

Utforming av MASS kontrollsenter

Sjøfartsdirektoratet
Hovedrapport

Type dokument:

Hovedrapport

Rapport-tittel:

Utforming av MASS kontrollsentre

Kunde:

Sjøfartsdirektoratet

Oppsummering

Samspillet mellom autonome fartøy og deres kontrollsentre vil være en viktig faktor for å ivareta sikkerheten og dermed for samfunnsaksept av slike fartøy. Norge har en uttrykt visjon om å være en verdensledende maritim nasjon. Dette inkluderer bruk av ny teknologi og autonome fartøy. Derfor vil sikkerhet være et fortrinn i innføringen av autonome skip.

Hensikten med denne rapporten er å beskrive noen av utfordringene som oppstår ved bruk av ny teknologi, og hva man bør ta hensyn til i utvikling av kontrollsentre for autonome fartøy. Rapporten er laget på bakgrunn av et tre-dagers arbeidsmøte mellom Sjøfartsdirektoratet, sentrale aktører i bransjen og Safetec.

Rapporten anbefaler ovenfor Sjøfartsdirektoratet hva som bør vurderes når krav for kontrollsentre for autonome fartøy skal utformes.

Dokument nr.

ST-18546-2

Forfatter

Ninni Kristine Austad, Lene Kristine Larsen

Referanse til deler/utdrag av dette dokumentet som kan føre til feiltolkning, er ikke tillatt.

Revisjon	Dato	Grunn for revisjon	Kontrollert	Godkjent
1.0	27.03.2023	For Sjøfartsdirektoratets kommentarer	Bjarte Røed	Jens C. Rolfsen
2.0	28.04.2023	For eksterne kommentarer	Bjarte Røed	Jens C. Rolfsen
3.0	22.05.2023	Endelig versjon	Bjarte Røed	Jens C. Rolfsen



Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
2	Kontrollsentre for autonome skip	5
2.1	Samspeilet mellom skip og kontrollsentre	5
2.2	Hva bør man tenke på når man skal designe kontrollsentre?	7
3	Standard for utforming av kontrollsentre	8
3.1	Dagens situasjon	8
3.2	Standard for kontrollsenterutforming: ISO 11064.....	8
3.2.1	<i>Krav til designprosessen for kontrollsentre</i>	8
3.2.2	<i>Krav til funksjons- og oppgaveanalyse</i>	9
4	Eksempler på funksjons- og oppgaveanalyse	10
5	Forslag for veien videre	12
	Vedlegg: ISO 11064 del 1-7	13



1 Innledning

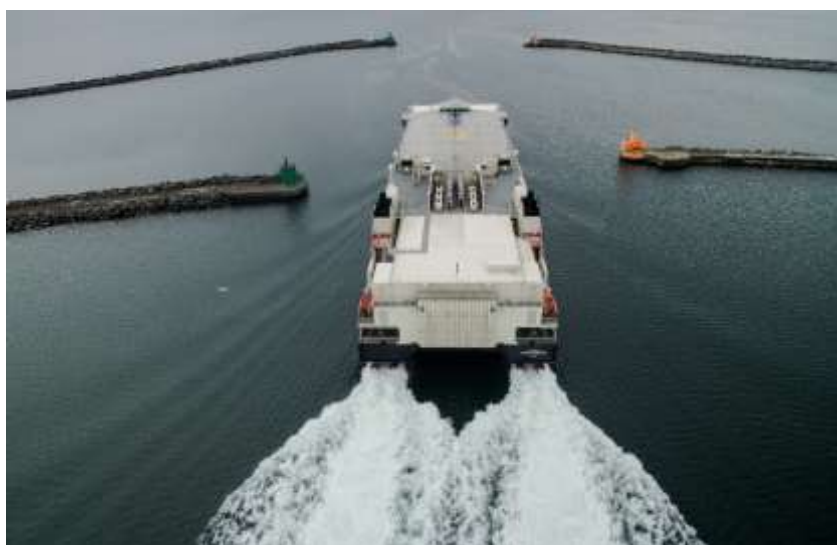
International Maritime Organization (IMO) definerer Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) som skip som i varierende grad kan operere uavhengig av menneskelig interaksjon. På norsk brukes betegnelsen *automatisert funksjonalitet* for slike skip. I denne rapporten brukes også kortformen autonome fartøy. Det er flere prosjekter med autonome fartøy som gjennomføres i dag. Alt tyder på at det vil bli flere i fremtiden. Sjøfartsdirektoratet og bransjens aktører har et ansvar for sikkerheten, og nå i utviklingsfasen er det derfor viktig å gå grundig og metodisk til verks for å identifisere og styre risiko.

De autonome fartøyene som er under utvikling i Norge planlegger å bruke kontrollsenter for å støtte, overvåke eller utføre deler av driften. Innledende analyser viser at det er et behov for å ha et årvåkent blikk på menneskelige faktorer og på operatørrollen i kontrollsenteret på land. Operatørens menneskelige begrensninger når det gjelder oppfatning av ulike lydsignaler, oppfatning av det som skjer på informasjonsskjermer, og ikke minst samtidige oppgaver, vil kreve gode løsninger for å sikre trygge operasjoner.

Samsillet mellom fartøy og kontrollsenter vil være en viktig faktor for å ivareta sikkerheten og for samfunnsaksept av autonome fartøy. Norge har en uttrykt visjon om å være en verdensledende maritim nasjon. Dette inkluderer bruk av ny teknologi og autonome fartøy. Derfor kan sikkerhet være et fortrinn i innføringen av autonome skip.

Hensikten med denne rapporten er å beskrive noen av utfordringene ved bruk av ny teknologi, og hva man bør ta hensyn til i design og utvikling av kontrollsentre for autonome fartøy. Rapporten er laget på bakgrunn av et tre-dagers arbeidsmøte mellom Sjøfartsdirektoratet, sentrale aktører i bransjen og Safetec.

Rapporten anbefaler ovenfor Sjøfartsdirektoratet hva som bør vurderes når krav for kontrollsentre for autonome fartøy skal utformes.



Figur 1 Autonome skip kan kontrolleres fra land, men det gir nye utfordringer. Illustrasjonsbilde: pexels.com

2 Kontrollsenter for autonome skip

Autonome fartøy er ikke et entydig begrep. Fartøyene kan i varierende grad være avhengig av menneskelig interaksjon. For eksempel kan funksjoner knyttet til kontroll av maskineri bli overtatt av tekniske systemer, og funksjoner knyttet til navigasjon kan bli overtatt av tekniske systemer, mens andre funksjoner fortsatt utføres av mannskapet om bord. Skipet vil da i visse situasjoner, for eksempel under transit, kunne operere helt uten interaksjon med mennesker. I andre situasjoner, for eksempel ved evakuering av passasjerer, kreves det mer inngripen og handlinger fra mennesker.

Fartøy med automatisert funksjonalitet vil derfor kunne plasseres på en skala fra «enkel bruk av automatisering» til «full autonomi». Bemanningen av skipet antas også å følge graden av autonomi fra redusert bemanning til helt ubemannet. Det er imidlertid ikke helt klart at et ubemannet skip vil ha høy grad av autonomi fordi det kan planlegges med å fjernstyre skipet. Et fjernstyrt skip kan være ubemannet, men likevel være avhengig av menneskelig interaksjon for eksempel fra et kontrollsenters.

De prosjektene som pågår i dag, planlegger alle å ha kontrollsenters for å støtte driften. Kontrollsentrene utformes i flere tilfeller slik at operatørene skal kunne overvåke flere fartøy samtidig, og det legges opp til at operatørene skal kunne gripe inn ved behov. Inngripen fra operatørene kan være nødvendig både ved oppgaver som utføres ved kai og under seilas.

Operatørene i kontrollsentrene skal reagere på informasjon de får gjennom skjermer, videooverføring og alarmer. Det er derfor viktig å bruke kunnskap om menneskelige faktorer når man designer kontrollsentrene.



*Figur 2 Selv skip med høy grad av autonomi må av og til samarbeide med mennesker.
Illustrasjonsbilde: pexels.com*

2.1 Samspillet mellom skip og kontrollsenters

I et kontrollsenters for autonome fartøy vil det være ulike typer oppgaver som utføres for at fartøyet skal gå i sikker drift. Kontrollsentersret er utstyrt med arbeidsstasjoner hvor

operatørene har ulike oppgaver. Dette kan være navigasjon eller overvåking av utstyr om bord i fartøyet. Skipene er i ulik grad autonome, og har derfor ulikt behov for operatørringripen i driften.

Av oppgavene som operatørene skal utføre handler mange om å overvåke fartøyets tilstand og operasjon. Andre oppgaver krever mer aktive handlinger for at fartøyet skal fungere. En viktig del av oppgavene til operatørene i et kontrollsenter er å reagere på alarmer som indikerer avvik om bord på fartøyene. Det vil ikke være mulig å forutse alle situasjoner som et skip kan komme borti, og en operatør vil av og til være nødvendig for å løse uforutsette problemer.

Alarmer om avvik kan ha ulik alvorlighetsgrad. Ved noen alarmer kan operatørene i kontrollsenteret gjøre manuelle aksjoner som retter problemet. Alarmer kan også varsle at noe alvorlig som truer skipets sikkerhet er i ferd med å skje. Det skal ikke forutsettes at kontrollsenteret får med seg alarmen umiddelbart. Derfor vil fartøyet kunne opprettholde en sikker tilstand ved å automatisk gå i en forhåndsdefinert *minste risikotilstand* (MRT).

For et autonomt fartøy kan MRT for eksempel bety å senke farten, stanse helt opp eller ankre opp. Etter at fartøyet har gått i MRT må operatørene gjøre noe for å få båten i drift igjen. Mye kan løses fra kontrollsenteret, men i enkelte tilfeller kan det være nødvendig at noen reiser ut og går om bord i fartøyet for å få det tilbake i normal operasjon.

Noen av de daglige oppgavene som utføres i kontrollsenteret krever kommunikasjon mellom senteret og andre aktører. Slike oppgaver kan være varsling til VTS eller kommunikasjon med støttefunksjoner til egen drift. Eksempler på dette er kommunikasjon med havnepersonell i forbindelse med lasting og lossing, eller med servicepersonell i forbindelse med vedlikehold.

Mange av oppgavene til operatørene i et kontrollsenter for autonome fartøy er knyttet til å analysere informasjon og å oppfatte alarmer. Når man designer kontrollsenteret må man ta hensyn til at mennesket har begrensninger som vil påvirke operatørens evne til å utføre oppgaver. Det er særlig utfordringer knyttet til det å oppfatte lyd og signaler på skjermbilder. Etersom operatørene kan ha ansvar for flere fartøy, vil det være sannsynlig at operatørene har flere samtidige oppgaver. Det kan for eksempel være at flere fartøy har avgang eller ankomst samtidig. Dersom det er avvik i driftsbetingelsene kan det medføre at operatørene må bruke mer tid på enkelte fartøy. Dette vil ta oppmerksomheten deres vekk fra andre fartøy.

Noen av kontrollsenterets oppgaver kan være nødvendige for å opprettholde sikkerheten til skipet og omgivelsene. Slike oppgaver kan betegnes som kontrollsenterets *sikkerhetsoppgaver*. Sikkerhetsoppgaver er oppgaver som utføres av ett eller flere mennesker, og som er nødvendig for å ivareta sikkerheten for fartøyet. Dette er typisk oppgaver hvor operatørene skal:

- Forebygge eller forhindre en uønsket situasjon.
- Ta kontroll over en situasjon og normalisere situasjonen.
- Hindre at en situasjon eskalerer.

Eksempler på sikkerhetsoppgaver kan være VHF-kommunikasjon (forebygge en hendelse), stanse lasting ved alarm fra ballastsystemet (ta kontroll over en situasjon) eller å stenge angrepspunkt ved cyberangrep (hindre eskalering).

2.2 Hva bør man tenke på når man skal designe kontrollsenter?

Mange av kontrollsenterets oppgaver er knyttet til monitorering og det å oppfatte alarmer og forstyrrelser. Slike oppgaver kan knyttes til persepsjon. Når man skal designe kontrollsentre for autonome fartøy, er det derfor viktig å være klar over at mennesket har begrensninger knyttet til persepsjon – evnen til å oppfatte lyd og signaler på skjermer.

Når det gjelder lyd, så vil det være flere kilder til lyd i et kontrollsenter. Det vil være alarmer og lydsignaler fra kontrollsystemet. I tillegg har operatørene lyttevakt på VHF kanal 16. Det er viktig å være klar over at mennesker har begrenset kapasitet for hørsel. Det kan derfor være krevende å sortere ut informasjon i en setting med mange lydkilder. Samtidig kan det være andre oppgaver som også krever oppmerksomheten til operatøren.

Når det gjelder syn, så vil skjermutforming og informasjon som er presentert på skjermbildene påvirke hvilken informasjon operatørene følger med på og oppfatter. Det kan være mulig å skifte mellom ulike moduser på arbeidsstasjonene hvor operatørene overvåker fartøyene. Her kan man velge om operatøren skal overvåke ett fartøy eller ha mulighet til å holde oversikt over flere fartøy på samme tid.

Mange av oppgavene som operatørene skal utføre, kan de ikke planlegge. Oppgaver som har sitt opphav i lytteplikten, slik som oppkall på VHF kanal 16, kan ikke planlegges. Dette er oppgaver som kan kreve at operatørene må agere på oppkall på VHF samtidig som de utfører andre oppgaver.

I tillegg til å kontrollere fartøy som er under seilas vil kontrollsenteret trolig også være involvert i administrative oppgaver, telefoner og videomøter. Det bør være mulighet for at flere personer enn operatørene kan ha tilgang til informasjon fra fartøyene. Da kan operatørene ha tilstrekkelig oppmerksomhet på kontroll av fartøyene, men samtidig kan informasjonen i kontrollsenteret også brukes av andre personer som for eksempel planlegger vedlikehold eller planlegger andre driftsforhold.



Figur 3 Informasjon fra skipene kan være nyttig også for andre enn kontrollsenteroperatørene.
Illustrasjonsbilde: pexels.com

3 Standard for utforming av kontrollsentre

3.1 Dagens situasjon

Det finnes per i dag ikke noe gjeldende maritimt regelverk for kontrollsentre for autonome fartøy. Det finnes heller ikke detaljert regelverk for samspillet mellom kontrollsentre og fartøy. Autonome skip designes og bygges så langt som mulig etter eksisterende maritimt regelverk. Utviklingen i den maritime bransjen innenfor autonome fartøy og fjernstyring gjør at Sjøfartsdirektoratet vurderer å etablere regelverk for MASS kontrollsentre.

Det eksisterende maritime regelverket er i hovedsak preskriptivt, og setter minstekrav til de valgte løsningene. Det eksisterende regelverket for konvensjonelle skip brukes som utgangspunkt. Sjøfartsdirektoratets utfyllende veiledning til regelverket er gitt i rundskriv RSV 12-2020. Dette rundskrivet gir føringer i forbindelse med bygging og installering av automatisert funksjonalitet, med hensikt å kunne utføre ubemannet, fjernstyrt eller automatisert drift. Rundskrivet gir noen føringer for kontrollsentre som er involvert i driften av ubemannede fartøy.

Tabell 1: Krav til kontrollsentre i Sjøfartsdirektoratets rundskriv RSV 12-2020

7.14 Kontrollsentre

Dersom hele eller deler av driften til skipet utføres ved hjelp av et kontrollsentre, må det fremlegges en beskrivelse av dette. Beskrivelsen skal angi hvilke funksjoner kontrollsentret skal dekke og hvordan ansvarsfordelingen mellom skip og kontrollsentret er. Utrustningen og oppsett av kontrollsentret må aksepteres av Sjøfartsdirektoratet. Kompetansen til operatører av kontrollsentret skal være akseptert av Sjøfartsdirektoratet og andre relevante tilsyn. Sjøfartsdirektoratet kan be om ytterligere dokumentasjon i det enkelte prosjektet.

3.2 Standard for kontrollsenterutforming: ISO 11064

Det eksisterer en internasjonal standard for design av kontrollsentre - ISO 11064. Standarden har blitt brukt i petroleumsnæringens og lagt til grunn for utforming av blant annet prosesskontrollrom, kontrollkabiner for oljeboring, beredskapsrom og kontrollrom for havovervåkning. Internasjonalt brukes standarden mye for tog- og flytrafikkkontrollsentre.

ISO 11064 består av syv ulike deler. Hver enkelt del er kort beskrevet i vedlegget i denne rapporten. ISO 11064 beskriver alle faser av utformingen av et kontrollrom, men det er spesielt to av standardens poeng som denne rapporten legger vekt på:

3.2.1 Krav til designprosessen for kontrollsentre

Et hovedpoeng i ISO 11064 er at alle kravene til et fungerende design ikke kan forutsies. Derfor setter standarden krav til hvordan designprosessen utføres og hvilken kompetanse som skal involveres i en slik prosess. Standarden beskriver at personer med kunnskap om menneskets fysiske og mentale egenskaper skal delta i utformingen av kontrollsentret.



Videre beskriver standarden at sluttbrukere og personer med relevant operasjonell erfaring skal delta i utforming av kontrollsenteret.

3.2.2 Krav til funksjons- og oppgaveanalyse

Et annet hovedpoeng i ISO 11064 er at alle funksjoner som kontrollsenteret skal dekke bør beskrives i en analyse der det framgår hvilke funksjoner som tilhører tekniske systemer, og hvilke funksjoner som tilhører et menneske. Dette kalles en funksjonsanalyse. Videre bør oppgavefordelingen mellom kontrollsenteret og skip beskrives. Oppgaveanalysen bør identifisere hvilke oppgaver som har betydning for sikkerheten, samt oppgaver som kan være utfordret av operatørens fysiske, perseptuelle eller kognitive begrensninger.

Etter ISO 11064 bør en funksjons- og oppgaveanalyse utvikles underveis i et prosjekt etter hvert som mer kunnskap opparbeides. Hvis det skjer endringer i operasjonen, bør funksjons- og oppgaveanalysene oppdateres fortløpende.



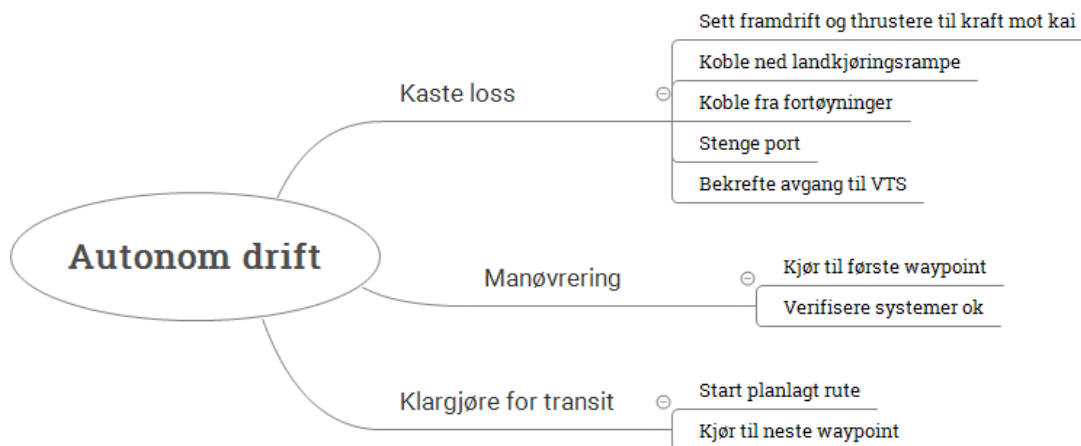
Figur 4 Analyser bør utvikles underveis i et prosjekt etter hvert som mer kunnskap opparbeides. Illustrasjonsbilde: Safetec

4 Eksempler på funksjons- og oppgaveanalyse

En funksjon i denne sammenhengen er en overordnet aktivitet eller tilstand som er en del av hva et system skal kunne utføre. Autonom drift av et fartøy kan deles inn i ulike funksjoner som for eksempel kaste loss, manøvrering, klargjøre for transitt eller lasting/lossing. En funksjonsanalyse starter med å definere hva som er nødvendige funksjoner som deretter deles opp i oppgaver og undersøkes videre.

En funksjon vil typisk bestå av flere oppgaver. I motsetning til funksjoner, som kan være abstrakte, vil oppgaver være konkrete og også målrettede. Oppgaver kan være fysiske handlinger eller mentale (kognitive) handlinger. En oppgave er det som en person eller et teknisk system i praksis gjør, og ofte består en oppgave av flere steg eller underoppgaver. En oppgaveanalyse undersøker hvilke oppgaver som gjøres, hvem som gjør oppgavene og hva som kreves av handlinger eller mentale prosesser for å kunne nå målene med oppgaven.

To vanlige måter å vise en funksjons- og oppgaveanalyse på er enten ved et grafisk format eller tabell-format. Et grafisk format viser godt oversikten over alle funksjoner og oppgaver og hvordan funksjoner og oppgaver henger sammen. Ulempen med det grafiske formatet er at det ikke er god plass til å beskrive detaljer om hver enkelt funksjon eller oppgave, for eksempel hvem som utfører oppgave eller beskrive de påvirkende faktorene.



Figur 5 Eksempel på grafisk format. Grafisk format viser hvordan ulike funksjoner og oppgaver henger sammen. «Autonom drift» er brutt ned i funksjonene «kaste loss», «manøvrering» og «klargjøre for transit». Funksjonen er brutt videre ned i oppgaver. Grafisk format viser lite detaljer om de enkelte oppgavene

I et tabell-format er det bedre plass til å spesifisere informasjon om de enkelte funksjoner og oppgaver. Ulempen er at det gir lite oversikt, spesielt dersom det er mange oppgaver i analysen.

Den mest praktiske løsningen vil ofte være å bruke begge formater; grafisk presentasjon for å holde oversikt og tabell-format for å kunne samle detaljert informasjon.

Figur 6 Eksempel på tabell-format. Som i grafisk format er «autonom drift» brutt ned i funksjonene «kaste loss», «manøvrering» og «klargjøre for transit». Funksjonene er brutt videre ned i oppgaver. Tabell-format er egnet når detaljer om hver enkelt oppgave skal beskrives. I tabellen er det beskrevet hvem som utfører oppgaven, hvem som støtter, utstyr som brukes, informasjonsbehov i kontrollsentret og ytelsepåvirkende faktorer.

Funksjon	Oppgave	Utføres av	Støttes av	Utstyr som brukes	Informasjonsbehov i kontrollsentret	Ytelsepåvirkende faktorer for kontrollsentereoperatørene
Kaste loss						
	Sett framdrift og thrustere til kraft mot kai	Automasjon	Kontrollsentret	Autodokking	CCTV, alarm ved avvik	
	Koble ned landkjøringsrampe	Automasjon	Kontrollsentret	Autodokking	CCTV, alarm ved avvik	
	Koble fra fortøyninger	Automasjon	Kontrollsentret	Fortøyningsrobot	CCTV, alarm ved avvik	Tidspress
	Stenge port	Automasjon	Kontrollsentret	Autodokking	CCTV, alarm ved avvik	
	Bekreftede avgang til VTS	Kontrollsentret	VTS	VHF		Krav til samarbeid/kommunikasjon
Manøvrering						
	Kjør til første waypoint	Automasjon	Kontrollsentret	Manøverkontrollsystem	alarm ved avvik	
	Verifisere systemer ok	Automasjon	Kontrollsentret	Manøverkontrollsystem	alarm ved avvik	
Klargjøre for transit						
	Start planlagt rute	Automasjon	Kontrollsentret	Manøverkontrollsystem	alarm ved avvik	Systemkompleksitet
	Kjør til neste waypoint	Automasjon	Kontrollsentret	Manøverkontrollsystem	alarm ved avvik	

5 Forslag for veien videre

Basert på erfaringene fra et tre-dagers arbeidsmøte mellom Sjøfartsdirektoratet, næringen og Safetec, anbefales Sjøfartsdirektoratet å utdype kravene i RSV 12-2020 om utforming av kontrollsentre. To av hovedprinsippene fra ISO 11064 bør gjøres synlig i Sjøfartsdirektoratets krav. Disse to prinsippene er: 1) krav til å utføre designprosessen etter ISO 11064 og 2) bruk av funksjons- og oppgaveanalyse som designunderlag for kontrollsenteret.



Figur 7 Veien videre. Illustrasjonsbilde: pexels.com

Vedlegg: ISO 11064 del 1-7

Tabell 2 Normative standarder for utforming av kontrollsentre og kontrollsystemer

Referanse	Tittel	Beskrivelse
ISO 11064-1 Part 1	Principles for the design of control centres	Delen inkluderer generelle hensyn og prinsipper for ergonomisk design og rammeverk for en ergonomisk designprosess. Gjennomføring av funksjons- og oppgaveanalyser er et av prinsippene.
ISO 11064-2 Part 2	Principles for the arrangement of control suites	Delen inkluderer framgangsmåte for utforming av kontrollsentre, ergonomiske aspekter som bør vurderes og verifikasjon og validering av layout av kontrollsentre.
ISO 11064-3 Part 3	Control room layout (Norsk utgave: Utforming av kontrollrom)	Delen inkluderer prinsipper for ergonomisk design av kontrollsentre, prosess for kontrollromlayout, generelle hensyn til kontrollromlayout, arkitektoniske/bygningsmessige anbefalinger, utforming av arbeidsstasjoner, delte visuelle displayer, trafikkflyt og tilgang til vedlikehold.
ISO 11064-4 Part 4	Layout and dimensions of the workstations	Delen inkluderer tidlige utformingshensyn, faktorer som påvirker design av kontrollstasjoner, layout og dimensjoner av arbeidsstasjoner.
ISO 11064-5 Part 5	Displays and controls	Delen inkluderer utviklingsprosess for display og kontrollspesifikasjon, designprosess, design team og kompetanse, evaluering, iterasjon, steg i designprosessen, overordnede krav og anbefalinger til alarmer.
ISO 11064-6 Part 6	Environmental requirements for control centres	Delen inkluderer generelle prinsipper for styring av arbeidsmiljøet i kontrollrom, herunder termiske forhold, luftkvalitet, lys, akustikk, vibrasjoner og interiørdesign.
ISO 11064-7 Part 7	Principles for the evaluation of control centres	Delen inkluderer krav og anbefalinger for evalueringsprosess med verifikasjon og validering, inkl. planer, scope, kriterier, input dokumentasjon, team, ressurser, metoder, målinger og resultater.
CRIOP	Crisis intervention and operability analysis method	Ikke en del av ISO 11064, men en norsk metode for verifikasjon av kontrollrom. Laget for å oppfylle ISO 11064-7 ved utforming av kontrollrom for petroleumsindustrien i Norge. https://www.sintef.no/projectweb/criop/

