

**Rapport om  
implementering av  
undervannssikkerhetssystemer - Aktivitet 9921053**

## Rapport

Rapport	
Rapporttittel <b>Rapport om implementering av undervannssikkerhetssystemer - Aktivitet 9921053</b>	Rapportnummer 9921053
Gradering	
<input checked="" type="checkbox"/> Offentlig	<input type="checkbox"/> Unntatt offentlighet
Involverte	
Organisasjonsenhet F-Prosess integritet	Forfatter/saksbehandler Arne Halvor Embergstrud
Deltakere i revisjonslaget Asbjørn Ueland, Benny Thorrud og Ove Hundseid	Dato 18.03.2024

## Innhold

1	Innledning.....	4
	Bakgrunn.....	4
	Mål 4	
	Fremgangsmåte.....	4
	Avgrensning.....	4
2	Undervannssystemer.....	5
	Undervannsinnretning.....	5
	Undervannskontrollsystem.....	6
	Styring av ventiler på undervannsinnretning.....	6
	Hydraulikk.....	7
3	Forskrifter og standarder.....	9
	Forskrifter.....	9
	Standarder.....	10
4	Sikkerhetsfunksjonene.....	12
	Ventiltre plassert på innretning.....	12
	Ventiltre plassert på havbunn.....	13
	Brønner med høyt trykk.....	14
	PSD funksjoner initiert fra undervannssensorer.....	15
	Betraktninger i mangel av et uavhengig PSD system.....	15
	Ventiltre med elektriske aktuatorer.....	16
	Annet utstyr på havbunnen.....	16
5	Oppsummering.....	17

## **1 INNLEDNING**

### **Bakgrunn**

Havindustritilsynet har hatt et behov for økt forståelse for hvilke løsninger som er brukt og hvordan kravene til prosessikring er realisert og ivaretatt på de forskjellige undervannsutbyggingene.

### **Mål**

Formålet med rapporten er å dele og gi innsikt i implementeringen av instrumenterte sikkerhetsfunksjoner for undervannsinstallasjoner som er i bruk og planlagt for bruk på norsk sokkel, samt hvordan gjeldende krav til uavhengighet for prosessikring blir ivaretatt og realisert av industrien.

### **Fremgangsmåte**

Informasjonen er innhentet i møter med fem operatørselskap og to undervannssystem leverandører hvor realiseringen av eksisterende undervannsløsninger og fremtidige utbygninger har blitt presentert. En oppsummering av relevante tema presenteres i denne rapporten.

### **Avgrensning**

Rapporten avgrensner seg til brønnrelatert utstyr og systemer for kontroll, overvåkning og nedstengning. Rapporten er å betrakte som informasjonsinnhenting. Vi har valgt å legge på noen egne kommentarer der vi mener det er hensiktsmessig for en helhetlig forståelse.

## 2 UNDERVANNSSYSTEMER

Et undervannssystem er et produksjonssystem med flere undervannsinnetninger koblet sammen på havbunnen som inkluderer brønner, undervannsstrukturer og rørledninger. Disse løsningene er designet for å muliggjøre effektiv og pålitelig produksjon av olje og gass uten å måtte bygge ut området med plattformer. Det er nå over 350 havbunnsinnetninger på norsk sokkel, og produksjonen fra disse står for over 50% av den norske olje- og gassproduksjonen.

### Undervannsinnetning

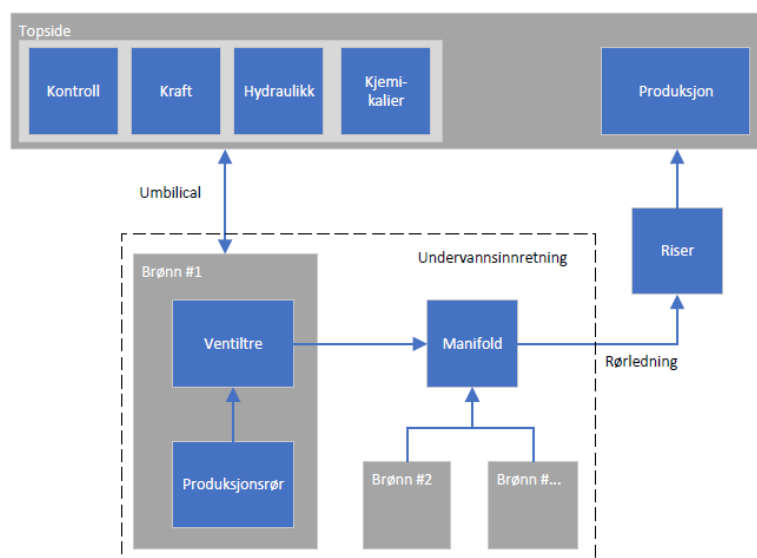
Det eksisterer mye utstyr på havbunnen som faller inn under et undervannssystem, men i denne rapporten har vi valgt å fokusere på undervannsbrønner med tilhørende utstyr. «Undervannsinnetning» benyttes da som et samlebegrep for produksjonsrør fra brønn, brønnrammer, ventiltrær og tilkobling til rørrangement.

Havbunnsinnetningen er forbundet med en innetning eller et landanlegg gjennom en navlestreng (umbilical). Denne inneholder kabler for kontroll og kraft, hydraulikk for operering av ventiler og kjemikalier for å hindre hydratdannelse, korrosjon mm. Hvis innetningen består av flere brønnrammer og brønner, kobles navlestrengen gjerne til en sentral distribusjonsenhet.

De hydraulisk opererte hovedventilene i ventilreet, ving og master, er en del av sekundærbarrieren for brønnen. Selve produksjonen fra brønnen kontrolleres av en strupeventil før hydrokarbonstrømmen ledes sammen med produksjonen fra øvrige brønner til produksjonsrørledningen. På hvert ventilree er det plassert en kontrollmodul (Subsea Control Modul, SCM). Denne modulen inneholder elektronikk og Directional Control Valves (DCV) for styring og overvåkning av utstyr på ventilreet.

En nedihulls sikkerhetsventil (DHSV, SSCSV) er montert i produksjonsrøret, minst 50 meter under havbunnen, og er den primære sikkerhetsbarrieren til brønnen.

Figuren viser en enkel prinsippskisse for en undervannsinnetning med tilhørende knytning mot innetning eller landanlegg. En feltutbygging vil ofte bestå av flere brønnrammer. Disse kan være koblet sammen med kortere rørledninger i en kjede (daisy chain) eller i stjerneform med en egen havbunnsramme der rørledninger fra de enkelte brønnrammene er koblet sammen. Valg av utbyggingsløsninger og trykkforhold kan medføre at det er behov for flere



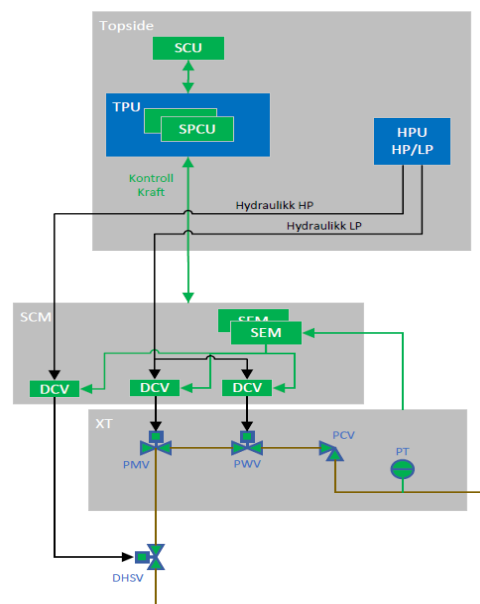
undervannssikkerhetsfunksjoner, typisk High Integrity Pressure Protection System (HIPPS) og Pressure Protection System (PPS).

## Undervannskontrollsystem

All kontroll og overvåking av en undervannsinnetning skjer fra kontrollrommet. Egne kontrollere (Subsea Control Units, SCU) inneholder logikk for styring av ventiler, lesing av sensorer og sekvensiell nedstengning mm. SCU er grensesnittet fra Safety and Automation Systemet (SAS) mot undervannskontrollsystemet.

Topside Process Unit (TPU) inneholder undervannskontrollsystemet til leverandøren av havbunnsinnetningen. Signalene fra/til SCU konverteres for kommunikasjon med Subsea Control Module (SCM) plassert på undervannsinnetningen. På eldre innetninger er overføringen av signaler gjerne realisert med modemløsninger og overlaging på kraftkabler. Nyere undervannsinnetninger benytter fiberkommunikasjon.

Det benyttes redundante løsninger både i TPU og SCM for å sikre høy tilgjengelighet av kommunikasjon. I SCM er det plassert redundante elektronikkmoduler (Subsea Elektronikk Modul, SEM). Kontrollventiler for hydraulikkstyring (Directional Control Valves, DCV) og instrumenter er tilkoblet begge SEM'ene for å unngå at enkeltfeil ikke medfører tap av funksjon.



## Styring av ventiler på undervannsinnetning

Styring av ventiler på undervannsinnetning skjer gjennom signaler fra SCU til SEM. Ved nedstengning gis først stengesignal til vingventil (PWV) og deretter masterventil (PMV). Nedstenging av ventiler er normalt realisert sekvensielt med logikk plassert i SCU. Nedihullsventilen stenges normalt kun ved høyere Emergency Shut Down (ESD) nivå.

Ventilene kan også stenges uavhengig av undervannskontrollsystemet. Dette gjøres ved å blø av hydraulikktrykket. Hydraulikktrykket som holder ventilene i åpen posisjon vil gå til retur og stenge ventilene. Dette er nærmere beskrevet i kapittelet under.

Ved oppstart av en brønn settes først master- og vingventil til åpen posisjon. Her kan det være behov for å trykkutjevne ved bruk av MEG, slik at differansetrykket over ventil ikke blir for stort (unngå slitasje på ventilene). Under drift optimaliseres brønnstrømmen gjennom strupeventilen, og hydrokarbonstrømmen ledes til produksjonsrørledningen.

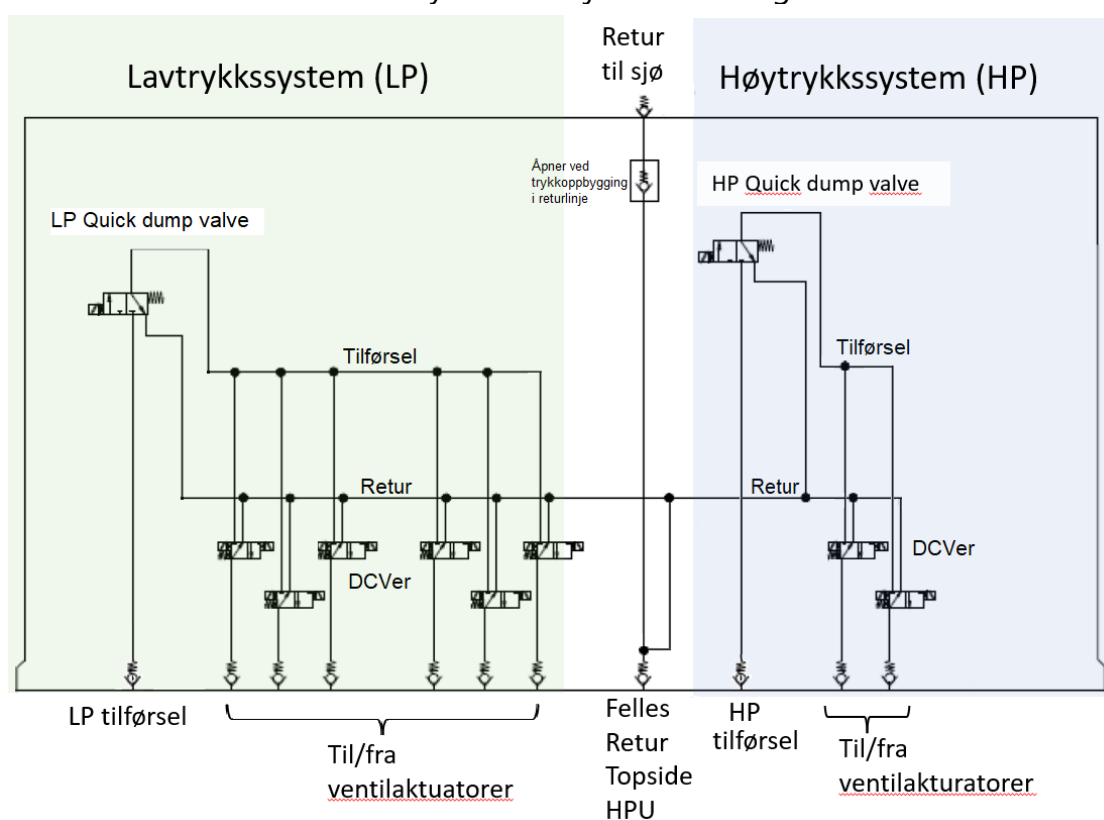
## Hydraulikk

Hydraulic Power Units (HPU) plassert om bord på innretningen forsyner hydraulikk til undervannsinretningen gjennom umbilicalen. Det opereres med to trykk:

- HP (High Pressure) for nedihullsventil
- LP (Low Pressure) for de øvrige ventiler.

En ventil åpnes og stenges ved å trykksette og blø av hydraulikktrykket til ventilens aktuator ved hjelp av en kontrollventil (Directional Control Valve, DCV) plassert i SCM. Hver ventil har sin egen DCV.

Figuren under viser et forenklet hydraulikkskjema for LP og HP:



Ventilene åpnes og stenges ved at DCV'ene kobler ventilenes aktuatorer til henholdsvis HP/LP tilførsel og retur. Skissen over viser et lukket system der hydraulikkoljen bløses tilbake via umbilical til HPU på innretningen. For å sikre at ventilene stenger ved en eventuell blokkering og trykkoppbygging i returlinjen, åpner en tilbakeslagsventil og bløser av hydraulikkoljen til sjø ved høyt returtrykk. Åpne hydraulikksystemer har ikke hydraulikkretur til umbilical, og hydraulikkoljen bløses direkte til sjø når ventilene stenges. For disse systemene er det kritisk at linjen til sjø ikke gror igjen og plugges. Det er derfor vanlig å ha mer enn en dumpelinje til sjø. Sikkerhetsfunksjonene for å stenge ned en brønn er plassert i Emergency Shutdown System (ESD) på innretningen. Ved ESD bløses hydraulikktrykket av fra HPU samt at strømtilførselen fra Subsea Power Control Unit (SPCU) til undervannsinretningen

kuttes. Det er vanlig å legge inn en tidsforsinkelse på strømkutt til SPCU, slik at ventilene kan stenge kontrollert og med mulighet for overvåkning fra kontrollrom. Historisk har DCV'ene vært fail-safe med fjærretur. Tap av spenning kobler aktuator til retur og ventil stenger. Det har vært en utvikling av SCMe over tid, og nedenfor er de mest vanlige løsningene vi har fått presentert:

- Nyere DCV'er kan være laget med elektriske step-motor og fail-safe «as is». Fail-safe funksjonaliteten sikres da gjennom en felles Quick Dump Valve (QDV). Prinsippet er vist i figuren over med en QDV for LP og en for HP. Ved bortfall av spenning til QDV'ene vil hydraulikktrykket til samtlige ventiler bløs av, slik at de stenger. De fleste SCM i dag har QDV for å sikre fail safe funksjonalitet og rask avblødning av hydraulikktrykket i SCMen ved aktivering av ESD.
- Det finnes eldre SCMer som har DCV'er med fjærretur som er hydraulisk holdt (fail-safe «as is») uten at det er installert en QDV. Disse DCV'ene er avhengig av at de enten kjøres elektrisk eller at tilførselstrykket bløs tilstrekkelig ned, for at i fjæren til DCV'en skal kunne overvinne trykket. For disse løsningene er det typisk installert én fail-safe DCV, for enten ving- eller masterventil, for å sikre at én av ventilene stenger når spenningen kuttes ved ESD. De øvrige ventilene stenger først når hydraulikktrykket er blødd ned fra HPU på innretningen.
- Noen SCM'er inneholder en «Hydraulic Dump Valve» (HDV). Dette er en dumpeventil som blør av hydraulikktrykket til sjø når hydraulikktrykket er blødd ned til et definert trykk. Dette vil gå raskere, enn å blø av den resterende hydraulikken tilbake gjennom umbilical til innretningen.

Undervannsventiltre skiller seg fra ventiltre plassert om bord på innretninger ved at det ikke er installert endebrytere for å indikere posisjonen for ving- og masterventiler. Det er installert trykktransmittere på linjene til ventilaktuatorene som gir en indirekte bekreftelse på ventilposisjon. Trykksatt linje indikerer åpen ventil, mens trykløs linje indikerer stengt ventil. Ved ventiloperasjoner i normal drift, der en operer en og en ventil, vil strømningsmåling av hydraulikkoljen kunne bekrefte endring av ventilposisjon. Dette fungerer imidlertid ikke ved en ESD hvor flere ventiler kjøres samtidig.



### 3 FORSKRIFTER OG STANDARDER

#### Forskrifter

Forskriftene for petroleumsvirksomhet inneholder ikke særskilte krav til instrumenterte sikkerhetsfunksjoner for undervannsinstallasjoner. Følgelig gjelder bl.a. kravene i innretningsforskriften § 8 om sikkerhetsfunksjoner, §33 om nødavstengningssystem og § 34 om prosessikringssystem.

Veiledningen til innretningsforskriften anbefaler at for sikkerhetssystemer bør standarder som IEC 61508, IEC 61511, IEC 62061 og ISO 13849 legges til grunn. I tillegg bør [Offshore Norges retningslinje nr. 070](#) legges til grunn for petroleumsvirksomheten til havs.

Videre står det i veiledningen at kravet om uavhengighet innebærer at prosessikringssystemet kommer i tillegg til systemer for styring og kontroll samt andre sikkerhetssystemer. Prosessikringssystemet kan ha grensesnitt mot andre systemer dersom dette ikke kan ha negativt påvirkning som følge av systemsvikt, feil eller enkelthendelser i disse systemene.

Innretningsforskriften kapittel VIII om bore- og brønnsystemer og aktivitetsforskriften kapittel XV om bore- og brønnaktiviteter beskriver ikke egne krav til de instrumenterte sikkerhetsfunksjoner for undervannsinstallasjoner.

Innretningsforskriften § 54 om ventiltre og brønnhode stiller krav til ventiltreet og ringrom:

- *Ventiltreet skal ha minst to hovedventiler, og minst én av dem skal være automatisk.*
- *Ved strømming av hydrokarboner i ringrom skal nærmeste ytre ringrom være trykkovervåket.*

Veiledningen sier videre at hovedventilene bør være integrert i eller montert direkte på ventiltreet. Inn- og utløp i ventiltreet som kan utsettes for brønnptrykk, bør kunne stenges på minst to uavhengige måter.

## Standarder

Påfølgende tekst presenterer utdrag fra relevante standarder.

### Norsok S-001:

I tilfeller der det er krav om PSD sier standarden følgende:

- *For subsea systems requiring PSD protection, the PSD function shall be independent of the subsea control system, i.e. if any failure of the subsea control system will require PSD protection, e.g. overpressure protection.*

Standarden sier noe om muligheten for å bruke undervannskontrollsystemet til å stenge ned undervannssystemer:

- *Initiate stop of subsea pipeline and flowlines connected to the installation outside of the platform safety zone. The closure signal for both subsea wells and other imports can be realized in subsea control system, except upon APS and F&G detection in riser area where isolation is performed by ESD power cut to subsea facility. For other imports, the ESD system submits a PSD signal (or by fail to safe PCS signal) to the connected sources (riser valves).*

Standarden sier noe om at ventilene skal designes etter fail-safe prinsippet:

- *The X-mas tree valves part of the ESD function of well stream isolation shall, for subsea installations, apply a fail-to-safe principle for both electrical and hydraulic power supplies.*

Standarden aksepterer at ESD nedstengning forsinkes slik at ventiltreet kan stenges sekvensielt først:

- *For subsea facilities extended valve travel times are accepted due to special subsea design conditions:*
  - *The total response time for closure of wet well tree (MV&WV via sequential closure) should not exceed 60 s.*
  - *The ESD shutdown should be delayed in order to allow a sequential closure of the well valves via subsea control facilities prior to the ESD disconnection of electrical power supply applying power cut and bleed off via normally energized "Quick dump" hydraulic valve. The time from ESD initiation to all XT barrier valves are in closed position (by sequential closure followed by power cut) shall be less than 4 minutes. Such delays shall however not be applied for wells located within the defined safety zone of the platform or if risk analysis has required well closure time which is shorter than achieved by the delay and ESD actuation time.*
  - *The total response time for closure of SSIVs should be maximum 2 minutes unless risk analysis has required a shorter valve closure time.*
  - *Applied time delays associated with an ESD action to achieve safe state shall be clearly identified in relevant documentation, e.g. C&E diagrams and SRS.*

**Norsok D-standarder:**

Disse beskriver bore- og brønnsystemer, men inneholder ikke krav som er relevante for undervannskontrollsystemene.

**Norsok U-001:**

Standarden innehar ingen spesifikke krav til sikkerhetsfunksjoner.

**API 17V:**

Denne standarden er i dag ikke referert til i Havindustritilsynet sitt regelverk. Standarden er under utarbeidelse og er tenkt utgitt i ny revisjon.

**Offshore Norge sin retningslinje 070:**

De eneste kravene til undervannsbrønner i Offshore Norge sin retningslinje 070 er til nødavstengingssystemet. Det er ikke satt egne krav til prosessikringssystemet.

- *The following isolation functions have been considered for the isolation of one subsea well:*
  - *Primary and secondary barrier isolation of production/injection bore in one subsea well*
  - *Secondary barrier isolation of annulus in one subsea gas lift well from the gas injection manifold/line*
  - *Secondary barrier isolation of one line of chemical injection in one subsea well*
  - *Secondary barrier isolation of one service line from one subsea well*

## 4 SIKKERHETSFUNKSJONENE

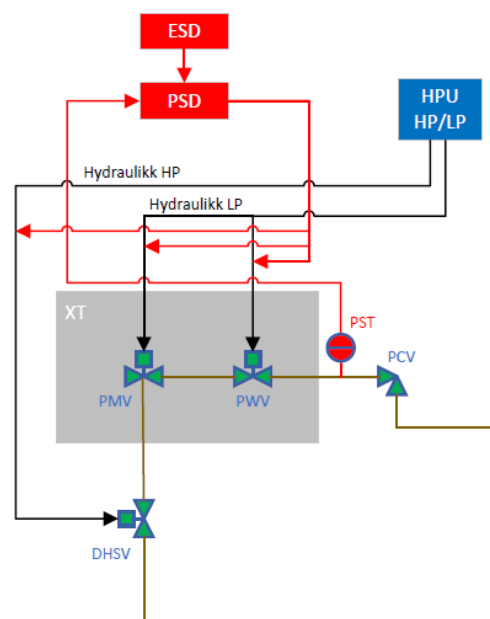
Ved ulike farer knyttet til prosessering av hydrokarboner eller status på brønnparametere som ligger utenfor fastsatte grenseverdier vil definerte sikkerhetsfunksjoner isolere flyten av hydrokarboner fra brønnene. Realiseringen av sikkerhetsfunksjoner for undervannsinnetninger avviker fra hvordan dette er ivaretatt for ventiltre plassert på innretningene.

Det er hvert å merke seg at realiseringen kan variere noe fra innretning til innretning, da teknologi og løsninger for tidsperioden innretningen ble bygget har vært styrende. De neste seksjonene synliggjør de løsningene som vi oppfatter som de mest anvendte i industrien.

### Ventiltre plassert på innretning

Sikkerhetsfunksjonene for isolering av ventiltre plassert på innretningene er ivaretatt av PSD systemet. Både innganger fra transmittere og utganger til solenoider er koblet til PSD systemet og er adskilt fra prosesskontrollsystemet. Dette ivaretar uavhengigheten. Oppgaven til sikkerhetsfunksjonene er å stenge master og ving ventilene ved å blø av det hydrauliske trykket fra aktuatorene. Når trykket tas av lukker ventilene og brønnstrømmen isoleres.

PSD systemet har egne dedikerte solenoider for stengning av masterventil (PMV), vingventil (PWV) og nedihullsventil (DHSV). I tillegg har ESD en felles solenoid for høytrykkstilførsel (HP) og en felles solenoid for lavtrykkstilførsel (LP) til ventilene. For isolering av et ventiltre er det satt et minimumskrav til SIL 2 for PSD og SIL 3 for ESD.



## Ventiltre plassert på havbunn

Undervannsinnetninger kontrolleres og overvåkes gjennom egne Subsea Control Units (SCU). Disse kontrollerne er normalt plassert i samme nettverk som prosesskontrollere for innretningen. Antall SCU'er varierer og er bestemt av omfanget undervannsenheter som er integrert, samt leverandørens kontrollerkapasitet og segregering.

SCU'ene kommuniserer med Topside Process Unit (TPU), som er undervannleverandørens utstyr plassert på innretningen. TPU konverterer signalene til proprietære protokoller som brukes til kommunikasjon mot Subsea Electronic Modul (SEM), plassert i Subsea Control Module (SCM). Kontroll og overvåking av ventiler og sensorverdier blir ivaretatt av SEM. Kommunikasjonen med innretningen er redundant.

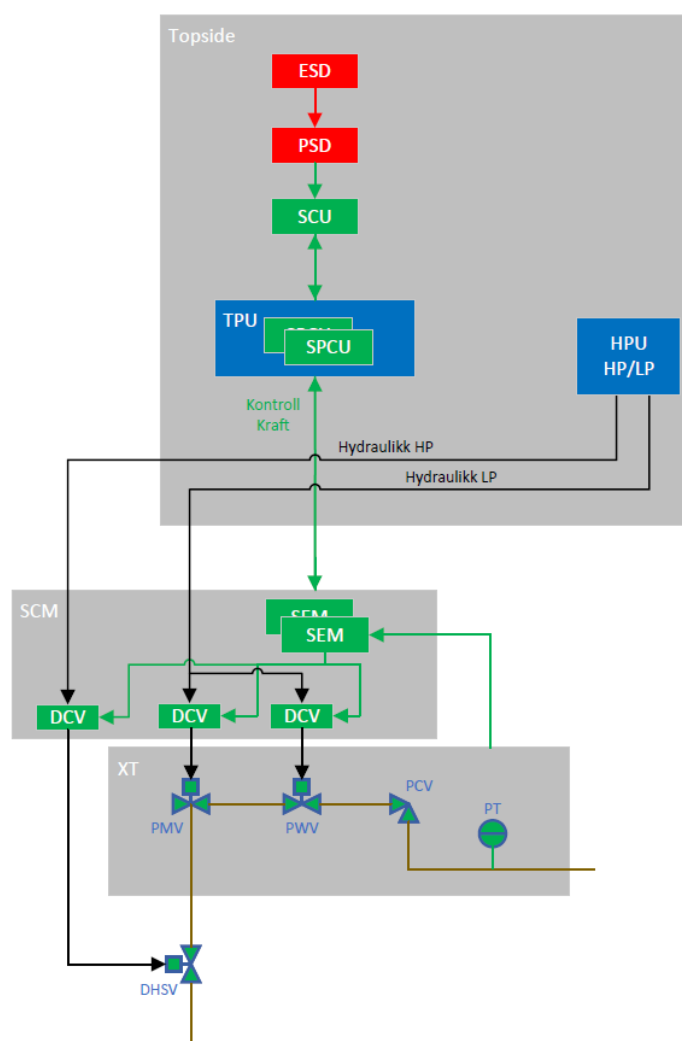
En nedstengning av en brønn kan initieres fra prosessanlegget på innretningen. Da vil signalene gå inn til PSD og sendes videre til SCU.

En nedstengning av en brønn kan også initieres fra sensorer plassert på havbunnen. Signalene fra havbunnen vil da gå inn til SCU'en. Nedstengningslogikken for undervannsbrønner er enkelte ganger plassert i PSD kontrolleren og andre ganger benyttes kun SCU kontrolleren. Dette varierer fra innretning til innretning.

PSD systemet har ingen direkte koblinger mot ventiltreet. All interaksjon går gjennom SCU hvor logikken som styrer den sekvensielle nedstengningen, normalt er plassert. Nedstengning av brønn skjer sekvensielt ved at PWV lukkes først og deretter PMV.

Integriteten til undervannskontrollsystemet og riktig oppsett av fail-safe verdier vil være av avgjørende betydning for at PSD kan utføre sine aksjoner som tiltenkt.

De uavhengige sikkerhetsfunksjonene til en undervannsinnetning er plassert i ESD systemet. ESD blør av hydraulikktilførsel (HP/LP) samt kutter strømtilførselen til undervannsinnetningen på havoverflaten. I tillegg vil ESD aktivere PSD som igjen vil aktivere undervannskontrollsystemet for sekvensiell nedstengning. Å blø av trykket vil kunne ta lang tid, spesielt for lange avstander (ofte kompensert med en hydraulisk dumpeventil). Sikkerhetsfunksjonene i ESD vil ikke være avhengig av at PSD eller undervannskontrollsystemet utfører sine tiltenkte funksjoner.



For isolering av ventiltre er det satt et minimumskrav til SIL 3 for ESD.

### Brønner med høyt trykk

De fleste rørledningssystemer for undervannsutbygginger har et egensikkert designtrykk. I de tilfeller der hvor rørledningen ikke er dimensjonert for maksimalt shut-in trykk, installeres ett autonomt HIPPS.

En HIPPS er et uavhengig høyintegritets trykkbeskyttelsessystem som beskytter segmentet nedstrøms mot overtrykking. Systemet er uavhengig av undervannskontrollsystemet og består vanligvis av 2oo3 trykkmålere, to ventiler samt en logisk styreenhet.

Der hvor det er nødvendig å beskytte mot høyt trykk skal det være to uavhengige barrierer.

Dvs, at det i tillegg til

en HIPPS kreves et

ekstra uavhengig

Pressure Protection

System (PPS). Dette

systemet er å betrakte

som den primære

barrieren og HIPPS som

den sekundære.

PPS trykksensorer (PST)

nedstrøms strupeventil

(PCV) tilknyttes egen

kontroller enhet med

dedikert spole på

kontrollventil (DCV).

Dersom trykket

overstiger en fastsatt

grenseverdi, initieres

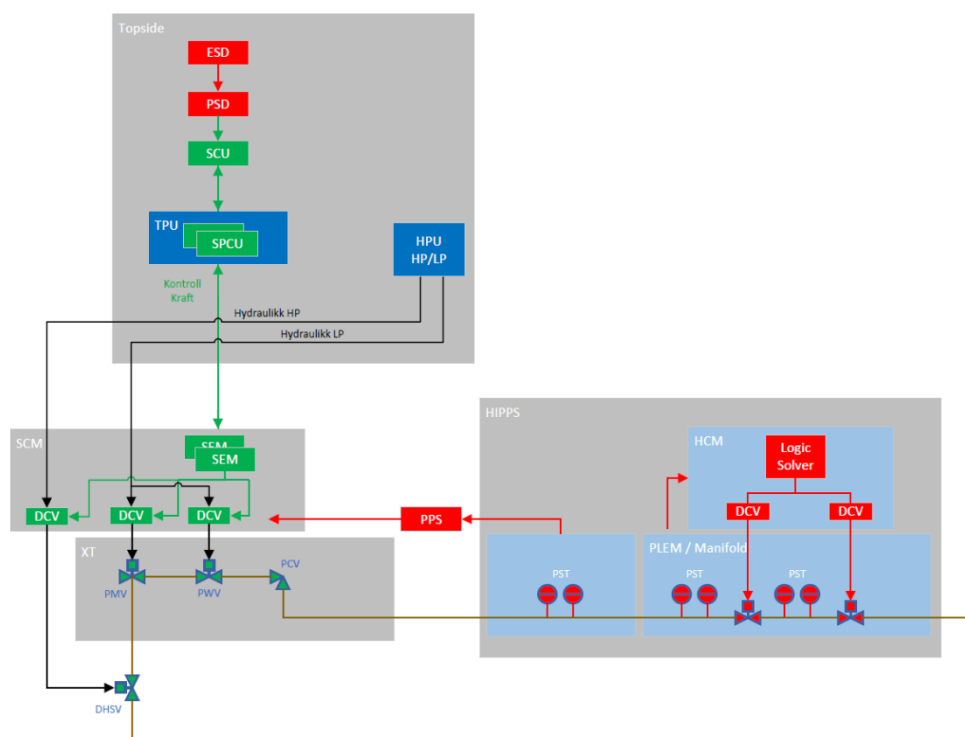
stengning av både PMV

og PWV på ventiltreet.

Denne løsningen kan

møte SIL 3 krav.

Trykksensorene tilkoblet HIPPS vil normalt ha en litt høyere grenseverdi enn PPS sensorene før ventilene stenger. Denne løsningen kan møte SIL 3 krav.



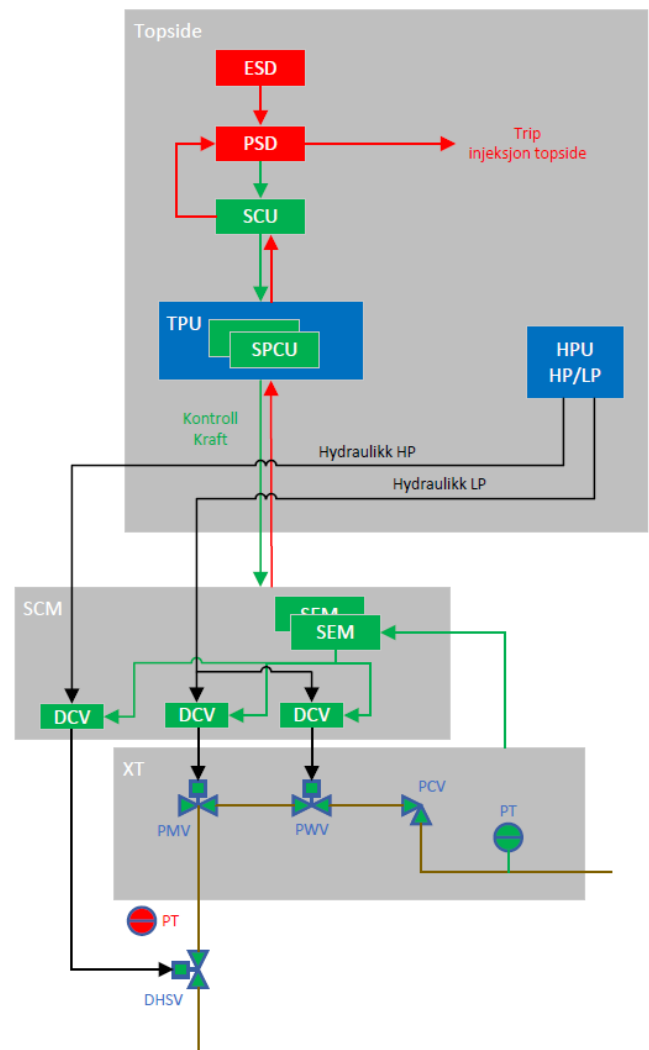
### PSD funksjoner initiert fra undervannssensorer

Der det injiseres kjemikalier (eksempelvis MEG) inn i brønner og hvor dette potensielt kan bidra til høye trykk i ringrom, vil det være nødvendig å stoppe trykkilder plassert om bord på innretningen.

Vi er informert om at trykksensorer tilkoblet undervannskontrollsystemet er benyttet til PSD nedstengning. Det etableres da en avhengighet til undervannskontrollsystemet for at PSD skal kunne utføre aksjoner.

Vi er kjent med at det finnes en mulighet for å benytte en black-channel løsning for å transportere sensorsignaler over kommunikasjonslink. Sensorsignalene tilkobles egen kontrollenhet på havbunn og overføres til tilsvarende kontrollenhet om bord på innretning. Dette kortet gir igjen tripp signal inn til PSD systemet.

Det er usikkert i hvilken grad denne løsningen benyttes i næringen versus å transportere signalene gjennom SCU.



### Betraktninger i mangel av et uavhengig PSD system

Undervannssystemer plassert på havbunnen har ikke et eget uavhengig PSD system. Dette avviker fra ventiltre plassert om bord på en innretning. Det er derfor essensielt å ha en overordnet fail-safe strategi som er konsistent og inngår i alle delsystem, komponenter og grensesnitt i nedstengningskjeden. Dette gjelder fra sensorsignaler og helt frem til aktivering av ventiler. Kompenserende tiltak for tap av kommunikasjon, signalfeil, feil i komponenter etc. må være definert og kjent. Det må gjøres en helhetlig vurdering av om bortfall og feil skal initiere en nedstengning eller fryse siste gode signal. SAS og undervannssystemene har forskjellige leverandører. Det er usikkert i hvilken grad dette er gjennomført for alle undervannsutbygginger. Bortfall og feil må alarmeres og gjøres kjent i kontrollrom. Hvis ventiler ikke stenger som forventet ved en PSD aktivering må det gjøres en vurdering på om sikkerhetsfunksjonene i ESD skal aktiveres. Dette må være definert i prosedyrer.

### **Ventiltre med elektriske aktuatorer**

Alle ventiltre som er i bruk i dag benytter hydraulisk opererte ventiler. Det pågår en kvalifisering av elektriske aktuatorer for PMW og PVW. Elektronikk og programvare designes i henhold til IEC 61508 standard, og lokale kontroll- og batterimoduler plasseres lokalt på ventiltreet. Dette betyr at det bygges inn en høy grad av feil toleranse og selv diagnostikk som skal sikre at den programmerte sekvensielle nedstengningslogikken kjøres ved forhåndsdefinerte tilstander. De lokale batteriene opererer aktuatorene, ved å tilføre spenning, som kjører ventilene til stengt posisjon. Dette betyr at sikkerhetsfunksjonene for nedstengning av ventiltre, som i dag ligger i ESD, også flyttes ned lokalt på havbunnen. PSD vil fortsatt være avhengig av undervannskontrollsystemet for å utføre sine aksjoner.

### **Annet utstyr på havbunnen**

I tillegg til ventiltre finnes det mye annet utstyr plassert på havbunnen. Kommunikasjon med dette utstyret baserer seg i all hovedsak på samme teknologi og løsninger som beskrevet i denne rapporten.



## 5 OPPSUMMERING

Oppsummering av de viktigste observasjonene fra møteserien med utvalgte operatører:

- Undervannsinnetninger har ikke et uavhengig PSD system. PSD er med andre ord avhengig av undervannskontrollsystemet for å utføre aksjoner. Ventiltre på innretning stenger direkte fra PSD og er uavhengig av prosesskontrollsystemet.
- Ved en PSD aktivering på innretningen, er vellykket stengning av master- og vingventil avhengig av logikk plassert i SCU.
- Sensorer tilkoblet undervannskontrollsystemet kan være benyttet til PSD nedstengning. Det etableres da en avhengighet til undervannskontrollsystemet for at PSD skal kunne utføre aksjoner. Ventiltre på innretning har sensorer tilkoblet PSD og er uavhengig av prosesskontrollsystemet.
- PSD kan være avhengig av undervannskontrollsystemet for å motta sensorverdier og utføre aksjoner. Dette krever en helhetlig og gjennomført feil-safe strategi som er kjent.
- Hvis PSD ikke er i stand til å utføre aksjoner som tiltenkt, vil det kunne være behov for å aktivere sikkerhetsfunksjonene plassert i ESD. En overordnet filosofi og kjente prosedyrer må understøtte dette.
- HIPPS løsninger benyttes der hvor rørledninger nedstrøms ikke er designet for å håndtere maksimalt shut-in trykk. Det er krav til en uavhengig PPS løsning, i tillegg til HIPPS, når rørledninger nedstrøms ikke er designet for å håndtere maksimalt trykk (to uavhengige barrierer).
- Fail-safe funksjonen er bygget inn i aktuatorer og i hydrauliske kontrollventiler med bruk av fjær for å sikre at ventilene stenger.
- Dersom det er brønnventiler som ikke har stengt ved PSD på innretningen kan ventilene stenges ved ESD. Da kuttet strømmen til kontrollsystemet og det er den hydraulisk-mekaniske delen av kontrollsystemet med fjærretur som sørger for at brønnventilene stenger. Hydraulikktrykket bløses da tilbake til innretningen eller dumpes til sjø via dumpeventiler ved bortfall av spenning. Dumpeventilene er typisk installert både i innretningens HPU og i SCM.

- Normalt er det lagt inn en tidsforsinkelse på kutt av strømtilførsel fra ESD. Dette gjøres for at undervannskontrollsystemet skal få stengt brønnventilene i rett sekvens mens overvåking opprettholdes.