

Kunnskapsutvikling vedrørende utforming og kompleksitet for nødkraft

Havindustritilsynet

Bibliotek nr.: 2024-2268

Rapport nr.: 725000000-J-1005, Rev. 03

Dokumentnr.: 33251777/DNV

Dato: 2024-12-10



Rapport tittel: Kunnskapsutvikling vedrørende utforming og kompleksitet for nødkraft DNV AS, Offshore Classification
Offshore Safety & Systems
Kunde: Havindustritilsynet, Biblioteket Veritasveien 1
Postboks 599 1363 Høvik
4003 Stavanger Norway
Kundekontakt: Trond Jan Øglend Tel: 65579900
Dato for utstedelse: 2024-12-10
Rapport nr : 725000000-J-1005, rev 03
Bibliotek nr. 2024-2268

Bakgrunnen for denne studien er at Havtil ønsker å belyse inntrykket av at nødkraftsystemer i økende grad utfordrer regulatoriske krav til enkelhet, noe som kan føre til økende usikkerhet om systemets pålitelighet og robusthet.

DNV har gjennomgått gjeldende regelverk, utført intervjuer med et utvalg av selskaper som opererer på norsk sokkel og vurdert observerte funn for å belyse problemstillingene og gi innspill til avbøtende tiltak.

Operatørintervjuene indikerte at regelverket og standardene har en god balanse mellom funksjonskrav og preskriptive krav og gir tydelige føringer for utforming av nødkraftsystemer samtidig som de gir rom for innovative løsninger og design. Inntrykket er også at de relevante standardene stiller tilstrekkelige krav til personellsikkerhet, men at det generelt er rom for tydeligere føringer.

Rapporten inneholder anbefalinger for å håndtere de identifiserte utfordringene med nødkraftsystemer.

Utarbeidet av: Verifisert av: Godkjent av:

Jan Erik Zürcher
Overingeniør

Ketil Firing Hanssen
Sjefingeniør

Lars Tore Haug
Avdelingsleder

Duncan Graham
Sjefingeniør

Øyvind Birkeland
Sjefingeniør

Internt i DNV er informasjonen i dette dokumentet klassifisert som:

	Kan dokumentet distribueres internt i DNV etter en bestemt dato?	
	Nei	Ja
☒ Åpen	--	--
☐ DNV begrenset		
☐ DNV konfidensielt		☐
☐ DNV-hemmelighet	☐	

Søkeord

Nødkraft

REV	Dato	Årsak til utstedelse	Utarbeidet av	Verifisert av	Godkjent av
03	2024-12-10	FINAL	JEZ, DUNCAN	KETIL, BIRK	LTHA
02	2024-11-29	Implementert kommentarer	JEZ, DUNCAN	KETIL, BIRK	LTHA
01	2024-11-08	Første revisjon	JEZ, DUNCAN	KETIL, BIRK	LTHA
A	2024-10-16	Draft	JEZ, DUNCAN	KETIL, BIRK	LTHA



Copyright © DNV 2024 Alle rettigheter forbeholdt. Med mindre annet er skriftlig avtalt: (i) Denne publikasjonen eller deler av den kan ikke kopieres, reproduseres eller overføres i noen form, eller på noen måte, verken digitalt eller på annen måte; (ii) Innholdet i denne publikasjonen skal holdes konfidensielt av kunden; (iii) Ingen tredjepart kan stole på innholdet; og (iv) DNV påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor noen tredjepart. Henvvisning til deler av denne publikasjonen som kan føre til feiltolkning er forbudt.

ANSVARSFRASKRIVELSE

Uavhengighet, habilitet og rådgivende begrensninger

Dette dokumentet inneholder innhold levert av DNV. Vær oppmerksom på følgende:

Etiske sikkerhetstiltak

For å opprettholde integritet og upartiskhet som er avgjørende for tredjepartsrollene, utfører DNV innledende interessekonfliktvurderinger før de engasjerer seg i rådgivningstjenester.

Prioritering av roller

Denne rapporten er utarbeidet av DNV i sin rådgivende kapasitet, etter interessekonfliktvurderinger. Det er atskilt fra DNVs ansvar som tredjeparts forsikringsleverandør. Der det er overlapping, vil attestasjonsaktiviteter utført av DNV være uavhengige og ha forrang over rådgivningstjenestene som ytes.

Fremtidig forsikringsbegrensning

Innholdet i dette dokumentet vil ikke forplikte eller påvirke DNVs uavhengige og upartiske vurdering i fremtidige tredjeparts forsikringsaktiviteter med DNV.

Samsvarsgjennomgang

DNVs overholdelse av etiske og bransjestandarder i separasjonen av DNVs roller er gjenstand for periodiske eksterne vurderinger.

1	SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	1
1.1	Anbefalinger	2
2	FORKORTELSER	3
3	INTRODUKSJON	4
3.1	Bakgrunn for studien	4
3.2	Begrensninger og omfang av arbeidet:	5
3.3	Metode for gjennomføring	6
4	REGULATORISK GJENNOMGANG	7
4.1	Regelverk	8
4.1.1	Flyttbare innretninger	8
4.1.2	Faste innretninger - nødkraftkilde	9
4.1.3	Faste innretninger - nødkraftsystemet og utstyr	10
4.2	Definisjon av nødkraftkilde og nødkraftsystemer	11
4.3	Lysbue og lysbuevern	13
4.4	Observasjoner til regelverk og standarder	15
5	INTERVJUER MED OPERATØRER OG REDERE	17
5.1	Datainnsamling	17
5.2	Observasjoner fra intervjuer	18
6	TILTAK FOR Å REDUSERE USIKKERHET MED NØDKRAFTSYSTEMENE	20
6.1	Anbefalinger	20
6.1.1	Fortolkning av regelverk	20
6.1.2	Standardisering av systemarkitektur	21
6.1.3	Standardisere håndtering av nødkraftforbrukere	21
6.1.4	Redusert systemkompleksitet	24
6.1.5	Personellsikkerhet – Lysbue	25
6.1.6	Testing	26
7	REFERANSER	28

Appendix A HAZID loggark

1 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

DNV har fått i oppdrag av Havindustritilsynet (heretter kalt Havtil) å gjennomføre en studie med tittelen «Kunnskapsutvikling om design og kompleksitet av nødkraft», saksnummer 2024/244 /1/. Målet er å gi økt innsikt og kunnskap om elektriske nødkraftsystemer samt belyse dagens bransjepraksis for faste og flyttbare offshoreinstallasjoner.

Bakgrunnen for denne studien er at nødkraftsystemer i økende grad utfordrer Havtil's krav til enkelhet, noe som kan føre til økende usikkerhet om systemets pålitelighet og robusthet.

Målet med studien er å belyse problemstillingene og gi innspill til mulige løsninger som ivaretar personellsikkerhet og samtidig opprettholder påliteligheten og robustheten til nødkraftsystemet. Slik kan denne rapporten være et underlag for utvikling av en «beste praksis» og gi større innsikt og forståelse for forventede minimumskrav knyttet til systemet.

Arbeidet har bestått av en gjennomgang av gjeldende regelverk, intervjuer med et utvalg av selskaper som opererer på norsk sokkel og vurderinger knyttet til funnene fra dokumentgjennomgangen og intervju med operatørene.

Vurderingene er kategorisert ved å gruppere risiko, angi mulige konsekvenser og liste opp anbefalinger.

Tilbakemeldingene fra operatørene indikerte at regelverket og standardene har en god balanse mellom funksjonskrav og preskriptive krav og de gir tydelige føringer for utforming av nødkraftsystemer samtidig som de gir rom for innovative løsninger og design. Inntrykket er også at de relevante standardene stiller tilstrekkelige krav til personellsikkerhet, men at det generelt er rom for tydeligere føringer.

Krav og behov til hvilke forbrukere som skal forsynes fra nødtavlen kan gi store tavler med høy hendelsesenergi. Høy hendelsesenergi gir behov for å sikre personell mot lysbue når hendelsesenergien overstiger 8 Cal/cm². Det blir dermed et dilemma mellom antall forbrukere (økt effekt) og robustheten til nødkraftsystemet (se Figur 1). I tillegg øker kompleksiteten av nødkraftsystemet på grunn av størrelse og beskyttelsesfunksjoner, men også på grunn av forbrukere som i normal drift er tilknyttet nødtavlene.



Figur 1 - Elektrisk belastning i forhold til robusthet

Disse faktorene vanskeliggjør også testing og verifikasjon av korrekt funksjon av tavlene. Uten omfattende rutinemessig testing av nødkraftsystemet og hjelpesystemer vil verifikasjon av påliteligheten til nødkraftsystemet være utfordrende.

På basis av intervjuer kom det ikke frem at operatørene hadde erfart svikt i nødkraftsystemene eller opplever bekymring rundt personellsikkerhet. Derimot opplevdes utfordring med å verifisere totaliteten av systemet gjennom testing og dermed dokumentere pålitelighet.

1.1 Anbefalinger

Gjennom dette studiet er det infisert en rekke anbefalinger som oppsummert nedenfor. For en komplett liste av vurderte risikoer, konsekvenser og anbefalinger henvises til kapittel 6.

På nye innretninger:

- tydeliggjøre regelverkshierarki og intensjon med begrepet «nødkraftforbruker».
- tydeliggjøre intensjon bak kravet om minimale utkoblingsfunksjoner.
- tydeliggjøre viktigheten av gode testprosedyrer

Utføre tilsyn tidlig i designfasen for å vurdere:

- Om intensjonen i regelverket følges og at designer har prosesser som ivaretar denne intensjonen og regelverkssamsvar.
- Prosesser for evaluering av robusthet og sikkerhet (som for eksempel. vern, tavledesign, PPE).
- Testprosedyrer.

På eksisterende innretninger:

På eksisterende innretninger er valgmulighetene færre og endringer vil normalt kreve en vurdering av kostnader i forhold til a) økt robusthet og b) økt personellsikkerhet.

Utgangspunktet kan være at operatørene gjennomfører en vurdering av robustheten av eksisterende system og eventuelle tiltak for å øke denne eller gi økt tillit til denne. Basis i en slik vurdering kan være:

- om alle forbrukere er nødvendig ved en utilsiktet hendelse på innretningen
- om systemet kan modifiseres
- om testprosedyrene kan forbedres

Dersom nødkraftsystemet også har områder der hendelsesenergien er høyere enn de påkrevde 8 Cal/cm² kan personellsikkerheten økes ved installasjon av for eksempel lysbuevern, fysiske barrierer, PPE eller en kombinasjon av disse. Et alternativ til automatisk utkobling kan være vern som gir alarm (og eventuelt mulighet for ekstern inngripen).

Som nevnt kan slike endringer gå på kompromiss med robustheten til systemet.

2 FORKORTELSER

Forkortelse	Forklaring
DNV AS	Tidligere Det Norske Veritas
DP	Dynamisk posisjonering
MATE	Teknisk design for frontend
Havtil	Havindustritilsynet
HAZID	Systematisk metode for å vurdere og identifisere risiko ved et system eller en aktivitet.
HAZOP	Fare- og operabilitetsstudie
HMS	Helse Miljø Sikkerhet
IEC	Den internasjonale elektrotekniske kommisjonen
IEEE	Institutt for elektro- og elektronikingeniører
IMO	Den internasjonale sjøfartsorganisasjonen
ISO	Den internasjonale standardiseringsorganisasjonen
NEK	Norsk Elektroteknisk Komité
NFPA	The National fire protection association
PPE	Personlig verneutstyr
UPS	Avbruddsfri strømforsyning,

3 INTRODUKSJON

DNV har fått i oppdrag av Havindustritilsynet å gjennomføre en studie, med tittelen «Kunnskapsutvikling vedrørende utforming og kompleksitet for nødkraft», saksnr. 2024/244 /1/. Dette for å gi økt innsikt og kunnskap om elektriske nødkraftsystemer for faste og flyttbare innretninger, samt dagens bransjepraksis.

3.1 Bakgrunn for studien

Bakgrunnen for denne studien er gitt i Havtils beskrivelse /1/ av oppdraget:

«I de senere år har vi sett at nødkraftsystemene i økende grad utfordrer regelverkets krav til enkelthet, som igjen kan føre til økende grad av usikkerhet rundt systemets pålitelighet og robusthet. Konsekvensen av dette er økende krav til dokumentasjon og oppfølging for å sikre at man er innenfor kravene i regelverket.

Noen konkrete bidragsyttere til problemstillingen er bruken av større drivere og nødkraftgeneratorer. Dette fører ofte til behov for vannkjøling med dertil tilhørende støttesystemer. Bruk av nødkraftsystemet til også å forsyne andre forbrukere som ikke er nødkraftforbrukere, manglende tilrettelegging for gjennomføring av funksjonstester av nødkraftsystemet under drift og installasjon av lysbuevern i nødtavler, er eksempler som kan bidra negativt i forhold til systemets enkelthet og robusthet. Lysbuevern i nødtavler utgjør et dilemma. Tiltaket reduserer hendelsesenergien ved en lysbuehendelse i nødtavler, og øker dermed personsikkerheten ved betjening av og opphold foran nødtavler. Tiltaket kan også redusere skadeomfang på nødtavle ved lysbuehendelser. Dessverre ser vi også at noen slike installasjoner har en negativ effekt på robustheten til nødkraftsystemet. Dette ved at man introduserer ytterligere automatiske utkoblingsfunksjoner. I dagens regelverk, men også i eldre regelverk stilles det krav til færrest mulig automatiske nedstengningsfunksjoner.»

Hensikten med studien er å belyse problemstillingen knyttet til utfordringene beskrevet ovenfor, øke forståelsen av risikoelementer samt gi innspill til mulige avbøtende tiltak som sikrer at både personellsikkerhet og pålitelighet/robusthet i nødkraftsystemet ivaretas.

Intensjonen har vært å finne ut hvordan systemet kan spesifiseres, utformes og drives for å være robust, enkelt og trygt.

3.2 Begrensninger og omfang av arbeidet:

Følgende diagram viser en hierarkistisk oppbygging av et elektrisk system i henhold til IEC 61892-2:2019 /8/:

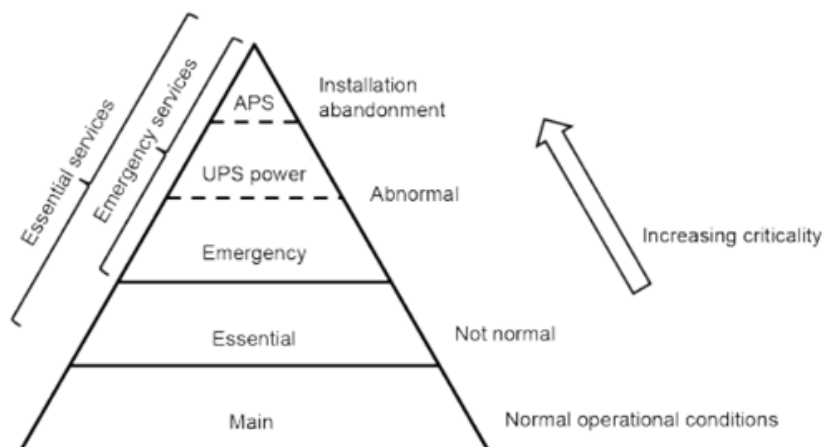


Diagram 2: IEC 61892-2:2019 /8/ Definisjoner av elektrisk forsyning.

Havtil har gjennom beskrivelsen av oppdraget, i utgangspunktet identifisert hovedrisikoen som svekker tilgjengeligheten av nødkraftsystemet på grunn av utkoblingsfunksjoner (med vekt på lysbuebeskyttelse) for personell- og utstyrssikkerhet. Studiet har dermed hatt hovedfokus på nødtavlerommet, og spesielt selve nødtavlen.

Nødkraftanlegg i denne studien er begrenset til elektrisk nødkraftsystemer for faste og flyttbare innretninger. Følgende oppsummering angir begrensninger og omfang:

Hovedfokusområder er:

- Sikker drift inkludert personellsikkerhet spesielt knyttet til lysbuebeskyttelse i nødtavlen. Krav til enkelhet/robusthet i forhold til skadepotensiale/personsikkerhet oppfattes som et dilemma.
- Driverne for økt kompleksitet i nødkraftsystemer
- Driverne for økt kapasitet i nødkraftsystemer

Målsetning:

- Funn/observasjoner knyttet til fokusområder.
- Anbefalinger for økt robusthet, sikkerhet og pålitelighet

Følgende er ikke dekket:

- Studien omhandler ikke hovedkraftforsyningssystemer (med mindre de normalt forsynes av nødtavlen), essensielle systemer (siden disse kan forsynes med en valgfri ikke-nødkraftkilde) eller scenarier/ innretninger der UPS-anlegget erstatter nødkraftgeneratoren.
- Innretninger der hoveddistribusjonssystemet forsynes med flere uavhengige generatorsystemer («hoved for nød»), og ikke et enkelt dedikert nødgeneratorsystem, vurderes av Havtil å ha tilstrekkelig redundans og er ikke vurdert i dette prosjektet.

3.3 Metode for gjennomføring

Prosjektet er utført av DNVs tverrfaglige team med lang erfaring fra både elektrisk og teknisk sikkerhet på faste og flyttbare anlegg.

Studien omfattet følgende aktiviteter:

Regulatorisk gjennomgang

Identifisering og gjennomgang av regelverk og standarder som er relevante for nødkraftsystemer for faste og flyttbare enheter på norsk sokkel for å identifisere avvik, vurdere anvendelighet, klarhet og dybde av krav til anleggsdesign og drift.

Intervjuer med operatører og redere

Intervju med et utvalg av selskaper som opererer på norsk sokkel for å forstå hvordan deres innretninger utformes og opereres, hva deres fortolkning av og erfaring med regelverket er, og høste erfaringer med systemene og forholdet til formelle prosesser.

Identifisering av tiltak for å redusere risiko forbundet med identifiserte farer/ risikoer

Identifiser og vurder potensielle farer/risikoer knyttet til alle observasjonene som er gjort under regelverksgjennomgangen og operatørintervjuer. Identifiser hvilke sikkerhetstiltak som er på plass og eventuelle tiltak som kan anses som aktuelle for å redusere risiko forbundet med de identifiserte farene.

4 REGULATORISK GJENNOMGANG

Krav til faste og flyttbare innretninger på norsk sokkel styres av Havtils Rammeforskrift, og etterlevelse kan oppnås på flere måter. Basisprinsippet er å følge de tekniske krav som nedfelt i Innretningsforskriften. Flyttbare innretninger kan som alternativ benytte maritimt regelverk i samsvar med Rammeforskriftens §3 /12/

«For flyttbare innretninger som er registrert i et nasjonalt skipsregister, og som følger et maritimt driftskonsept, kan relevante tekniske krav i Sjøfartsdirektoratets regelverk for flyttbare innretninger med utfyllende klasseregler som er gitt av en klasseinstitusjon, eller internasjonale flaggstatsregler med utfyllende klasseregler som gir samme sikkerhetsnivå, med de presiseringer og begrensninger som følger av innretningsforskriften § 1, legges til grunn i stedet for tekniske krav som er gitt i og i medhold av petroleumsloven. Det maritime regelverket som velges brukt skal legges til grunn i sin helhet.»

4.1 Regelverk

4.1.1 Flyttbare innretninger

Ved gjennomgang av relevante deler av sjøfartsdirektoratets regelverk for nødkraftsystemer,

- FOR-1987-09-04-856 Forskrift om bygging av flyttbare innretninger (Byggeforskriften) /13/
- FOR-1984-01-31-227 Forskrift om sikringstiltak mot brann og eksplosjon på flyttbare innretninger /14/
- FOR-2016-01-27-67 Forskrift om ballastsystem på flyttbare innretninger /15/
- FOR-2021-03-18-815 Forskrift om stabilitet, vanntett oppdeling og vanntette/ værtette lukningsmidler på flyttbare innretninger /16/
- FOR-2021-03-18-815 Forskrift om helikopterdekk på flyttbare innretninger /17/

er DNVs inntrykk at disse er basert på de overordnede føringer som angitt i IEC 61892. Dette understøttes av Byggeforskriftens § 6a som angir at elektrisk anlegg og utstyr skal være i samsvar med gjeldende forskrifter for maritime elektriske anlegg /17/. Denne er også basert på IEC 61892.

Overordnet er også klassens regelverk for offshore enheter basert på IEC 61892 (som eksempel ref. DNV-OS-D201 Elektriske installasjoner 2.1 1.1.4 /6/)

1.1.4 Standards

The requirements in this standard are generally based on principles as defined in the SOLAS Reg. II-1 and IMO MODU code and applicable standards for ships and offshore units as issued by the International Electrotechnical Commission (IEC).

Guidance note:

This implies primarily the IEC 60092 series for ships, and IEC 61892 (1 to 7) for offshore units.

---e-n-d---of---g-u-i-d-a-n-c-e---n-o-t-e---

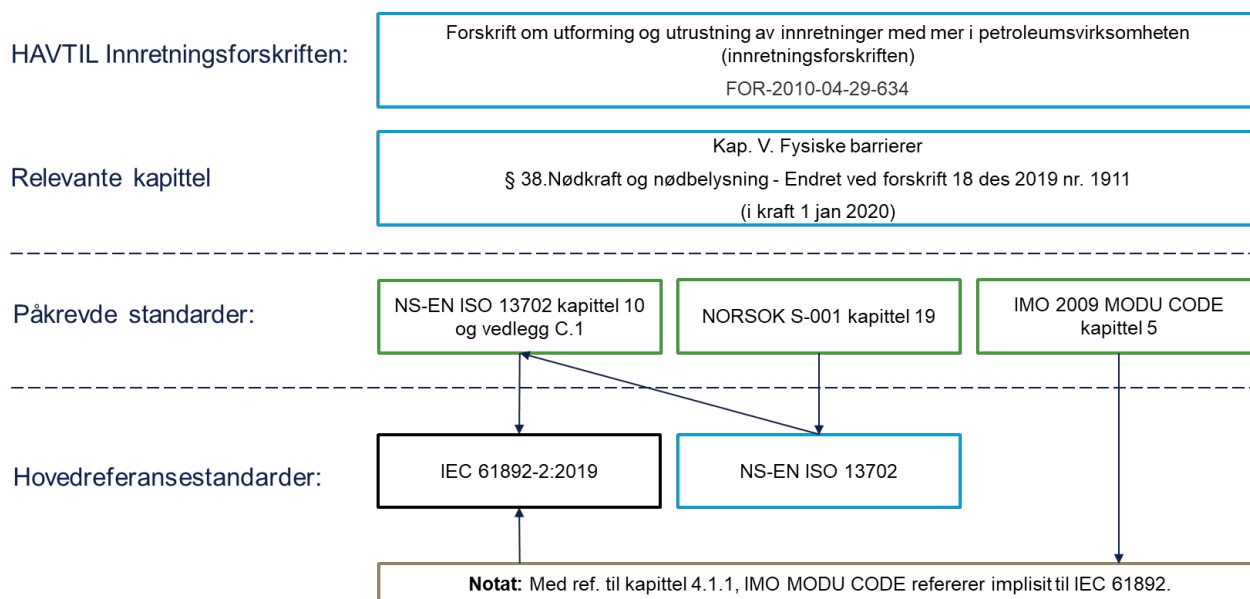
Figur 3 - DNV-OS-D201 Ch. 2 Sec.1 [1.1.4] Standards

4.1.2 Faste innretninger - nødkraftkilde

Kravene for design og drift av nødkraftkilder for faste innretninger er regulert av Havtils Innretningsforskrift §38 /2/. I veiledningen til innretningsforskriftens §38 /2/ er det beskrevet at følgende standarder skal brukes:

- NS-EN ISO 13702 kapittel 10 og vedlegg C.1 /9/
- NORSOK S-001 kapittel 19 /3/
- IMO 2009 MODU CODE kapittel 5 /5/

Disse angir som illustrert i Figur 4, hovedreferansestandarder til IEC 61892-2 /8/.

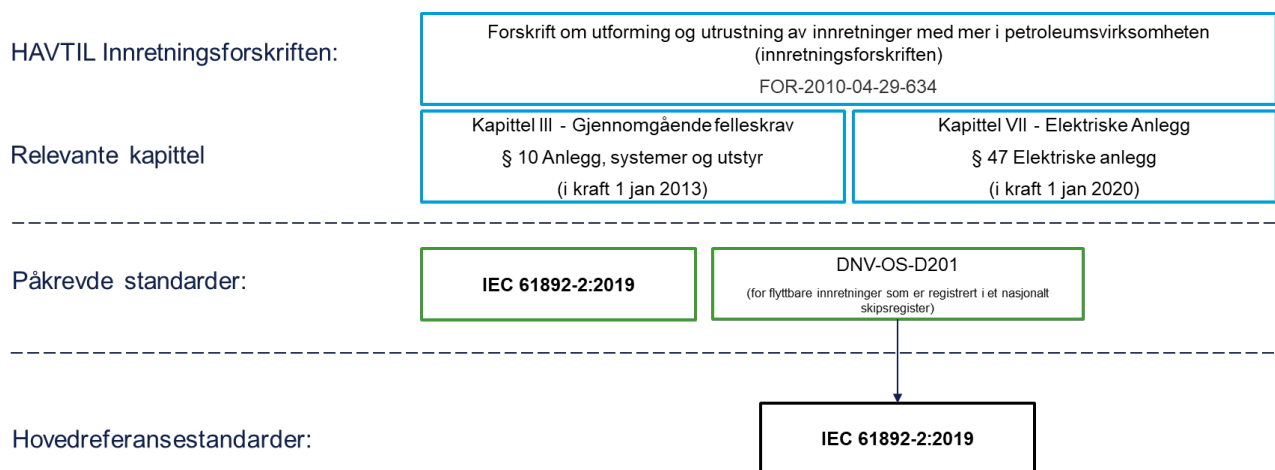


Figur 4 - Innretningsforskriftens § 38- Nødkraft og nødbelysning

4.1.3 Faste innretninger - nødkraftsystemet og utstyr

Elektrotekniske krav for faste innretninger på norsk sokkel er styrt av Havtil Innretningsforskriftene /2/ §10 og §47. I Havtils veiledning til innretningsforskriften /2/ §10 vises det til standarden IEC 61892-2 /8/ for utforming av elektriske installasjoner og utstyr. Alternativt kan DNV-OS-D201 /6/ brukes for anlegg, systemer og utstyr på flyttbare innretninger som er registrert i et nasjonalt skipsregister. Videre vises det til NS-EN ISO 11064 når det gjelder menneskelige feilhandlinger.

Disse angir, som illustrert i Figur 5, hovedreferansestandarder til IEC 61892-2 /8/.



Figur 5 - Krav til elektrisk anlegg, systemer og utstyr, innretningsforskriftene /2/ §10 og §47.

4.2 Definisjon av nødkraftkilde og nødkraftsystemer

Som gjennomgangen viser, er de overordnede kravene til nødkraftsystemer for faste - og flyttbare innretninger på norsk sokkel tilnærmet like. Etterfølgende prinsipper og definisjoner er dermed basert på kravene til faste innretninger.

Basisprinsippet for nødkraft er med henvisning til Innretningsforskriftens §38 /2/:

«Innretninger skal ha et pålitelig, robust og enkelt nødkraftsystem som sikrer tilstrekkelig krafttilførsel til utstyr og systemer som skal fungere dersom hovedkraften faller ut. Ved overgang fra hovedkraft til nødkraft skal det sikres at avbrudd ikke medfører driftsproblemer for nødkraftforbrukerne».

Nødkraftforbrukere skal begrenses til utstyr og systemer som bidrar til å opprettholde innretningens integritet og ivareta personellsikkerhet i en nødssituasjon.

Nødkraftsystemet skal ha færrest mulig automatiske utkoplingsfunksjoner for å sikre kontinuerlig drift.

Innretninger skal være utstyrt med nødbelysning som sikrer nødvendig belysning på innretningen dersom hovedbelysningen faller ut.»

Definisjonen av en nødkraftkilde for elektrisk kraft i henhold til IEC 61892-2:2019 /8/:

«Nødkraftkilde – elektrisk kraftkilde beregnet på å forsyne nødkraftsystemet i tilfelle svikt i forsyningen fra hovedkilden til elektrisk kraft.»

Nødkraftforbruker som definert av IEC 61892-2:2019 /8/, vedlegg B, er:

«Alle forbrukere som anses som obligatoriske og sikkerhetskritiske i nødstilfeller i minst 18 timer til 24 timer eller for den tiden som er definert av «Appropriate authority».

Arrangement av nødkraftforsyningssystemet skal være, med henvisning til NORSOK S-001, kapittel 19.4.1 /3/:

«Nødkraftforsyningen skal bestå av en kombinasjon av UPS og en dieselmotordrevet generator. For faste innretninger til havs kan en strømkabel fra en annen selvstendig innretning vurderes som alternativ til en dieseldrevet motor.»

og NORSOK S-001, kapittel 19.4.3 /3/:

«Nødkraftsgeneratoren skal ha en kapasitet på minimum 18 timer ved full belastning. Ved nullspenning på nødtavlen skal forsyning fra nødkraftsgeneratoren etableres innen 45 s. Overgangen fra hovedkraft til nødkraft skal ikke medføre driftsproblemer for nødkraftbrukerne. Nødkraftfordeling skal utformes slik at det er mulig med vedlikehold og funksjonstesting på systemet uten produksjonsstans.»

For krav til elektriske installasjoner, systemer og utstyr gjelder innretningsforskriftene /2/ §10:

«Anlegg, systemer og utstyr skal utformes robust og på enklest mulig måte og slik at a) muligheten for menneskelige feilhandlinger begrenses, b) de eller det kan opereres, prøves og vedlikeholdes uten fare for personellet og med lavest mulig risiko for forurensning, c) de eller det er egnet for bruk og i stand til å motstå de lastene de eller det kan bli utsatt for under drift.

Anlegg, systemer og utstyr skal være merket slik at det legges til rette for en sikker drift og et forsvarlig vedlikehold.»

For personvern og beskyttelse henvises det til Innretningsforskriftens /2/ § 47- Elektrisk anlegg:

«Elektriske anlegg skal dimensjoneres og konfigureres slik at nødvendig effektbehov kan dekkes i alle driftsmodi.

Elektriske anlegg skal utformes med vern og annen beskyttelse slik at unormale tilstander og feil som kan medføre fare for personellet og innretningen, unngås. Anleggene skal utformes med tilstrekkelig beskyttelse mot blant annet

- a. elektriske støt under normal bruk og ved feil,*
- b. termiske virkninger,*
- c. overstrøm,*
- d. feilstrømmer,*
- e. overspenning,*
- f. underspenning,*
- g. variasjoner i spenning og frekvens,*
- h. avbrudd i kraftforsyningen,*
- i. antennelse av eksplosiv gassatmosfære,*
- j. elektromagnetiske forstyrrelser,*
- k. helseskade som følge av elektromagnetiske felt.»*

I veiledningen til Innretningsforskriften /2/ § 47 presiseres det at utformingen av elektriske anlegg skal ta hensyn til effektbehov, fordelingssystem, jordingssystem, beskyttelse mot avbrudd og tilstrekkelig selektivitet mellom vern ved feil i systemet. IEC 61892-2 /8/ Kapittel 4 eller 5 bør brukes til å imøtekomme de ovennevnte kravene til dimensjonering og konfigurasjon av elektriske installasjoner.

Videre i veiledningen står det at:

«Kravet om beskyttelse mot elektriske støt under normal bruk som nevnt i bokstav a, innebærer at det skal hindres at personell utilsiktet blir utsatt for strømgjennomgang, eller begrenser strømmen til en ufarlig størrelse.

Kravet om beskyttelse mot elektriske støt ved feil som nevnt i bokstav a, innebærer at det skal sørges for hurtig automatisk utkopling av strømtilførselen når det oppstår en feil som kan føre til farlig strømgjennomgang for personell som utilsiktet kommer i berøring med utsatte anleggsdeler.

Kravet om beskyttelse mot termiske virkninger som nevnt i bokstav b, innebærer at det skal brukes detektorer og egnede vern som detekterer og sikrer mot unormal varmeutvikling, lysbue, brann og eksplosjon i anlegget.»

Det er ikke identifisert noen prinsipielle forskjeller i de eldre versjonene av kravene.

4.3 Lysbue og lysbuevern

Bruk av lysbuevern og implikasjonene dette kan ha med hensyn til systemkompleksitet er angitt som en av hovedbetyrningene til Havtil og dermed hovedgrunnen for dette arbeidet.

En lysbue er en lysende elektrisk utladning som skyldes en lavimpedansforbindelse til jord eller en annen fase i et elektrisk system. Det kan oppstå når det opprettes en utilsiktet forbindelse mellom to ledende deler, og skaper en bane for en elektrisk utladning, i form av en lysbue.

Lysbuen kan produsere en temperatur på flere tusen grader, høytrykksbølge, spray av smeltet materiale, giftige gasser og skadelig lys og støy. Potensielle konsekvenser av en lysbue er skader på utstyr og personell som følge av trykkbølgen, alvorlige brannskader, luftveis-, syns- og hørselsskader.

Krav til elsikkerhet offshore relatert til lysbue dekkes av IEC 61892-2:2019 /8/ kapittel 10, Elektrotekniske systemanalyser og -beregninger. I tillegg beskrives håndtering av risiko relatert til hendelsesenergi i NORSOK E-001:2016 /4/, Elektriske systemer kapittel 5.6.3, Studie av lysbuebeskyttelse.

For å oppfylle kravene til elektrisk sikkerhet knyttet til lysbuehendelser, kreves det systemstudier i form av lysbueberegninger og merking som beskrevet i IEEE 1584 /10/ eller tilsvarende IEC-standarder.

Hovedformålet med en lysbuestudie er å minske faren for personellulykker ved å bestemme og håndtere risikoen for lysbuehendelsens energieksposering under arbeid på eller i nærheten av elektrisk utstyr. Hendelsesenergien som en person kan utsettes for bør i henhold til standardene begrenses til 8 Cal/cm².

Resultatene fra lysbuestudien brukes til å øke driftssikkerheten gjennom tiltak som:

- begrense hendelsesenergi ved systemdesign og valg av utstyr,
- installasjon av lysbuevern eller lysbuevakt,
- vurdering av krav til fjernstyring,
- gi innspill til operasjonelle risikovurderinger slik at konsekvensen ved lysbuehendelser kan vurderes og dermed hensyntas i operasjonelle prosedyrer,
- NFPA 70E /11/ kan benyttes for å vurdere hensiktsmessige tiltak for personellbeskyttelse.

En nøye gjennomgang av hvordan disse tiltakene spesifiseres og implementeres bør gjøres i designfasen.

En oversikt over fordeler og ulemper med de forskjellige tiltakene er satt sammen i Tabell 1.

Tabell 1 Sikringstiltak for håndtering av høy hendelsesenergi: Fordeler og utfordringer med tiltak

Tiltak	Beskrivelse	Fordeler	Utfordringer
Håndtere hendelsesenergi i design	Redusere effekten i systemet ved å vurdere lastbehov og forbruk.	Dette er god praksis uavhengig av nivå på hendelsesenergi og kan bidra med å holde kompleksiteten nede.	Strammere design av systemet kan redusere muligheten for framtidig utvidelser. Lav hendelsesenergi grunnet feil vurdering av utnyttelses- og samtidighetsfaktorer kan redusere robustheten.
	Reduksjon av kortslutningseffekt. Valg av kabeldimensjoner, transformator, type vern.	Dette er god praksis uavhengig av nivå på hendelsesenergi og har en direkte påvirkning på hendelsesenergi.	
	Installasjon av en vedlikeholdsbryter som reduserer innstillinger av vern under vedlikehold av systemet.	Redusert risiko for personell under vedlikehold.	Dette introduserer kompleksitet i systemet, og reduserer robusthet under vedlikehold. Det kreves detaljerte manuelle prosedyrer for bruk av slike systemer, og at systemet er satt til riktig innstilling etter ferdigstilling av vedlikehold.
	Installere tavler designet mhp. lysbuebeskyttelse for å skjerme personell fra for eksempel uisolerte ledere.	Redusert risiko for kortslutninger under vedlikehold og dermed redusert risiko for personell.	Distribusjonstavler blir tyngre, større, dyrere og mindre tilgjengelig for vedlikehold. Dette er ikke mulig å ettermontere.
Lysbuevern eller lysbuevakt	Deteksjon og evt. utkobling av vern.	Redusert risiko for personell eller utstyr ved lysbue hendelse.	Lysbuevern tripper hele systemet slik at selektivitet ikke er til stede. Installasjon av vern minsker robustheten til systemet.
Fjernstyring	Vakter eller videoovervåkning for alarmer eller overvåkning.	Redusert risiko for personell ved operasjon av effektbrytere.	Videoovervåkning er typisk for operasjon av større effektbrytere og nødvendigvis ikke relevante for nødkraftsystemene.
Operasjonelle prosedyrer	Vurdere risiko knyttet til hendelsesenergi i de ulike operasjonene. Utarbeide prosedyrer for å minske risiko. Vedlikehold bør utføres under sikker tilstand det vil si når systemet forsynes av en bestemt kilde (med lavest hendelsesenergi) eller at deler av systemet er utkoblet.	Ytterligere redusert risiko etter at hendelsesenergi er redusert i design.	Krever kompetente og erfarne ressurser ved risikovurderingene.
PPE	Bruk av riktig personlig verneutstyr. Dette spesifiseres i driftsprosedyrer etter nivå på hendelsesenergi.	Redusert risiko for personell etter at andre tiltak er implementert.	Hvis vedlikehold skal utføres på et system over 8Cal/cm ² , hindrer bruk av PPE bevegelserfrihet.

4.4 Observasjoner til regelverk og standarder

For innretninger med dedikert nødkraftgenerator er det basert på gjennomgangen forstått at:

- Faste produksjonsinnretninger følger NORSOK standardene.
- Flyttbare produksjonsinnretninger som opererer i henhold til et maritimt driftskonsept følger maritime krav.
- Flyttbare offshore breenheter og boligheter følger maritime krav.

Det er videre forstått at operatør eller reders ansvar for samsvar med forskriftene administreres av henholdsvis operatøren eller rederen. Dersom innretningen følger et maritimt driftskonsept er en tredjepart, klasse og flagg, involvert i godkjenningssprosessen.

DNV har foretatt en gjennomgang av følgende standarder:

- Norsok S-001 – kapittel 19, Nødkraft og belysning /3/
- ISO 13702 – kapittel 10, Nødkraftsystemer /9/
- IEC 61892-2 – kapittel 4.4, Nødkilde til elektrisk kraft /8/
- NORSOK E-001 – kapittel 5.2.3 Nødkraftkilde^{1,2} /4/
- MODU-KODE, kap. 5 – kapittel 5.4, Nødkraftkilde til elektrisk kraft /5/
- DNV-OS-D201 – kapittel 3, Nødkraftforsyningssystem /6/
- Sjøfartsdirektoratets forskrifter som angitt i kapittel 4.1.1

Det ble observert at de generelle kravene har et felles grunnleggende mål som beskrevet i ISO 13702 /9/ – kapittel 10.1:

"Målet med nødkraftsystemet er å gi en pålitelig strømkilde ved tap eller svikt i hovedstrømforsyningen."

Standardene er generelt utfyllende til hverandre og refererer til hverandre, enten ved direkte referanse til en bestemt standard og, i noen tilfeller, til en bestemt paragraf. Dette tilsier at det på et overordnet nivå ikke bør være vesentlige mangler i kravene til innretninger av samme type, men at det kan være små forskjeller mellom ulike fartøystyper.

Det er imidlertid områder knyttet til kraftforsyningssystemene der det identifiseres uklare krav. Noen eksempler er som følger:

Generelt:

- Det er uklart hvilken standard som er ment å ha forrang og hvilken som gjelder for hvilken type offshore innretning (som et eksempel viser Innretningsforskriftens §38 /2/ til ISO13702, NORSOK S-001 og MODU code). For flyttbare innretninger som følger er det angitt at sjøfartsdirektoratets regelverk har forrang fremfor klasseregulverket.

Utforming:

- MODU-kode /5/, kapittel 5.4.4 «*Forutsatt at det iverksettes egnede tiltak for å sikre uavhengig nøddrift under alle omstendigheter, kan nødtavlen brukes til å forsyne ikke-nødkraftforbrukere*». I andre standarder er dette generelt begrenset til kort driftstid og bare i unntakstilfeller (som for eksempel oppstart fra dødt skip³). MODU har samme begrensningen for bruk av nødkraftgeneratoren.

¹ NORSOK E-001:2016, Forord, NORSOK-standardene skal: bygge bro over gapet basert på erfaringer fra norsk sokkel der de internasjonale standardene er utilfredsstillende; erstatte oljeselskapets spesifikasjoner der det er mulig; Havtil refererer ikke til NORSOK E-001, men standarden kan være referert av operatørene

² NORSOK E-001:2016, Introduksjon, Denne utgaven av E-001 gir krav og anbefalinger i tillegg til IEC 61892-serien med standarder.

³ «Blackout» i forhold til «dødt skip» – med referanse til DNV-OS-D201 /6/; «Black out» er en tilstand der all energi for start er tilgjengelig. Dette kontra begrepet «dødt skip» hvor hjelpesystemer for oppstart av hovedkraft ikke er tilgjengelig.

- Batterilading for UPS- anlegget skal i henhold til standardene være fra nødtavlen, mens NORSOK E-001 /4/ krever en UPS «by-pass» for forsyning fra essensielt- eller hovedsystemet.
- Startarrangement for nødkraftgeneratorer inkludert antall startforsøk og påkrevd varighet varierer.

Design:

- Det er tvetydighet i standardteksten relatert til sammensetningen av nødkraftsystemet og plasseringen av utstyret. Dette er for eksempel relatert til kravet om overgangskraft og den relative plasseringen av enkeltstående komponenter relatert til brannsoner og antall rom
- Design er avhengig av flere faktorer som for eksempel.
 - påkrevde nødkraftforbrukere,
 - nødkraftforbrukere basert på risikobaserte forbrukskrav,
 - krav til opprettholdelse av last,
 - utnyttelsesfaktorer,
 - krav til samtidig drift,
 - reservefaktorer (Ref. NORSOK E-001:2016 /4/, Elektriske systemer, 5.6.1 «Elektrisk belastningsstudie», *"En reservefaktor skal brukes på den estimerte belastningen for å velge generatorytelse"*).

Last på nødkraftgenerator og distribusjonssystem påvirker hendelsesenergien knyttet til lysbue. Når forbrukerdetaljene ikke er enhetlig spesifisert, kan dette ha en direkte effekt på nivå på hendelsesenergi, systemkompleksitet og resulterende tilgjengelighet av nødkraftsystemet.

Forbrukere:

- IEC 61892-2 /8/, kapittel 4, definerer tre typer elektriske systemer; hoved, essensiell og nødkraft.
NORSOK S-001 /3/, kapittel 19.4.4 inkluderer i kravene til nødkraftforbrukere essensielle forbrukere som angitt av IEC 61892-2 /8/, vedlegg A,. Et eksempel er HVAC system for boligkvarter for å håndtere en nødsituasjon og påfølgende normalisering. Systemet er medtatt i IEC 61892-2 /8/ vedlegg A, liste over essensielle forbrukere, a) *"minimum komfortable forhold for beboelighet"*.

5 INTERVJUER MED OPERATØRER OG REDERE

Intervjuene hadde som mål å samle data for å bedre forståelsen av operatørselskapenes beslutningsprosesser knyttet til drift og vedlikehold av nødkraftsystemer.

5.1 Datainnsamling

Datainnsamlingen var basert på innsamling av informasjon fra følgende selskaper:

- Aker BP
- ConocoPhillips Scandinavia AS
- Equinor Energy AS
- Vår Energi AS
- Noble Drilling Norge AS
- Odfjell Drilling AS

Kunnskapsinnhenting ble gjennomført i løpet av juni-august 2024.

Arbeidet inkluderte gjennomføring av intervjuer basert på en forhåndsdefinert intervjuguide. Intervjuobjektene fikk også mulighet til å uttrykke seg fritt om andre relevante utfordringer som ikke nødvendigvis var inkludert i intervjuguiden.

Dette ga en mer omfattende og dyptgående forståelse av problemstillingene, og bidro til å sikre at flere aspekter ble tatt i betraktning i kunnskapsinnhentingsfasen.

Det var spesielt fokus på lysbuerisiko i nødtavlen, funksjonstesting, nødkraftforbrukere og erfaringer med bruk av vannkjølte drivenheter.

5.2 Observasjoner fra intervjuer

Følgende observasjoner oppsummerer intervjuene med operatørene på norsk sokkel.

Regelverk: Operatørene indikerte at regelverket og standardene har en god balanse mellom funksjonskrav og preskriptive krav og gir tydelige føringer for utforming av nødkraftsystemer samtidig som de gir rom for innovative løsninger og design. Ulempen er at et delvis funksjonsbasert regelverk også kan føre til selskapsvis foretrukne løsninger som igjen kan resultere i ikke-standardiserte løsninger. Innovative løsninger krever større kompetansen hos designere, operatører og redere, men ansees å forbedre nødkraftsystemene selv om kompleksiteten øker.

Det ble angitt at kravene skiller seg fra andre geografiske områder.

Personellsikkerhet: Operatørene er enige om at standardene stiller tilstrekkelige krav til personellsikkerhet, men at det er rom for tydeligere føringer. Beskyttelse mot og deteksjon av lysbue er viktig for personellsikkerhet, selv om installasjon kan utgjøre en risiko relatert til robusthet og selektivitet for systemet. Det er ingen standardisert prosess for å håndtere risikoen fra hendelsesenergi som skaper lysbue. Noen tavler har lysbuedeteksjon i form av optiske sensorer, mens personellsikkerhet for andre tavledesign kan være basert på et prosedyreverk. Nivået på personlig verneutstyr kan også variere avhengig av gjeldende strømkilde.

Flere kombinasjoner av vern og deteksjon for å øke robustheten ble diskutert som for eksempel lysbuedeteksjon i kombinasjon med deteksjon av elektrisk overbelastning.

Inntrykket er videre at det vil være vanskelig å implementere løsninger i samsvar med nye krav til personellsikkerhet i eldre systemer.

DNVs inntrykk er også at tavler er designet med hensyn på utstyrssikkerhet og ikke nødvendigvis med hensyn til operasjonell sikkerhet (personell og utstyr) i forhold til hendelsesenergi til systemet.

Uklar definisjon av nødkraftforbrukere: Under intervjuene ble det hos noen selskaper identifisert en usikkerhet om hvilke forbrukere som skal forsynes fra nødkraftsystemene; spesielt belysning, HVAC, oppvarming i boligkvarteret, livbåtlading, varmekabler og andre forbrukere ansett som «essential».

NORSOK S-001 /3/ presiserer at bore- og brønnrelatert utstyr for sikring av brønn som spesifisert i NORSOK D-001 skal ha nødkraftforsyning. NORSOK D-001 presiserer at pumpesystemet for brønnreiping kan være en frittstående diesel- eller nødkraftdrevet pumpe, men det er også oppgitt at slamtilførsel og alle andre nødvendige funksjoner skal være tilgjengelig i en nødsituasjon. En av operatørene har listet opp det siste kravet som en usikkerhet der det bør gis klarere føringer. Problemstillingen følges ikke opp ytterligere siden kravet etter DNVs fortolkning er knyttet til sirkulasjonsfunksjonen, det vil si at det skal være nødkraft for å muliggjøre sirkulasjon med et definert tilførselsvolum (slamtanker).

Variasjoner i arrangement og kompleksitet: Det er ingen standardisert måte å designe nødkraftkilden og distribusjonssystem på. Selv om basis for systemene er Havtils regelverk, vil arrangementet av nødkraftsystemene varierer avhengig av kravene fra operatøren. Kompleksiteten kan reduseres ved å bruke luftkjølte enheter, tydeligere definere nødkraftforbrukere og å velge felles løsninger på tvers av næringen.

Krav til samsvar med regelverket: Det finnes ingen standardisert måte å håndtere samsvar med regelverket for nødkraftsystemer. Myndighetene krever ikke lenger godkjenning av offshoreinstallasjoner, men operatørene (eller redere) er selv ansvarlig for samsvar. Dette kan medføre at hver operatør har sine egne foretrukne løsninger.

Drivenheten: Operasjonelle problemer som ble nevnt under intervjuene skyldes ofte mekanisk svikt. Noen problemer har oppstått etter igangkjøring (for eksempel mekaniske problemer som radiatorlekkasjer og blokkering av eksoskanal i saltvannskjølte generatorsett og luftlekkasjer i startsystemer). Det finnes heller ingen standard for nødkraftgeneratorer og deres hjelpesystemer.

Plasserings- og støyproblemer: Utfordringer med kabelbeskyttelse eller -lengde kan forekomme fordi noe utstyr, for eksempel nødskraftgeneratoren, nødtavlen og UPS-anlegget, er lokalisert på forskjellige steder eller etasjer. Det er generelt foretrukket å ha to rom for nødskraftsystemet på grunn av støy.

Testing av nødskraftsystemets funksjonalitet: Det er ofte et avvik mellom testkravene og hva som er mulig å utføre under drift. Testing av nødskraftsystemets fulle funksjonalitet er ikke alltid mulig å utføre og kan innebære justering av beskyttelsesinnstillingene for å simulere scenarier. Dette utgjør en risiko for at systemet ikke tilbakestilles til de riktige innstillingene etter testing. Hyppigheten, typen og omfanget av testing kan også variere avhengig av operatøren.

6 TILTAK FOR Å REDUSERE USIKKERHET MED NØDKRAFTSYSTEMENE

I tillegg til DNVs dokumentgjennomgang, diskusjoner med HAVTIL og intervjuer med operatører og redere, har DNV gjennomført en intern gjennomgang av usikkerhet (HAZID) med hensikt å vurdere de viktigste observasjonene som ble gjort. Intensjonen var å identifisere relaterte farer, vurdere årsaker og konsekvens, avgjøre om og hvor sikkerhetstiltak allerede er på plass, eller om det var et tiltak som kunne foreslås for å redusere den relaterte usikkerheten.

Komplette resultater fra gjennomgangen er vedlagt i Appendix A for informasjon.

6.1 Anbefalinger

De følgende avsnittene oppsummerer funnene fra gjennomgangen ved å gruppere usikkerhet og anbefalinger i generelle kategorier.

Tiltakene som er identifisert er anbefalt som innspill til reduksjon av usikkerhet med nødkraftsystemer.

6.1.1 Fortolkning av regelverk

Usikkerhet

Feil fortolkning av regelverket eller de relevante standardene av designeren eller operatøren kan introdusere usikkerhet med operasjon og tilgjengelighet av nødkraftsystemer. Dette kan for eksempel skyldes bruk av feil standarder, ulike filosofier eller tekniske preferanser mellom selskapene, motstridende krav mellom forskrifter og/eller standarder eller for generiske krav.

Konsekvens

Konsekvensene kan være at samme type innretninger utformes med forskjeller i arrangement og egenskaper og/eller med relativt komplekse løsninger som gir redusert tilgjengelighet og øker kompleksiteten i drift, vedlikehold og testprosedyrer.

Anbefalinger

Det anbefales at følgende defineres tydelig:

Enkelt, robust og sikkert system: Havtil publiserer en klar fortolkning av hva som menes med et enkelt, robust og sikkert system for å sikre standardisering.

Regelverkskrav: For å håndtere motstridende krav fra standardene anbefales det at det i prosjektene defineres et hierarki over regler og standarder som legges til grunn for design og drift av nødkraftsystemet. Som et eksempel viser Innretningsforskriftens §38 /2/ til ISO13702, NORSOK S-001 og MODU Code.

Næringen kan også i fellesskap etablere en felles forståelse og fortolkning av dette, for eksempel i NORSOK arbeidsgrupper.

Færrest mulig utkoblingsfunksjoner: For å unngå feiltolkning av intensjonen med regelverket, definer hva som menes med «færrest mulig utkoblingsfunksjoner», og spesifiser hva hensikten med disse funksjonene er, (Ref. Innretningsforskriften /2/ §38. "*Nødkraftsystemet skal ha færrest mulig automatiske utkoblingsfunksjoner for å sikre kontinuerlig drift.*").

Personellsikkerhet: Lage en beskrivelse av ønsket prosess for personellsikkerhet i elektriske nødkraftsystemer med spesifikke detaljer om hvilke standarder som skal vurderes, og hvilken dokumentasjon som skal være tilgjengelig.

«Appropriate authority»: "IEC 61892-2 /8/, kapittel 4, refererer til "Appropriate authority" som skal utforme kravspesifikasjon for nødkraftsystemet. Begrepet "Appropriate authority" kan være misvisende siden HAVTIL er reguleringsmyndighet, mens operatøren selv er ansvarlig for systemet. Det anbefales derfor at definisjonen utdypes i forhold til Innretningsforskriften /2/ §38.

Definisjonen i IEC 61892-1 /7/, kapittel 3.7 – «Appropriate authority»; *statlig organ og/eller klassifiseringselskap hvis regler en enhet er pålagt å følge.*

6.1.2 Standardisering av systemarkitektur

Usikkerhet

Det ble observert at arkitekturen til de elektriske nødkraftsystemene utformes og opereres spesifikt for hvert prosjekt. De fleste installasjoner er derfor unike.

Hvilke krav som gjelder, slik som beskrevet i avsnitt 6.1.1, oppfattes som usikkert. En entydig fortolkning kan forhindre misforståelser relatert til oppbygging av nødkraftsystemet og minimere risikoen for utstyrs- eller personskafe. Det er imidlertid en utfordring å balansere preskriptive standarder med generelle krav, siden noen selskaper har løst dette med svært omfattende interne tilleggskrav mens noen selskaper ikke har tilleggskrav utover relevante bransjestandarder.

Konsekvens

Konsekvensen av et prosjektspesifikt system kan være varierende nivåer av kompleksitet, ikke-standard utstyrsvalg og ikke-standard drift og vedlikehold. Dette medfører også en kompetanseutfordring til drift og vedlikehold.

Anbefalinger

Generelle krav: Vurder hvordan nødkraftsystemer på norsk sokkel kan standardiseres ytterligere ved å tilpasse selskapskrav til relevante NORSOK-standarder i henhold til den opprinnelige intensjonen med NORSOK-standardene.

UPS-anleggskrav: UPS-anlegg utformes og opereres spesifikk for hvert prosjekt. Det bør være enighet om hvordan fortolkning av kravene til hvor UPS-anlegget skal plasseres og integreres med hensyn til installert redundans, samt nødvendige grensesnitt mot nødtavlerom, nødvendig kabling og kabelruter. Som et eksempel er det et krav om at hovedtavlen for nøddlys skal være i samme rom som hovedtavlen for nødkraft (ref. IEC 61892-2 /8/ kapittel 4.4.2; "Nøddfordelingstavle for belysning og lavstrøm bør være plassert i nødtavlerom."). Siden det antas at nødkraft- og rømningsbelysning vil bli levert av overgangs-strømkilden er det derfor et grensesnitt mellom overgangskilden og nødtavlerommet.

Nødkraftkilde i forhold til nødkraftforsyningssystem: Standarddefinisjonene av «nødkraftkilde» og «nødkraftforsyningssystem» kan være uklare. Det bør avklares hvilket utstyr og hvilke funksjoner som skal innlemmes i hvert av dem, og defineres hvor disse skal plasseres fysisk og sammenkobles.

Tilsyn: Tilsyn på et tidlig stadium, for eksempel FEED, kan bidra til å standardisere de grunnleggende prinsippene for løsningene mellom selskaper. Dette kan også hjelpe designer til å identifisere potensielle avvik, som deretter kan løses tidlig i designprosessen.

Tilsyn kan også være et verktøy for å identifisere forskjellene mellom design på ulike innretninger for å sikre en beste praksis for å øke standardisering av design og drift.

6.1.3 Standardisere håndtering av nødkraftforbrukere

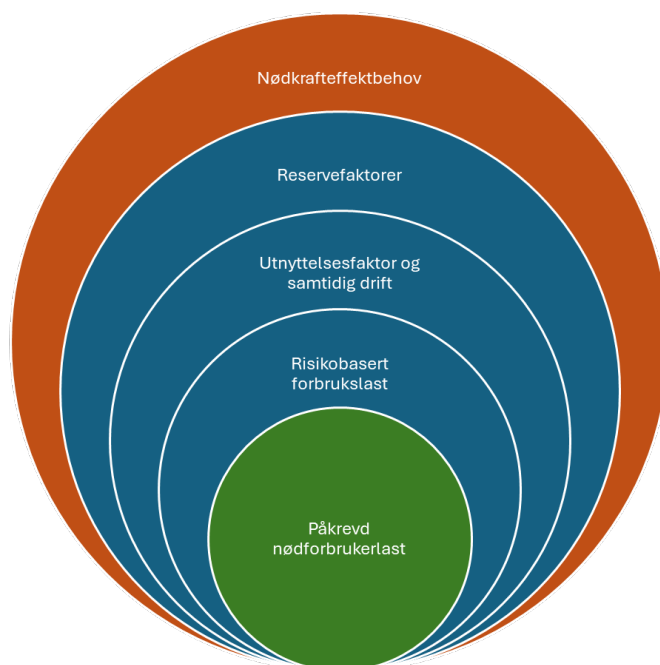
Usikkerhet

Ulike selskaper har ulik forståelse av hva som skal eller kan forsynes fra nødtavlen. Dette kan være relatert til ulike fortolkninger av krav, ulike risikovurderinger eller tekniske preferanser. Videre er det akseptabelt, med henvisning til designstandardene, å koble ikke-nødkraftforbrukere til nødtavlen i en "kort periode". Dette tolkes å være relevant for oppstart etter dødt skip. Denne korte perioden er imidlertid ikke definert i tid, eller begrensende i hvilken type last som skal leveres. Belastningen kan ha innvirkning på dimensjonen til den elektriske nødkraftkilden og hendelsesenergien ved en feil. Større anlegg øker hendelsesenergien og kompleksiteten i anlegget.

Dimensjonering av nødkraftsystemet påvirkes av følgende faktorer:

- hvilke nødkraftforbrukere som kreves,
- forbrukere som bør være på nødkraft, identifisert gjennom risikoanalyse av innretningen,
- krav til opprettholdelse av last,
- utnyttelsesfaktorer,
- krav til samtidig drift,
- reservefaktorer

Effektbehovet for et nødkraftsystem, som illustrert i Figur 6, viser hvorledes størrelsen på nødkraftgenerator- og distribusjonssystem vokser som følge av en serie med faktorer. I Tabell 2 forklares det hvordan disse faktorene påvirker dimensjonering av nødkraftsystemet.



Figur 6 - Effektbehov til nødkraftsystemet

Tabell 2 Faktorer som påvirker effektbehovet til nødkraftsystemet

	Beskrivelse	Eksempel på usikkerhet i design og drift
Effektbehov	Med for eksempel referanse til NORSOK S-001 /3/, kapittel 19.4.4: «Nødkraften skal begrenses til forsyning av utstyr og systemer som har funksjon i en nødsituasjon.» Kombinasjonen av de følgende aspekter gir effektbehovet:	Påkrevd belastning og sikkerhetsfaktorer i forskjellige designfaser kan påvirke systemets størrelse og dermed kompleksitet og pålitelighet.
Typiske påkrevde forbrukerlaster (ref. kap. 4.1)	Typiske forbrukere som skal forsynes i en nødsituasjon (felles for de fleste standarder): Alarmsystem Ballastpumper og –ventiler (for semi`er) BOP-kontroll Kommunikasjon Dykesystemer Nødbelysning ESD/PSD-system Brannslukkingssystemer og Brannpumper Livbåt (reserve mekanisme for utløsning) Navigasjonslys Styregir Merking av strukturer Vanntette dører og luker	NORSOK S-001 har tilleggskrav som for eksempel. HVAC (oppvarming i boligkvarteret), alle ballastpumper skal kobles nød og lading av UPS`er.
Forbrukere identifisert gjennom risikoanalyse	Noen forbrukere kan være lagt til nødkraftsystemet på grunn av identifisert behov i risikoanalyser.	Omfang av HVAC, nødlys og batteriladere, Varmekabler, Forsyning til personellheis (Oppstart ved dødt skip)
Utnyttelsesfaktor og samtidig drift	Dette definerer hvor ofte en forbruker belaster nødkraftsystemet, hvor lenge og samtidighet av forbrukere.	Basiskrav er at alle forbrukere skal kunne kjøre samtidig. Men det finnes muligheter for kontroll av start-up av store maskiner samt vurdering av utnyttelse.
Reservefaktorer	Reservefaktorer er sikkerhetsfaktorer for effektberegninger i forskjellige designfaser for å unngå risiko knyttet til unøyaktighet i lastberegninger. Ref. NORSOK E-001:2016 /4/ 5.6.1 «Elektrisk belastningsstudie», "En reservefaktor skal brukes på den estimerte belastningen for å velge generatorytelse" Reservefaktorer er også inkludert i forbindelse med innkjøp av utstyr for å sikre at spesifikasjonen møtes.	Spesifisert i NORSOK E-001. Faktoren er antatt inkludert uavhengig om NORSOK E-001 benyttes, men blir da selskapsspesifikk..

Konsekvens

Når ytelsen til systemet ikke er tilstrekkelig klart, korrekt spesifisert eller håndtert, er det en usikkerhet rundt personellsikkerheten på grunn av høye hendelsesenerginivåer (se avsnitt 6.1.5), og systemtilgjengelighet som følge av kompleksitet (se avsnitt 6.1.4).

Anbefalinger

For å redusere denne usikkerheten er det viktig å definere nødkraftforbrukerne, deres fulle belastning, samtidighet og utnyttelse riktig.

Identifiser nødkraftforbrukere: Det anbefales å utarbeide en tydeligere retningslinje for hvordan man definerer nødkraftforbrukere slik at systemets totale elektriske kraft- og energibehov kan defineres. Ved å forstå de funksjonelle og operasjonelle kravene til utstyret og intensjonen med regelverket, kan det sammen med en risikostyringsprosess være mulig for designere å spesifisere hvilke nødkraftforbrukere som skal forsynes fra nødtavlen samtidig som belastningskravet holdes på et minimum.

Siden HVAC-systemer kan være et betydelig bidrag til elektrisk belastning, kan engineeringsselskapene basert på definisjonen av «beboelig tilstand» bedre vurdere behovet for nødvendige beboelige områder (luftkvalitet, oppvarming og areal) med definerte miljøforhold under en nødsituasjon. Dette kan kreve et eget HVAC anlegg.

Tilkobling av ikke-nødkraftforbrukere: Det anbefales å lage en tydelig beskrivelse av forutsetningen for tilkobling av ikke-nødkraftforbrukere til nødtavlen. Dette for å begrense den elektriske belastningen for nødkraftkilden. Det anbefales å inkludere definisjon av begrepet "kort periode" det vil si i tidsrommet det er tillatt av standardene å koble ikke-nødkraftforbrukere til nødtavlen for gjenoppretting etter for eksempel. «dødt skip». Det anbefales også å spesifisere typiske forbrukere hvor slik tilkobling kan anses akseptabelt.

Grensesnitt: Det anbefales å definere hvilket grensesnitt eller interaksjon det er mellom nødtavlerommet og UPS-anlegget, for eksempel hvis det er behov for tilførsel fra et fjernliggende UPS-anlegg til nødtavlerommet kan dette medføre andre risikoer (se avsnitt 6.1.2).

6.1.4 Redusert systemkompleksitet

Usikkerhet

Ikke-standard utstyr som kreves for å designe et spesifikt system introduserer kompleksitet og kan dermed også introdusere ukjente feilmoduser. Dette er for eksempel relevant for nødkraftgenerator og drivenhet som er en ikke-standard komponenter (der det ikke er mulig å kjøpe en hylleware «nødkraftgeneratorsystemer»). Dette er spesielt viktig for den drivenhetens hjelpesystemer, for eksempel kjøling og bevegelige deler som kan introdusere feilmoduser og redusere tilgjengeligheten til nødkraftsystemet.

En vesentlig faktor er også dimensjonering av generatorsystemet. Operatørene har angitt at større generatorsystemer, i størrelsesorden omkring 1,5 MVA, kan kreve vannkjøling.

Konsekvens

Komplekse hjelpesystemer for generatorsystemet kan introdusere ytterligere kompleksitet i drift og vedlikehold med konsekvens redusert tilgjengelighet og robusthet.

Anbefalinger

Ikke-standardiserte produkter: Det anbefales at driverne for ikke-standardiserte produkter identifiseres, og at det gjøres en innsats for å redusere behovet for slikt komplekst utstyr. Det å begrense den elektriske belastningen på nødkraftsystemet (se avsnitt 6.1.3) kan redusere behovet for vannkjøling av drivenheten for nødkraftgeneratoren.

Risikostyring: Alternativt, hvis det ikke er mulig å redusere den elektriske kraftbehovet tilstrekkelig, anbefales det å utarbeide en retningslinje for hvordan usikkerheten skal håndteres for å sikre intensjonen om et enkelt og robust system. Dette bør omfatte hele livssyklusen fra design til vedlikehold samt reservedeler, men også hjelpesystemer som varmekabler for å unngå frysing og den elektriske oppvarmingskilden. Målsetningen bør være at fordelingssystemet holdes enklest mulig for å unngå komplekse automatiserte utkoblingssystemer.

6.1.5 Personellsikkerhet – Lysbue

Usikkerhet

Det er et mulig utfall at nødkraftanlegg ikke gjenspeiler intensjonen til Havtil (Ref. Innretningsforskriften /2/ §38) med å være enkelt, robust med færrest mulig utkoblingsfunksjoner og sikkert, fordi potensiell stor hendelsesenergi i nødtavler gir en fare for at personell utsettes for lysbuer eller at installerte vern øker sjansen for utkobling (enten gjennom feil ved vernet eller ved lysglimt fra brytere, kontaktorer eller eksternt).

Som beskrevet i avsnitt 4.3, følger kravene til lysbueberegninger og risikoreduserende tiltak av Innretningsforskriften §47 og er spesifisert i IEC 61892-2:2019 /8/ *kapittel 10, Systemstudie og beregninger*, NORSOK E-001:2016 /4/, *Elektriske systemer, kapittel 5.6.3 Studie av lysbuebeskyttelse*. For å overholde kravene til elektrisk sikkerhet vises det til IEEE 1584 /10/ eller NFPA 70E /11/.

Fordeler og ulemper med forskjellige tiltak er angitt i avsnitt 4.3.

Gjennom tilsyn anbefales det å verifisere at den nødvendige risikovurderingsprosessen og lysbuevurderingen er utført. Dette med fokus på hvordan det elektriske nødkraftsystemet, i sine forskjellige driftsmoduser, er utformet for å redusere de identifiserte risikoene, og om mulig begrense hendelsesenergien innenfor hver driftsmodus til de påkrevde 8 Cal/cm².

Årsaken til avvik kan være designprinsippene som brukes, designerens kompetanse og erfaring, eller misforståelser i kravene til systemet eller dets driftsmodus.

Konsekvens

Konsekvensen kan være feil eller uhensiktsmessig utforming av systemet som kan føre til personskade eller skade på utstyr, eller kompleksitet som kan føre til lavere pålitelighet.

Anbefalinger:

Risikostyring: Påse at riktige ressurser med relevant kunnskap og erfaring med drift deltar i risikostyringsprosessen slik at alle potensielle risikoer for lysbuer identifiseres og vurderes gjennom en standardisert metode, og at de riktige avbøtende tiltak brukes.

Systemdesign: Der det ikke er mulig å begrense hendelsesenergien ved design, bør risikoreduserende metoder, som fysiske barrierer, lysbuedeteksjonssystemer eller lysbuevern, videoovervåkning og personlig verneutstyr vurderes både for å beskytte utstyr, infrastruktur og personell. Konsekvensene av tiltakene i forhold til tilgjengeligheten til selve systemet må vurderes.

Dersom beregninger viser høyt hendelsesenergi (8 Cal/cm²) på nødtavlen mens det forsynes fra nødkraftgeneratoren, kan dette medføre risiko for personell eller infrastruktur som krever automatisk utkobling (også i testmodus). Hvis tilgang til nødtavlens interne komponenter ønskes mens nødkraftgeneratoren er i drift, bør en vurdere om det er behov for automatisk lysbueutkobling av nødtavlen. Alternativet kan være å installere alarm for manuell utkobling. Grunnet tidsforsinkelse gir dette økt risiko for skade på infrastruktur (men er i samsvar med forskriften *spesifisere færrest mulig utkoblingsfunksjoner*). Hvis lysbuedeteksjonssystemer er uunngåelige, er en mulighet å vurdere om systemet kan overvåkes i seksjoner for å generere en form for feillokaliseringalarm i systemet, eller om robusthet kan oppnås ved å sammenkoble lysbuedeteksjonssystemet med andre overvåkningsfunksjoner (som for eksempel strømmengde).

Tavle design: Vurder om kravene til typegodkjenning av tavler, spesielt for nødkraftsystemer, er tilstrekkelig tilpasset og skreddersydd for å ta hensyn til personellsikkerhet og utstyrsskade ved lysbuehendelser. Et moment for vurdering kan være om formfaktorene til tavlen er tilstrekkelig spesifisert for å begrense eksponeringen av personell for en potensiell lysbue eller redusere sannsynligheten for at en fallende gjenstand forårsaker en lysbue.

En annen vurderingsfaktor kan være om typegodkjenningsprosessen for tavle og innhold tar hensyn til forskriftskravet om enkel og robust drift.

Godkjenningprosessen bør også vurdere hvordan design og operasjoner kan begrense sannsynligheten for at et mistet objekt skaper en lysbuehendelse i et distribusjonssystem. Dette kan for eksempel være ved å begrense tilgangen til strømførende deler (formfaktor), begrense bruken av visse typer verktøy, eller hvordan og når verktøy faktisk brukes.

Ettermontering: Der eldre installasjoner analyseres for risiko for lysbue, og det fastslås at modifikasjoner er nødvendige for å redusere risikoen, kan modifikasjonene være vanskelig å implementere i samsvar med de nyeste standardene på grunn av den opprinnelige arkitekturen. I slike situasjoner bør risikovurdering utføres for å bestemme de mest anvendelige og egnede alternativene for risikoreduksjon. Det kan være nødvendig å vurdere en kombinasjon av løsninger som kan oppnå samme sikkerhetsnivå som kravet.

Det er normalt ikke anbefalt å manuelt modifisere barrierer/ vern som en del av vedlikeholdsprosedyrene. Modifisering av sikkerhetsbarrierer skal være i henhold til selskapenes prosedyrer.

6.1.6 Testing

Nødkraftsystemet skal gjennomgå jevnlig inspeksjon og rutinemessig testing i henhold til operatørens inspeksjons- og testingsprosedyrer (se krav i kapittel 4.1). Dette gjelder hele systemet og dets funksjoner, inkludert overgangskilden og automatiske startarrangementer, belastning og batteriutlading, skal inspiseres og testes for å verifisere spesifisert ytelse og pålitelig drift. Det skal være mulig å gjennomføre inspeksjon og testing uten produksjonsstans og testing fra nødkraftgeneratorens kontrollpanel.

Den siste testrapporten skal være tilgjengelig på innretningen.

Usikkerhet

På noen anlegg kan være utfordrende å gjennomføre omfattende rutinemessig testing og vedlikehold av nødkraftsystemet, eller dets hjelpesystemer på grunn av tilkoblingsarrangementet og funksjonskravene til forbrukerne. Utfordringen kan være større der ikke-nødkraftforbrukere er koblet til nødkraftsystemet, eller der det er driftskritiske funksjoner tilkoblet uten tilstrekkelig redundans.

Det fremkom fra intervjuene at testing krever omfattende risikovurderinger, og at det ikke alltid er mulig å koble ut eller stoppe enkelte forbrukere for testformål grunnet medfølgende produksjonsstans. Dette understreker behov for tidlig fokus på testprosedyren og operasjonell utforming av systemet.

Det var DNVs inntrykk fra operatørintervjuene at det generelt er lite detaljert informasjon tilgjengelig for å vise status på nødkraftsystemet (ukjent eller uovervåket ytelse og status for nødkraftkomponenter og – system). Det ble nevnt at avstengning av drivstofftilførsel var en utfordring.

Testing utføres på ulike måter og med ulik hyppighet. Testprosedyrene inkluderer normalt test av automatiske startarrangementer, en delvis belastning av systemet og at nødkraftgeneratoren kan levere strøm til systemet i en periode.

På flyttbare innretninger testes oppstart fra dødt skip typisk årlig (med energi til hjelpesystemene for oppstart av hovedmaskineri levert fra nødkraftsystemet).

Inntrykket er at detaljprosedyrer for inspeksjon mangler, manglende testing av alle systemets funksjoner inkludert overvåkningssystemer og manglende test av batteriutlading fra overgangskilden (UPS).

Konsekvens

Konsekvensen av å ikke gjennomføre regelmessig eller tilstrekkelig omfattende testing er redusert integritet med mulig redusert integritet og mulig redusert tilgjengelighet av systemet.

Anbefalinger

Design systemet for testing og planlegge for integritetsstyring: For å sikre gjennomførbare testprosedyrer i driftsfasen av et system, er det tilrådelig å gjennomføre en HAZOP eller lignende på et tidlig stadium av systemutviklingen. Dette vil muliggjøre at en erfaren gruppe gjennomgår testprosedyren, steg for steg, og evaluere om stegene er riktig spesifisert, og at nivået av redundans, strømforsyningskrav og driftskravene til forbrukerne er riktig håndtert.

Inspeksjon og test prosedyrer bør som minimum inkludere:

- Spesifikasjon av inspeksjonspunkter og testkriterier for hele systemet inkludert overgangskilden.
- Spesifikasjon for testing av systemets funksjoner, inkludert akseptkriterier.
- Testing av automatiske startarrangementer.
- Ytelsestesting inkluderte lagret energi kapasitet, inkludert akseptkriterier.
- Krav til hvilke deler av systemet skal kontrolleres og testes, og hvor ofte.

Overvåking av tilstand: Vurder å lage en klar liste over krav til ytelses- og statusovervåking av nødkraftsystemet samt identifisere hvor informasjonen skal presenteres og hvordan den skal håndteres. Informasjonen er viktig for inspeksjon, testing, vedlikehold, og mulighet for fjernstyring (inkludert brenselstopp).

7 REFERANSER

- /1/ Havtil saksnr. 2024/244, 01.02.2024, Konkurransesgrunnlag – Kunnskapsutvikling vedrørende utforming og kompleksitet for nødkraft
- /2/ FOR-2010-04-29-634, Forskrift om utforming og utrustning av innretninger med mer i petroleumsvirksomheten (innretningsforskriften),
- /3/ Norsok S-001:2020, Teknisk sikkerhet
- /4/ Norsok E-001:2016, Elektriske systemer
- /5/ MODU-kode, 2009, kode for konstruksjon og utstyr av flyttbare offshore boreenheter
- /6/ DNV-OS-D201, juli 2022, Elektriske installasjoner
- /7/ IEC 61892-1:2019, Flyttbare og faste innretninger - Elektriske installasjoner - Del 1: Generelle krav og vilkår
- /8/ IEC 61892-2:2019, Flyttbare og faste offshoreenheter - Elektriske installasjoner - Del 2: Systemdesign
- /9/ ISO 13702:2024, Olje- og gassindustrien – Kontroll og begrensnig av branner og eksplosjoner på produksjonsinstallasjoner til havs – Krav og retningslinjer
- /10/ IEEE 1584-2018, IEEE-veiledning for utførelse av lysbuefareberegninger
- /11/ NFPA 70E, 2015, standard for elektrisk sikkerhet på arbeidsplassen
- /12/ FOR-2001-08-31-1016 Forskrift om helse, miljø og sikkerhet i petroleumsvirksomheten (rammeforskriften)
- /13/ FOR-1987-09-04-856 Forskrift om bygging av flyttbare innretninger (Byggeforskriften)
- /14/ FOR-1984-01-31-227 Forskrift om sikringstiltak mot brann og eksplosjon på flyttbare innretninger
- /15/ FOR-2016-01-27-67 Forskrift om ballastsystem på flyttbare innretninger
- /16/ FOR-2021-03-18-815 Forskrift om stabilitet, vanntett oppdeling og vanntette/ værtette lukningsmidler på flyttbare innretninger
- /17/ FOR-2023-12-18-2278 Forskrift om maritime elektriske anlegg



VEDLEGG A

HAZID loggark

NODE	System Name	Process
1	Emergency system	Design, operation & maintenance

#	ACTION ITEMS	REF. NO.
1	It is recommended that Havtil generate and publish a clear interpretation of what is meant by a simple, robust and safe system to encourage standardisation in how this is achieved by the operators.	1.01,01 1.01,03 1.04,04
2	It is recommended that an interpretation is generated and published to clearly identify which standards are relevant to which asset types, and what the hierarchy of governance is with regards to that asset such that any conflicting clauses are easily resolved.	1.01,02 1.02,02 1.02,03 1.04,04
3	Define what is meant by the "least possible amount of disconnection functions", and specify what those functions are, to avoid misinterpretation of the intention of the regulations. (Ref. Innretningsforskriften §38. <i>"Nødkraftsystemet skal ha færrest mulig automatiske utkoplingsfunksjoner for å sikre kontinuerlig drift."</i>)	1.01,04
4	Generate a description of the required process for management of personnel safety in emergency electrical systems giving specific details on which standards shall be considered, and what documentation should be available.	1.01,04
5	Where conflicting clauses are identified in the relevant standards, consider discussions with the standard working group to understand the reason for the conflict, and plan for alignment, or clear interpretation.	1.02,02
6	IEC 61892-2, Section 4, refers to the "appropriate authority" who shall govern the set of requirements to the emergency electrical power system. The term appropriate authority may be misleading since HAVTIL are the regulatory authority, but the operator is responsible for the system itself. It is therefore recommended that the definition is evaluated with regards to innretningsforskriften §38 to clarify this term. Note that: IEC 61892-1, Section 3.7 - appropriate authority, governmental body and/or classification society with whose rules a unit is required to comply.	1.02,01 1.03,01 1.03,02
7	Consider how the emergency power system arrangements on the NCR could be standardised by aligning company requirements with relevant NORSOK standards as per the original intention of the NORSOK standards.	1.03,03 1.03,04 1.04,02 1.04,03 1.04,05
8	Evaluate the frequency of inspections / audits of design and operations by the regulatory body, to determine if there is potential to increase the consistency of design and operations in alignment with the intention of the applicable requirements, in general.	1.04,01 1.04,02 1.04,03 1.04,05
9	Consider the differences between the installed emergency system designs on different assets, and the value proposition of increased supervision either by the regulatory authority or third parties as described in Action 8, in increasing the design and operation standardisation for such critical systems.	1.04,01 1.04,05
10	Consider if the standard definitions of the "emergency source of electrical power", and "emergency power supply system", are clear. Determine if there is a need to clarify what equipment and functions are to be incorporated in each, and define where these should be physically located and interconnected with each. There is uncertainty in the requirements, and this may prevent misunderstandings in the required arrangement of the emergency system, and minimise the risk of damage.	1.05,01 1.05,02 1.05,05
11	There is a clear requirement for a transitional electrical source as part of the emergency system, to maintain critical consumers during the transition from main to emergency power supply. As an example, there is a requirement for the main emergency lighting switchboard to be within the same room as the main emergency switchboard (ref. IEC 61892-2 Section 4.4.2; <i>"Emergency main distribution board for lighting and small power should be located in the emergency switchboard room."</i>). It is assumed that emergency / escape lighting will be supplied by the transitional source of power, therefore there is an interface between the transitional source, and the emergency switchboard room. There is however no clear guidance on where a UPS suite should be located, if a UPS is used as a transitional source of power, if redundancy is required, how such redundancy should be designed in to the system if required, or how the UPS suite should be interconnected with the emergency switchboard, should this be necessary.	1.05,03 1.05,04
12	Generator cooling systems may introduce additional complexity in the emergency system operation and maintenance, with the effect of reducing availability and robustness. A significant factor in this is generator dimension, which is driven by the electrical load demand. Larger generators, typically from operator experience in the order of over 1,5MVA may require water cooling. Limiting the electrical load, may emit the need for supplied water cooling, reducing the risks associated with this. Alternatively, risk management and mitigating measures are required to ensure that the water cooling system and auxiliary equipment maintain a simple and robust system. This includes all life cycle elements from design to maintenance and spare parts, but also auxiliary systems such as trace heating to avoid supply water freezing, and the electrical source required to provide that heating.	1.05,06 1.05,07 1.08,01 1.10,01 1.10,04 1.10,05

#	ACTION ITEMS	REF. NO.
13	The requirements to arc-flash calculations and risk mitigating actions stem from innretningsforskriften §47 and are specified within NEK IEC 61892-2:2019 section 10, System study and calculations NORSOK E-001:2016, Electrical systems, section 5.6.3 Arc flash protection study. To comply with this, reference is made to IEEE 1584 or the corresponding NFPA 70E. The appropriate authority (ref. Action 6.) should verify that the required risk assessment process and arc flash assessment are undertaken, and give due diligence as to how the emergency electrical system, in its different operational modes should be designed to mitigate the risks identified, and limit where possible, the incident energy within each operating mode of the emergency electrical system to within the required 8 cal/cm². Where it is not possible to limit the incident energy by design, risk mitigation methods, such as physical barriers, arc-flash detection systems, and personal protective equipment should be considered relevant both to protect the infrastructure, and personnel. It should however be ensured that risk is not designed into the distribution system by introducing complex automated disconnection systems in an unadvantageous way. For example; If there is only a high incident energy level calculated on the emergency switchboard while supplied from the emergency generator, then there may be a risk to personnel or infrastructure which requires automatic disconnection (considering also testing modes). If no personnel shall access the emergency switchboard internal components while the emergency generator is running, consider if there is a need to automatically disconnect the switchboard supply further to arc flash, or if there may be an alternative to provide an alarm for remote intervention with the risk of infrastructure damage (as indicated by the regulations, by specifying the fewest possible disconnection functions). If arc-flash detection systems are unavoidable, consider for example if the system may be monitored in sections to generate a form for fault location detection in the system, or if robustness could be gained by complementing the arc-flash detection system with overcurrent or other detection functions. Such methods should be considered with respect to the risks identified to maintain the intentions of a simple and robust emergency power system as required by Havtil innretningsforskriften §38.	1.06,01 1.06,02 1.06,03 1.06,14 1.06,15 1.06,16 1.06,20 1.07,03
14	Consider if the requirements for type approval of offshore switchboards, specifically for emergency use, are sufficiently adapted and tailored to account for personnel safety and equipment damage with respect to the risks of arc-flash. For example, are the form factors of the switchboards sufficiently specified to limit the exposure of personnel to a potential arc flash, or reduce the likelihood of a dropped object causing an arc-flash. Consider also if the type approval process for the switchboard and its contents suitably addresses the regulatory requirement for simple robust operation.	1.06,04 1.06,12 1.08,04 1.08,05
15	Consider how design and operations may limit the likelihood of a dropped object creating an arc-flash event in a distribution system. For example, by limiting access to live parts (form factor) or, limiting the use of certain types of tools, or how and when tools are actually used.	1.06,05
16	Ensure that the risk management session for arc-flash management is attended by the correct resources with relevant knowledge and experience of system operation, such that all potential risks are identified and assessed in a logical and standard method, and that the correct mitigation methods are applied.	1.06,06 1.06,07 1.06,08 1.06,09
17	Where older installations are analysed for the risk of arc flash, and it is determined that modifications are required to mitigate risk, those modifications may not be possible to implement in accordance with the latest standards, due to the original architecture. In such situations, risk assessment should be conducted to determine the most applicable and suitable options of risk mitigation for that architecture. It may be necessary to evaluate the potential of applying a combination of solutions which may achieve an equivalent result to the requirement.	1.06,13 1.08,06 1.08,07

#	ACTION ITEMS	REF. NO.
18	There is some uncertainty in governing requirements for emergency consumers, identified to be interpreted by different practices resulting in different solutions. The combination of: - required consumer lists, - risk based consumer requirements, - required load autonomy, - utilization factors, - requirements for simultaneous operation, - required load factors, This defines the emergency generator and distribution system dimension, and effects the incident energy related to arc-flash. When the consumer details are not sufficiently clear, this may have a direct effect on incident energy levels, system complexity, and resultant availability of the emergency power system. In order to mitigate this risk, it is essential to correctly define the emergency consumers, their full load, duty and utilisation requirement. By understanding the operational requirements of the equipment and the intention of the governance, this should be possible through a risk management process. If the intention is to standardise between operators, a method of increased focus on industry compliance verification by the appropriate authority, is a potential solution. It is recommended that the appropriate authority provides a more detailed and concise definition of emergency consumer, essential consumer, and main consumer, with defined interfaces between each definition. If the fundamental principals for functional requirements and architectural arrangement are clearly interpreted, if there should be less opportunity for uncertainty. Specifying which emergency consumers shall be supplied from the emergency switchboard, and the transitional supply switchboard with a clear guideline for how to assess the total electrical power and energy requirement of the system can assist in further reducing the uncertainty. Defining the operational and architectural interfaces between the emergency power system components can illustrate single potential single points of failure, which can then be addressed early in the design process. Undertaking compliance verification at an early stage, for example FEED, may assist in standardising the fundamental principals of the solutions between operators.	1.06,17 1.06,18 1.09,01 1.09,02 1.09,05 1.09,07 1.10,06 1.10,07
19	It may not be possible to comprehensively undertake routine testing maintenance of the emergency power system, or its auxiliary systems, due to the arrangement of connection, and functional requirement to its consumers. This issue may be enhanced where non-emergency consumers are connected to the emergency system. If it is not possible to disconnect, or shut down certain consumers for testing purposes, this indicated a need for early assessment of the appropriate test schedule, test procedure, and associated operational and architectural design of the system. Additionally, there may be risk involved in undertaking testing since there is a risk of loss of producing during the transition, in the testing phase. To mitigate the risk of not being able to fully complete testing procedures during the operational phase of a system, it is advisable to conduct a HAZOP, or Operations on Paper exercise at a early system development stage. This will allow an experienced group to walk through the test operational procedures task, by task, and evaluate if the tasks are correctly specified, and is the level of redundancy, electrical supply requirement, and the operational requirements of the consumers are correctly managed.	1.07,01 1.07,02 1.07,04 1.07,05
20	It is acceptable by reference to relevant electrical standards, to connect non-emergency consumers to the emergency switchboard for a "short period". This is interpreted to be relevant to black out recovery of the asset further to loss of the main electrical system, and depletion of related auxiliary stored energy. This short period is however not defined in time, or restrictive in the type of load which should be supplied. This load may have an effect on the dimension of the emergency electrical source, and the incident energy which may be observed during a failure event. It is suggested that an interpretation is generated and verified to justify connection of non-emergency consumers to the emergency distribution system to assist in limiting the electrical load on the emergency electrical source.	1.09,02
21	Non-standard equipment required to compile a case-by-case system design introduces complexity, and unknown failure modes into the systems design and operation. This is for example relevant to the emergency generator set, which is known from experience to be a non-standard component.- i.e. it is not possible to buy an off the shelf emergency generator set. This is particularly important for the generators auxiliary systems, such as cooling and moving parts which may introduce failure modes and reduce the availability of the emergency system. The drivers for non-standard products should therefore be identified, and effort made to reduce the requirement of such complex, case-by-case components.	1.08,01 1.10,01 1.10,05
22	UPS installations for emergency transitional sources are designed and operated on a case by case basis. Consider generating a clear interpretation of the requirements for how emergency UPS suites for transitional emergency electrical power shall be located, and arranged with regards to redundancy if incorporated. Consider also any necessary interfaces with the emergency switchboard room, required cabling and cable routes.	1.08,02
23	Consider generating a clear list of requirements for performance and status monitoring of the emergency electrical power system, identifying where the information should be presented, and how it should be reacted to.	1.09,06 1.10,03
24	Specify a definition of habitable conditions (air quality and heating) and area requirement (space) where emergency habitability is required. Ref. NORSOK S-001, Section 19.4.4 for HVAC supplies.	1.09,03
25	Evaluate exactly what drilling equipment should be supplied from the emergency source of power.	1.09,04

ID	HAZARD	CAUSE	Consequence Likelihood	Criticality	COMMENTS	ACTION ITEMS
1.01,00	<i>How are regulations related to asset type - applicability</i>					
1.01,01	Interpretation	The intention of the regulations is to produce a simple robust and safe system, but the interpretation of those intentions is vague, and may differ between operators.				1
1.01,02	Dissimilar solutions	Regulations are unclear on which standards should be followed for specific asset and equipment types.				2
1.01,03		Generic functional requirements				1
1.01,04	Contradiction	Personnel safety requirements can contradict with simple system and robustness requirements. (Innretningsforskriften §38 the least possible number of automated disconnection functions vs. §47 which requires actions to manage personnel safety.)				3, 4
1.02,00	<i>How are standards related to asset type - applicability</i>					
1.02,01	Interpretation / practice	Appropriate authority - engineering preference is open for interpretation by the authority. i.e. The operators interpret the requirements in different ways.			Since the operator is responsible to ensure design and development in accordance with the relevant regulations and standards, this is a residual risk.	6
1.02,02		Conflicting requirement - as an example, number of starts for a generator			Number of starting attempts is conflicting between IEC and Norsok. System arrangement requirements between standards.	2, 5
1.02,03	Wrong standard applied	Wrong requirements				2
1.03,00	<i>Operator requirements and preferences - standard system</i>					
1.03,01	Interpretation / practice	Appropriate authority - need to produce the best fit system for the asset			Since the operator is responsible to ensure design and development in accordance with the relevant regulations and standards, this is a residual risk.	6
1.03,02		Appropriate authority - additional requirements.			Not all operators have or see the need for additional requirements.	6
1.03,03		Conflict between company requirements, and with Norsok. For example Norsok E-001 which is not referenced by Havtil.			NORSOK-standarder er så langt det er mulig ment å erstatte oljeselskapets spesifikasjoner og fungerer som referanser i myndighetenes regelverk.	7
1.03,04		Experiences - driving additional requirements			Not all operators have the same experience, or share their experience. Suppliers often wont share failure data.	7
1.04,00	<i>How is compliance assured - standard system</i>					
1.04,01	Inconsistency	Interpretation between organisations			Experience from the operators is that all emergency power systems are designed on a case by case basis, based upon varying interpretations of the appropriate authority or operator. It was indicated that there is no norm, but it was not necessarily observed to be a concern.	8, 9
1.04,02		Different experiences, and experience exchange				7, 8
1.04,03		Different requirements between operator organisations and appropriate authority.			Clarity of Regulations, different standards, company requirements.	7, 8
1.04,04	Deviations	Wrong requirement set			Examples have been reviewed of electrical personnel safety issues due to the wrong requirements set being used.	1, 2
1.04,05		Wrong interpretation of requirements				7, 8, 9
1.04,06	Human error	Incorrect / unclear operational procedures				
1.04,07		Incorrect standard, or procedure, or document revision followed				
1.05,00	<i>System physical arrangement - standard arrangements</i>					
1.05,01	Ambiguity	The definition of a self contained emergency system is incorrectly interpreted by the operator, or designer. Particularly with regards to the transitional source (UPS suite) and its interconnection with the emergency switchboard.			It was observed that there are different solutions for equipment arrangement, covering various floors and locations within the assets, which are best suited to the type of source and corresponding consumers.	10
1.05,02		Room / location - equipment and functional content requirement is unclear				10
1.05,03	Redundancy	UPS system interconnections for redundancy			During operator discussions there were various locations, and philosophies described for locations of UPS equipment, redundancy within UPS suites and supplies, and cable routing. Ref: IEC61892-2, Section 5.2.5 "Redundancy requirements shall be identified by the project"	11
1.05,04		UPS suite location with regards to cable routes				11
1.05,05	Barriers	Location with regards to fire , flooding, impacts.				10

ID	HAZARD	CAUSE	Consequence	Likelihood	Criticality	COMMENTS	ACTION ITEMS
1.05,06	Overheating	Complexity of generator cooling arrangements					12
1.05,07		Freezing of water cooling system piping					12
1.06,00	<i>Operational safety - Arc-flash, system operation</i>						
1.06,01	Arc-flash	Insufficient guidelines on how to manage arc-flash with respect to the correct mitigation measures for emergency power systems specifically. Considering that access to the emergency DB should not be relevant in an emergency scenario.				A description is needed to clarify how arc-flash risk should be managed, generally.	13
1.06,02		Unclear requirements to management of arc-flash with regard to the emergency system, and its operational modes.					13
1.06,03		Modes of operation, and different energy levels, not clearly identified or considered.					13
1.06,04		Touch potentials, and uninsulated conductors.				Are the type approvals correct with regards to modern requirements.	14
1.06,05	Human error	Dropped object, or other reasons for short circuit.				Experience noted from incident reports reviewed where arc flash has been a consequence indicates human error as a common failure mode.	15
1.06,06		Risks not identified. The risk assessment is conducted by the wrong people.					16
1.06,07		Risk wrongly assessed. The risk assessment is conducted by the wrong people.					16
1.06,08		Wrong method of risk management considered.					16
1.06,09		Wrong PPE specified or used.					16
1.06,10		Deviations from requirements.					
1.06,11		Negligence.				Residual risk.	
1.06,12	Equipment	Specification or type approval of switchboards is not aligned with arc-flash risks.					14
1.06,13	Implementation	Challenges associated with retrofit of aging assets with regards to arc-flash.				It is a challenge to retrofit older system installations with the intention of meeting the latest standards. This requires risk management processes. This is however the case for all installations.	17
1.06,14	Conflicting requirements	Added complexity from incorporation of additional protection functions.				As an example, losing discrimination since arc flash detection systems are incorporated as trip functions on the main switchboard breaker.	13
1.06,15	Nuisance tripping	Loss of the emergency switchboard due to nuisance trip initiated by arc-flash detection systems.				Experience of operators may indicate value in operating with arc-flash detection with overcurrent detection in series.	13
1.06,16		No discrimination in the emergency distribution system with an arc-flash detection system.					13
1.06,17	High incident energy	High electrical load rated emergency generator - wrongly calculated load, too high spare capacity factor.				Consider verification at an early stage to promote industry standard solutions.	18
1.06,18		High electrical load rated emergency switchboard - too many consumers, wrongly calculated inrush, wrongly calculated simultaneous operation and utilisation factors.				Being stringent in specifying the correct consumers and their consumption is key.	18
1.06,19	Wrongly calculated incident energy	Use of the wrong methods, incorrect standards or procedures, or document revisions.					
1.06,20	No discrimination	Discrimination cannot be proven in the system, is wrongly designed, or wrongly set.					13
1.07,00	<i>System testing - execution and availability</i>						
1.07,01	Incomprehensive testing	Ongoing operations - production cannot be interrupted.				Generic test regimes and requirements.	19
1.07,02		Consumers cannot be disconnected.					19
1.07,03		Arrangement of supply - essential or main consumers are fed from the emergency system					13
1.07,04		Redundancy of consumers					19
1.07,05		Redundancy of consumer supply					19
1.08,00	<i>Equipment, novel technologies, and complexity</i>						
1.08,01	Non-standard generator	Uncertainty introduced by case-by-case system design, bespoke generators, and their cooling arrangement. Especially related to complex water cooling systems.					12, 21
1.08,02	UPS suite configuration	Unclear requirements for UPS location and system configuration, and environmental conditioning.				Noted that UPS suites have no set installation location, or architecture within emergency electrical power systems.	22
1.08,03		UPS suite output circuits do not discriminate.					
1.08,04	Wrong switchboard design and high complexity	Type approved switchboards may not be suited to the intended application with regards to personnel safety and technical complexity.					14
1.08,05	Electrical protection complexity	Use of complex functions in new protection devices/technologies introducing complexity.				Note that the regulations require that the emergency systems shall be simple. Adding new technologies increases complexity and the need for competence building.	14
1.08,06	Incorrect retrofit of older systems	Guidelines for analysis and introduction of retrofit of older systems with modern equipment for protection and safety.					17
1.08,07		Type approval of older switchboards related to retrofit.					17

ID	HAZARD	CAUSE	Consequence	Likelihood	Criticality	COMMENTS	ACTION ITEMS
1.08,08	Competency	Relevant competence in design , operation and maintenance of complex equipment and digital systems					
1.09,00	<i>Right sizing of the emergency system</i>						
1.09,01	Over dimensioning	Consumer list is incorrect - non-emergency consumers are connected to the emergency switchboard					18
1.09,02		Interpretation of "short period" with respect to connection of non-emergency consumers on the emergency switchboard.					18, 20
1.09,03		Interpretation of "habital conditions" from IEC 61892-2, Annex B for essential services with regards to HVAC system consumers specified in NORSOK S-001, Section 19.4.4				Consider if space heating is needed during an emergency scenario, for habitability. NORSOK S-001 requires HVAC, but IEC 61892 considers this to be essential and not emergency.	24
1.09,04		Consumer list incorporates large machines for drilling systems. Unclear requirements to what exactly is to be supplied.				NORSOK S-001 specifies that drilling and well related equipment for securing the well as per NORSOK D-001.	25
1.09,05	Ambiguity	Unclear definition of which non-emergency consumers may be supplied from the emergency switchboard, and what the definition of a short period is.				Action: Propose a method for defining what non-emergency consumers may be supplied from the emergency switchboard, and what a short period of connection refers to.	18
1.09,06	Unknown load	Unknown or unmonitored performance and status of the system and its components.					23
1.09,07		The emergency generator is used to supply consumers which it shall not supply.					18
1.10,00	<i>System challenges - common mode failures, leakages, blockages, etc.</i>						
1.10,01	mechanical failure	Inclusion of mechanical equipment, for example pumps, motors fans, or valves which are a single point of failure. For example in the cooling or air supply system to the generator.				Consider potential to, identify and remove such equipment from the emergency power system.	12, 21
1.10,02	generator doesn't start	Wrong standard design, or incorrect maintenance routines.					
1.10,03	generator cannot be stopped	Remote shutdown or fuel disconnection is not possible.				Consider potential scenarios for remote shut-off of fuel supplies to the emergency generator.	23
1.10,04	blockages	Exhaust, supply air, or cooling system for example				Design out the need for water cooled systems.	12
1.10,05	corrosion	Generator cooling system piping				Design out the need for water cooled systems.	12, 21
1.10,06	overload	Too high load - Poor design					18
1.10,07		Too high inrush - Poor design					18



Om DNV

DNV er den uavhengige eksperten på risikostyring og forsikring, og opererer i mer enn 100 land. Gjennom sin brede erfaring og dype ekspertise fremmer DNV sikkerhet og bærekraftig ytelse, setter bransjestandarder og inspirerer og finner opp løsninger.

Enten de vurderer et nytt skipsdesign, optimaliserer ytelsen til en vindpark, analyserer sensordata fra en gassrørledning eller sertifiserer et matselskaps forsyningskjede, gjør DNV det mulig for sine kunder og deres interessenter å ta kritiske beslutninger med tillit.

Drevet av sitt formål, å beskytte liv, eiendom og miljø, hjelper DNV med å takle utfordringene og globale transformasjonene som kundene og verden står overfor i dag, og er en pålitelig stemme for mange av verdens mest suksessrike og fremtidsrettede selskaper.