer også personell logistikk.

## 9 Risikoelementer i grensesnittet satellittfelt/undervannsanlegg og vertsinnretning

Vanligvis etableres oversikter over risikoelementer i henhold til spesifikke områder; eksempelvis undervannsanlegg, modifikasjoner, vertsinnretning og drift/vedlikehold. Det kan være flere risikoelementer som ikke direkte faller inn under noen av disse områdene. Disse går på tvers av flere områder og kategoriseres i denne rapporten som risiko i grensesnittet mellom undervannsanlegg og vertsinnretning. Kategoriseringen er ikke nødvendigvis helt presis siden flere elementer i tabellen under, favner bredere og går utenfor dette grensesnittet.

Tabell 6 Risikoelementer i grensesnittet satellittfelt/undervannsanlegg og vertsinnretning

Hovedkategori	Emner	Risikoelementer			
Kommersielt	Modenhet beslutnings underlag	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multiple vertsinnretninger er kompliserende</li> <li>• Utakt i fasene (teknisk /kommersielt), spesielt i tidligfase</li> <li>• Manglende harmonisering kommersielt / teknisk innhold i avtaler</li> <li>• Sene endringer (post-DG3, etter signering av endelig avtale)</li> </ul>			
	Roller og ansvar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prioritering og modning av modifikasjoner på vertsinnretning(e)</li> <li>• Modifikasjoner gjennomføres som 'eget' prosjekt hos operatøren ('disconnected')</li> <li>• Uklar definering av roller/ansvar i gjennomføringsfasen av modifikasjoner</li> <li>• Uklar/manglende systemforståelse i driftsfasen, operatører for vertsinnretning og satellittfelt må samhandle (f.eks ved samtidige operasjoner)</li> </ul>			
Prosjekt organisering og konsekvenser	System og risiko forståelse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risikomatriser for <u>hele</u> prosjektet, manglende systemforståelse</li> <li>• Manglende tverrfaglig system kompetanse; delegering/tillit – spesialisering</li> <li>• Manglende grensesnitts håndtering og forståelse</li> <li>• Manglende involvering av relevante stakeholdere</li> <li>• Avvikshåndtering inkluderer ikke hele 'verdikjeden' (alle system og delprosjekt)</li> <li>• Faglig stolthet som barriere ('Vi vet best')</li> <li>• Sikring av kvalitet i alle ledd</li> </ul>			

	Driftsforberedelse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uavklarte oppgaver og/eller manglende slutføring ved 'hand-over'/DG4</li> <li>• Manglende opplæring av drift i regi av kontraktør og underleverandør(er)</li> <li>• Designforutsetninger er ikke i samsvar med reelle driftsforhold</li> </ul>			
	Erfarings-overføring	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangler i erfarings overføring mellom prosjekter inkl driftserfaringer</li> <li>• Mangler i erfarings overføring fra tilsyn og granskinger</li> <li>• Mangler i erfarings overføring fra drift til designfasen/kontraktører</li> </ul>			
	Kontraktmodeller	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manglende systemforståelse hos alle parter</li> <li>• Manglende drift- og system kompetanse hos leverandører og underleverandører</li> <li>• Mangler ift. relasjoner - Relasjoner viktigere enn kontrakt modeller</li> </ul>			
Ny teknologi		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementering og konsekvenser er ikke kommunisert og forstått</li> <li>• Endrede arbeidsrutiner og prosedyrer er ikke kommunisert og forstått</li> </ul>			

### Kommersielle problemstillinger

Ved tilknytning av undervannsanlegg/satellittfelt til eksisterende vertsinnetninger, vil det ofte være tilfellet at satellittfeltet og vertsplattform har forskjellige eiere og operatører. Bruk av andres innretninger kan omfatte boring av brønner, tilknytning, styring av undervanns produksjonssystem, injeksjon av vann og gass, gassløfttjenester, utblanding/fjerning av CO<sub>2</sub> /H<sub>2</sub> S, prosessering av brønnstrøm, rørledningstransport fra tilknytningsfelt til vertsinnetning, oljelagring og bøyelasting, transport av produsert petroleum i rørledning, tilgang til kraft, inspeksjon og vedlikehold. Disse elementene representerer funksjonsområder som del av verdikjeden fra reservoar til marked og understreker at det er essensielt med god systemforståelse for hele verdikjeden.

### Modenhet i beslutningsunderlag

Kommunikasjon mellom de som har ansvaret for prosjektering av et satellittfelt og anlegget som skal ombygges, kan være vanskelig fordi konseptvalg og valg av vertsinnetning ofte foregår i parallell med kommersielle prosesser. Det kompliseres ytterligere av at kommersielle forhandlinger er konfidensielle. Dersom det er flere aktuelle vertsinnetninger (multiple) for tilbud om utfyllende tjenester, så kompliseres bildet i enda større grad.

Det utføres tekniske studier i forkant av endelig inngåelse av kommersielle avtaler og investeringsbeslutning ved DG3. Likevel kan det være utfordrende å få tilstrekkelig innsikt og god detaljkunnskap om forholdene på vertsinnetninger. Det rapporteres ofte om overskridelser ved gjennomføring av modifikasjoner på grunn av sene endringer (post-DG3) og 'overraskelser' med hensyn på design grunnlaget.

## Roller og ansvar

Beskrivelsene i de kommersielle avtalene skal avklare hvor den fysiske og eiermessige grensen mellom egne og andres innretninger går, samt angi mulige usikre faktorer som er forbundet med tilknytningen. Roller og forpliktelser reguleres gjennom avtalene, men det kan oppstå interessekonflikter og de involverte selskapene kan ha forskjellige prioriteringer.

Det er begrenset hvor mye som kan detaljeres ut i de inngåtte avtalene, som gjerne da kan resultere i 'omkamper' sent i gjennomføringen av modifikasjonsprosjekter. Prioriteringer blir viktige både med tanke på tilstrekkelig tilgang til sengeplasser, arbeidsområder, planlegging og nødvendige ressurser. Med behovet for prioriteringer, kommer gjerne et økt press på effektivitet i arbeidet som kan bidra til økt risiko.

Modifikasjoner gjennomføres som regel som et eget delprosjekt i regi av operatøren av vertsinnretningen. I verste fall kan et slikt delprosjekt styres helt separat fra resten av satellittprosjektet ('disconnected') uten muligheter for innsyn eller påvirkning. Delprosjektet kan gå glipp av avvik/endringer/funn i andre deler av verdikjeden som vil få betydning/konsekvenser for gjennomføring av modifikasjonsoppdraget. Godt samspill mellom partene er en forutsetning for å kunne redusere risiko ved gjennomføring av modifikasjonsoppdrag.

Det er vanskelig å generalisere i denne sammenheng, siden dette er avhengig av aktørenes holdning og strategi for gjennomføring av modifikasjonsoppdrag. Det er uansett uheldig dersom en slik situasjon (som beskrevet over) utnyttes til ensidig fordel for en av partene.

## System og risiko forståelse

God risikoforståelse og håndtering er en av forutsetningene for å ivareta sikkerhets barrierer ved tilknytning av undervannsanlegg til vertsinnretninger. Det er god praksis i industrien med å etablere risikomatriser for forskjellige nivå i aktørenes organisasjoner; dette inkluderer typiske satellittprosjekter. Vanligvis gjennomføres risiko identifisering ved at enkelt disipliner eller delprosjekter utarbeider sin risikomatrikse før resultatet løftes til høyere nivå i organisasjonen/prosjektet. Risikomatrissene bearbeides videre for å etablere Topp 10 risikobildet i den aktuelle organisasjonen. Denne prosessen forutsetter at ledelsen har god systemforståelse og god kunnskap om årsakssammenheng og konsekvenser (barriere og system forståelse).

Det er viktig at risiko inklusive årsak/konsekvens kommuniseres klart og tydelig og ikke overprøves uten tilstrekkelig involvering av disipliner/delprosjekter. Det finnes flere eksempler på identifiserte risiko som er blitt oversett/overprøvd og som senere har resultert i problemer i drift/oppstartsfasen av satellittfelt.

Både håndtering av risiko og informasjonsflyt har en tendens til å bli segmentert og kommunisert innenfor enkelt disipliner og delprosjekt. Dette kan være svært uheldig, siden det ofte kan påvises at avvik/endringer/funn i begynnelsen av en verdikjede ofte får konsekvenser lenger ned i verdikjeden. Dette understreker igjen viktigheten av systemforståelse og barriere håndtering.

Faglig stolthet kan representere en barriere for god risikoforståelse og håndtering. Uttrykket "vi vet best" antyder en holdning eller tilnærming der noen mener at de har den rette kunnskap eller innsikt, og at deres synspunkter eller beslutninger skal følges uten å utfordres. Å hevde "vi vet best"

kan føre til ignorering av alternative synspunkter/erfaringer og kan være et hinder for videre læring og erfaringsoverføring.

### Driftsforberedelser

Aktører i næringen understreker at det er store gevinster å hente ved å inkludere erfarent driftspersonell i en tidlig fase i utbyggingsprosjekter. I den virkelige verden er det ofte manglende tilgjengelighet av driftspersonell og kapasitets begrensninger. Det er ikke alltid mulig å sikre at designforutsetninger er i samsvar med driftsforhold og forventninger. Forskjellige skift på sokkelen har også gjerne varierende meninger og rutiner for sitt arbeid.

Gjennom dybdeintervjuene ble det poengtert at innspill fra driftsorganisasjonen på sokkelen ofte ble innmeldt for sent i gjennomføring av modifikasjonsprosjekter (post DG3). Dette bidrar ofte til sene endringer, økning i arbeidsomfang på sokkelen og vil derav kunne representere økt risiko. Det bør gjennomføres kritiske vurderinger av eventuelle endringer med bakgrunn i regelverkskrav eller som behov for helt nødvendige modifikasjoner.

Mange utbyggingsprosjekt slutføres med en liste av uavklarte oppgaver og/eller manglende slutføring ved 'hand-over'/DG4. Det kan være varierende årsaker til manglende slutføring, men det bør sikres at dette ikke bidrar til økt risikonivå og ikke påvirker viktige barriere funksjoner. I tillegg må det sikres at det allokeres tilstrekkelige ressurser for slutføring av resterende arbeidsomfang.

### Erfaringsoverføring

Alle prosjekter er unike og representerer et sett av erfaringer, både positive og negative. Mange av disse erfaringene, selv om de synes å være unike, vil likevel ha relevans for andre prosjekter. Det er svært viktig å akseptere at læring er viktig, faglig stolthet innebærer også å kunne lytte til andres erfaringer.

Det er en generell aksept for at det nyttig og viktig å involvere driftspersonell i alle faser av prosjektarbeid. Dette begrenses i mange prosjekt til å være enkelt personer som gis for lite tid/kapasitet til å håndtere alle problemstillinger som kan dukke opp. På tross av at driftspersonell involveres i prosjektfasene, er det registrert enkelte erfaringer med at design utfordringer/feil 'fikses' etter at satellittfeltet er kommet i drift. Dette kan utgjøre en risiko og kan i verste fall medføre feil operasjon av utstyr. I løpet av dybdeintervju ble det også nevnt at driftserfaringer ikke nødvendigvis tilflyter de som er ansvarlig for selve utstyrsdesign og utforming, typisk kontraktører og underleverandører.

Ptil sine tilsyn og granskinger er en god kilde til læring og erfaringsoverføring. Imidlertid er informasjonen segmentert. Det er utfordrende å finne sammenheng mellom rapporterte elementer/funn i tilsyn/granskinger og hvordan disse er relatert til et satellittprosjekt og/eller modifikasjoner på vertsinnetningen. Det kan være utfordrende og krever mye tid fra personell i satellittprosjekt eller modifikasjonsprosjekt med hensyn på å lete etter relevant informasjon og erfaring.

### Kontrakts modeller

Det er en generell oppfatning at endring/nye kontrakts modeller (rammekontrakter, allianser el. lign.) ikke vil påvirke risikobildet i vesentlig grad eller gi grunnlag for å identifisere nye risikoelementer. 'En kontrakt er en kontrakt uavhengig av hva vi kaller det' er et eksempel på et utsagn fra dybdeintervjuene. Det er derimot viktig at det tilrettelegges for gode relasjoner mellom kontraktspartene slik at viktig erfaring/ informasjon legges til grunn for design av nye undervannsanlegg og tilhørende modifikasjoner. En god og felles systemforståelse hos alle parter vil bidra til bedret kvalitet i arbeidet.

### Ny teknologi

Med implementering av 'ny teknologi' refereres det ofte til introduksjon av større/nye utstyrskomponenter som eksempelvis undervanns separasjon og/eller gasskompresjon. Det er viktig å ha en utvidet forståelse for hva som menes med implementering av ny teknologi. Ved å benytte seg av godt kjente tekniske løsninger innenfor et nytt/endret operasjonsområde (ny applikasjon), introduseres i mange sammenhenger også ny teknologi. Det er flere tilfeller av at nye applikasjoner av kjente komponenter ikke kommuniseres tydelig nok ved valg av tekniske løsninger (ikke 'field proven'). I så måte representerer dette et risikoelement som må håndteres som ny teknologi med tilhørende modningskrav.

Et grensetilfelle kan være å 'tøye grensene' for en applikasjon i et nytt endret operasjonsområde. Utnyttelse av eksisterende design marginer kan lett medføre at man beveger seg inn i området for 'ny teknologi' og medfølgende krav til teknologi kvalifisering.

Implementering av ny teknologi vil ofte medføre behov for endringer i arbeidsprosesser og rutiner. Det er viktig å oppnå god og tilstrekkelig forståelse for dette før oppstart/drift av nytt utstyr og eventuelt nye applikasjoner.



## 10 Hovedtrekk risikoelementer

Industrien har en tendens til å definere og gruppere delprosjekter og disipliner innenfor feltutvikling av satellittfelt. Dette påvirker i sterk grad evnen til å forstå risikoelementers årsak og konsekvens i verdikjeden. I Ptil sin oppdragsbeskrivelse er det spesifikt bedt om å ha fokus på prosess sikkerhet og konstruksjonssikkerhet knyttet til utbygging av satellittfelt og modifikasjoner på ertsinnretningen. Forstudien har bevisst valgt å inkludere undervannsanlegg i arbeidet hvilket begrunnes med at det er helt nødvendig å se på slike utbygginger som ett totalsystem. Basert på erfaringer og gjennom dybdeintervjuer, understrekes viktigheten av god systemforståelse for slike anlegg. Ofte vises det til at årsaken til risiko situasjoner på ertsinnretningen har sitt 'opphav' i manglende systemforståelse og hendelser i oppstrøms anlegg (eksempelvis brønn, SPS eller SURF).

Nye satellittfelt på norsk sokkel som vurderes for utbygging med undervannsanlegg, er normalt små og har komplekse reservoarer hvor kartleggingen og uttestingen ofte har vært ufullstendig. Utbygginger med undervannsanlegg inkluderer gjerne moderne brønnteologi som muliggjør stort strømningspotensiale og lange brønnbaner i reservoaret med tilhørende utfordringer for effektiv produksjonsstyring fra ertsinnretningen. Nedihullsventiler har begrenset levetid og brønnintervensjoner i havbunnsbrønner er tidkrevende og kostbart. På dette grunnlaget skal så havbunnsystemet bygges, og det skal planlegges for operasjon og vedlikehold i regi av ertsinnretningen hvor 'feil' i undervannsanlegg fjerndiagnostiseres og status på anlegget overvåkes.

De viktige elementene som er identifisert gjennom denne forstudien og som vil kunne påvirke risikobildet er knyttet til:

### Design Basis

Med utgangspunkt i den overordnede beskrivelsen og status på utforskningen av reservoaret, er det åpenbart at Design Basis vil være beheftet med betydelig usikkerhet. I ekstreme tilfeller kan tolkningen av reservoaret og dreneringsstrategi vise seg å være helt feil. For enkelte små satellittfelt med havbunnsløsninger har reservegrunnlaget blitt betydelig nedjustert. Innen dette område er det foreslått for operatører i større grad å benytte seg av korrelasjoner og område erfaring. Dette medfører behov for tettere samarbeid og informasjonsutveksling oljeselskapene og operatørene imellom.

Det understrekes at det er viktig å innhente tilstrekkelig informasjon om satellittfeltenes reservoar egenskaper under leteboring og/eller avgrensningsboring.

Design basis vil normalt inkludere krav til hvilke spesifikasjoner og standarder som skal benyttes som grunnlag for prosjektering og design. Det er ikke nødvendigvis et godt samsvar mellom design koder og standarder på tvers i et satellittutbyggingsprosjekt. Dybdeintervju ga tilbakemelding om at det er manglende forståelse for grensesnittet som kan resultere i avvik i design betingelser og marginer. Dette kommer særlig til uttrykk ved integrering av nytt utstyr på gamle ertsinnretninger (nytt/gammelt utstyr).

### Samarbeid og kommunikasjon

Et utbyggingsprosjekt for undervannsanlegg knyttet opp til en ertsinnretning vil som regel bestå av flere delprosjekt. I denne forstudien definerer vi disse delprosjektene som 1) boring og brønn, 2)

undervannsanlegg og 3) tilknytning til vertsinnretning (modifikasjoner). Det er som regel slik at modifikasjoner på vertsinnretning gjennomføres av operatøren av denne installasjonen, mens 'resten' av prosjektet gjennomføres av operatør av satellittfeltet. Dette kan i noen tilfeller representere en reell barriere og segmentering av noe som i utgangspunktet er ett prosjekt og samme feltutvikling. Dybdeintervjuene ga tilbakemeldinger om at slike barrierer kunne ha negative konsekvenser for samhandling, kommunikasjon og risiko håndtering.

Hver enkelt disiplin/delprosjekt utarbeider sin risikomatrix som videre løftes opp til neste 'nivå' i prosjektet som bearbeider den mottatte risikomatrixen til reviderte Topp-10. Det kan innebære at viktige risikoelementer ikke blir tilstrekkelig identifisert, forstått og kommunisert på tvers i hele prosjektet og i organisasjonen som helhet. Dette er især et tema for satellittfelt med komplekse reservoarer og hvor reservoar informasjon er mangelfull. Det er viktig at risiko inklusive årsak/konsekvens kommuniseres klart og tydelig og med tilstrekkelig involvering av disipliner/delprosjekter.

### System forståelse og kompetanse

Systemforståelse refererer til evnen til at forstå og analysere komplekse systemer og deres gjensidige avhengighet. Det innebærer at det er viktig å se sammenheng mellom delprosjektene og forstå hvordan hendelser/risikoelementer kan påvirke hele produksjonssystemet og/eller verdikjeden fra reservoar til produkt. Med en sterk segmentering av delprosjekter, samt manglende samarbeid og kommunikasjon, vil det bli vanskelig å opparbeide god systemforståelse og kompetanse. En forbedring av informasjonsflyt vil kunne bidra til bedre systemforståelse.

### Erfaringsoverføring

Alle prosjekter er unike og representerer et sett av erfaringer, både positive og negative. Mange av disse erfaringene, selv om de synes å være unike, vil likevel ha relevans for andre prosjekter. Barrierer for erfaringsoverføring vil alltid være til stede i organisasjoner og prosjekt, siden det er knyttet opp til menneskers evne til å lytte og lære. Uansett, registreres det at mange av de identifiserte risikoelementene er 'gjengangere' ved utbygging av satellittfelt og at disse fremdeles er høyst aktuelle.

Det er utarbeidet utallige forslag og tiltak i løpet av årene for å finne en god metodikk og verktøy for å ivareta erfaringsoverføring. Det er fremdeles en utfordring.

## 11 Læring, forbedring og grunnlag for videre arbeid

Prosjektet " Sharing Economy" i Offshore Norge var fokusert på kostnadsreduksjoner innen subsea gjennom gjensidig deling av informasjon og relevante spesifikasjoner. Equinor stilte sin pakke spesifikasjon NCS17+ til disposisjon. Dette innebar at andre operatører kunne bruke denne i sine kontrakter mot de sentrale systemleverandørene, med følgende effekter:

- Ferdig utviklet og kvalifisert subsea utstyr (7" vertikalt ventiltre VXT) kunne bestilles
- Kost og leveringsplan kunne reduseres, og dermed få større trygghet for å unngå overraskelser
- Test og håndteringsutstyr kunne gjenbrukes/leies
- Operasjonelle prosedyrer kunne kopieres – service personellet fikk optimalisere sine detaljerte roller/prosedyrer
- Bruken av enkeltskrogs fartøy for å installere ventiltreet vil kunne gi store kostbesparelser

Oppdatering av Norsok U -001 Subsea Production Systems (utgitt i 2021) er et viktig bidrag til samordning og standardisering av havbunnsystemer for norsk sokkel. Oppdateringen bygger på den internasjonale subsea standarden ISO 13628 samt API 17 serien og gir føringer (anbefalinger og krav) for spesifikke norske forhold utover hva som er omhandlet i de internasjonale standardene.

### Forslag til videre arbeid

Det refereres til Prosjektet " Sharing Economy" i regi av Offshore Norge (se ovenfor). Dette er en god modell for å gjennomføre samarbeidsprosjekt hvor aktørene bidrar og deltar.

#### 1. Kategorisering av risikoelementer

Risikoelementer identifisert og presentert i kapitlene; 6-7-8-9 og 10 danner et godt grunnlag for videre arbeid med dette tema. Dybdeintervjuene bekrefter at tema og risikoelementer som er listet i tabellene, er gjenkjennbare og stort sett er dekkende for status og situasjonen på norsk sokkel.

Risikoelementene i tabellene er generiske og veldig generelle. Risikoelementer/indikatorer bør kategoriseres i forhold til feltløsninger gitt i figur 3 i rapporten samt inndeling mot type felt; gass, gass kondensat og olje for derigjennom å kunne gi et godt bilde på den totale risikoeksponeringen. Det kan vurderes om kategorisering av risikoelementer kan kobles mot hendelsesindikatorer som registreres i Ptil sine tilsyn og granskinger. Dette vil kunne danne grunnlag for spesifikke industri engasjementer (tema) hvor aktørene inkludert myndighetene samarbeider.

#### 2. HP/HT reservoar

Ekstra oppmerksomhet bør vies til satellittfelt med høyt trykk og høy temperatur. Disse feltene har vist seg å gi store operasjonelle utfordringer på norsk sokkel:

- Kritisk utstysfeil (for eksempel kollaps av strupeventil)
- Store bevegelser i grensesnittet brønn/havbunnsramme
- Rørledninger som beveger seg mye på havbunnen
- Feltene inneholder ofte komplekse forbindelser inkl tunge mineraler/salter, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Hg etc

Erfaringene fra denne typen felt holdes vanligvis internt i selskapene. Især gjelder dette på den internasjonale arenaen hvor kompetanse på HP/HT felter sees på som et konkurransefortrinn de

store oljeselskapene imellom. Dette innebærer at for norske middels store og små oljeselskaper så vil erfaring og kompetanse på dette området være vanskelig tilgjengelig.

### 3. Erfaringsoverføring

Under arbeidet med forstudiet ble det registrert at det er vanskelig å finne relevant informasjon fra de tilgjengelige kildene (ref kapittel 3). Forstudiet foreslår at det settes i gang tiltak som kan bidra til å effektivisere informasjonssøk og forbedre nøyaktigheten og relevansen i resultatene presentert for sluttbrukerne av databaser.

Forstudiet betrakter tilsynsrapporter og granskninger som den viktigste og mest troverdige informasjonskilden i arbeidet. Allikevel har forstudiet savnet en mer avansert søketeknologi som støtter boolean-operasjoner (tillater brukere å kombinere søkeord ved hjelp av logiske operatører som "AND," "OR," og "NOT" for å finjustere søkeresultatene), frase-søk, og filtrering basert på ulike kriterier. En slik teknologi vil gjøre det lettere for brukerne å finne spesifikke informasjonsbiter. Et annet alternativ kunne vært et mer avansert system for tagging og kategorisering av rapportene, for eksempel ved å innføre flere kategorier eller emner.

Ved gjennomgang av informasjon i RNNP, savnet forstudiet muligheten til å identifisere spesifikke hendelser når man beveger pekeren over stolpene i diagrammet. Ved å legge til lenker til konkrete hendelser kunne man gi spesielt interesserte brukere en dypere forståelse og øke den pedagogiske verdien av rapporten.

Når det gjelder Energi24-databasen, møtte forstudiet generelle utfordringer som ofte oppstår i lignende databaser. For å forbedre søkeopplevelsen anbefales det å implementere en fuzzy søkemotor, som håndterer stavefeil og gir resultater selv når søket ikke er nøyaktig matchende. I tillegg måtte forstudiet på egenhånd implementere en søkemotor (en html-skript) med støtte for frase-søk, noe som ytterligere forbedrer søkepresisjonen og brukeropplevelsen i forhold til hendelsesrapportene innmeldt av driftspersonell.

Bruk av Kunstig Intelligens (KI/AI) vil kunne bli et verktøy som kan bidra til mer effektiv erfaringsoverføring. Det er viktig at en slik modell skal kunne søke i flere tilgjengelige databaser, og kunne foreslå relevante hendelser/prosjekter basert på tilgjengelig informasjon fra forskjellige kilder. En slik modell kan i første omgang utarbeides med utgangspunkt i databaser som er tilgjengelig for Ptil.

### 4. Standarder

Standarder eksisterer for de forskjellige delprosjektene i et typisk prosjekt for satellittfelt. Igjen ser vi en segmentering av relevante standarder som ikke tilstrekkelig tar hensyn til ivaretagelse av grensesnitt og den totale systemforståelsen. I forbindelse med forstudiet og de gjennomførte dybdeintervjuene, ble det påpekt at flere forskjellige standarder omhandler bruken av HIPPS og dette kan eventuelt skape forvirring. Ptil kan vurdere å gi økt oppmerksomhet til arbeidet med standarder og især for nærmere definering av kritiske grensesnitt.