

Kunde
Petroleumstilsynet

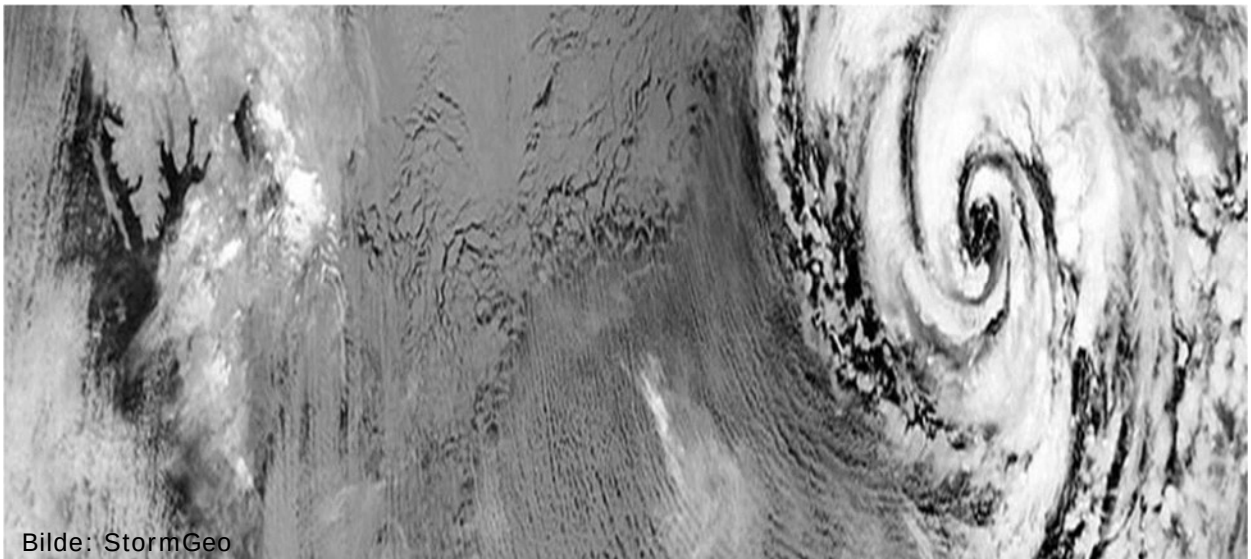
Dokument type
Rapport

Dato
21.12.2017

Ramboll ref.
NS-S-RA-000084

Rev. **05 (Endelig utgave-
gjenutgitt)**

HOVEDSTUDIE ST2 - EGNEDE BOREINNRETNINGER



Bilde: StormGeo

Revisjon: **05 (Endelig utgave-gjenutgitt)**

Dato: **21.12.2017**

Utarbeidet av **Farhad Pakshad,
Cathrine Henaug,
Terje Graneng,
Stein Jernæs,**

Sjekket av **Dag Arvid Nilsen, Farhad Pakshad, Stein Jernæs**

Godkjent av **Farhad Pakshad**

Beskrivelse **HOVEDSTUDIE, ST2 EGNEDE BOREINNRETNINGER** Ramboll

ref. **NS-S-RA-000084**

Revisjonshistorie:

21.12.2016	rev.01 (2016 utkast – sendt til Ptil for kommentar)
13.01.2017	rev.02 (Ptils kommentarer implementert)
28.08.2017	rev.03 (2017 utkast – sendt til Ptil for kommentar)
22.11.2017	rev.04 (2017– endelig utgave)



Rmboll Oil & Gas
Hoffsveien 4
Postboks 427
Skøyen
N-0213 Oslo
Norway
T +47 3351 1511 F +47
3351 1401
www.ramboll-oilgas.com

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. FORKORTELSER / DEFINISJONER	11
1.1 Forkortelser.....	11
1.2 Definisjoner og forutsetninger	12
2. INNLEDNING	14
2.1 Bakgrunn.....	14
2.2 Formål og omfang.....	15
2.3 Samarbeid med Petroleurstilsynet.....	16
2.4 Studiens fremgangsmåte	17
2.5 Eksempler på typiske problemstillinger for operasjon av boreinnretninger i Barentshavet sørøst 17	
3. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	19
3.1 Konklusjoner	19
3.2 Naturforhold i Barentshavet sørøst	19
3.3 Klassifiseringkrav for arktisk operasjon	21
3.4 Vinteriseringsmetoder	22
3.5 Boreutstyr/operasjoner	23
3.6 Sikkerhetskritiske funksjoner / systemer	26
3.7 Beredskapsfunksjoner / systemer	28
3.8 Hjelpesystemer.....	29
3.9 Risiko og pålitelighetsanalyser	30
3.10 Barrierestyring	32
3.11 Logistikk og vedlikehold	33
3.12 Materialvalg.....	35
3.13 Boreinnretninger krav / dimensjoner.....	35
3.14 Forslag til videre arbeid	36
4. NASJONALE OG INTERNASJONALE REGELVERK, STANDARDER OG RETNINGSLINJER	38
4.1 Innledning.....	38
4.2 Regelverk	39
4.2.1 Nasjonalt regelverk.....	39
4.2.2 Internasjonalt regelverk	39
4.3 Standarder	39
4.3.1 International Organization for Standardization (ISO).....	39
4.3.2 American Petroleum Institute (API)	40
4.4 Retningslinjer.....	40

4.4.1 Det Norske Veritas (DNV GL)	40
4.4.2 American Bureau of Shipping (ABS)	40
4.4.3 Lloyd's Register	40
4.4.4 Bureau Veritas	40
4.4.5 The Oil Companies International Marine Forum (OCIMF).....	40
4.4.6 International Maritime Organization (IMO)	41
5. NATURFORHOLD BARENSTHAVET SØRØST	42
5.1 Innledning.....	42
5.1.1 Klimaendringer	42
5.1.2 Data	43
5.2 Sommeroperasjon	44
5.2.1 Temperatur.....	44
5.2.2 Vindhastighet.....	46
5.2.3 Is / isfjell.....	46
5.2.4 Tåke- sikt	51
5.2.5 Snø og nedbør	51
5.2.6 Bølger.....	52
5.2.7 Polare lavtrykk og tråg	52
5.3 Helårs- / vinteroperasjon	52
5.3.1 Temperatur.....	53
5.3.2 Vindhastighet og retning.....	53
5.3.3 Tåke	54
5.3.4 Sjøis.....	54
5.3.4.1 Isutbredelse	54
5.3.4.2 Drivis /isflak	55
5.3.4.3 Endringer i arktisk sjøisutbredelse i september måneden over tid	57
5.3.5 Snø og nedbør	58
5.3.6 Bølger.....	58
5.3.7 Polare lavtrykk og tråg	58
5.3.8 Lys/ lysforhold	60
5.3.9 Atmosfærisk ising og sjøsprøyt	60
5.4 Naturlaster	60
6. KLASSIFISERINGSKRAV	62
6.1 Innledning.....	62
6.2 Iskasser	62
6.3 Miljøklasser	63
6.4 Klassenotasjoner	63
6.5 Klassifiseringskrav sommeroperasjon.....	64
6.6 Klassifiseringskrav helårsoperasjon.....	65
7. VINTERISERINGSMETODER.....	66
7.1 Innledning.....	66

7.2	Metoder	67
7.2.1	Strukturell design for å redusere omfanget av nedising / isopphoping	67
7.2.2	Overflateoppvarming vha. varmekabler.....	68
7.2.4	Isolering på rør og utstyr	72
7.2.5	Fall i rørsystemet / eliminering av dødlegger.....	73
7.2.6	Oppsamling og drenering (tett rigg)	73
7.2.7	Agitasjon / sirkulasjon / resirkulasjon	74
7.2.8	Innelukking av utstyr med internt varmeelement	74
7.2.9	Innelukking og oppvarming av arbeidsplasser	74
7.2.10	kjemiske avisingsmidler	75
7.2.11	Overflatebelegg med høy hydrofobisitet / isfobisitet egenskaper	78
7.2.12	Dampsystem for avising.....	80
7.2.13	Infrarød teknologi	81
7.2.14	Punktvarme og skrapesystem	82
7.2.15	Manuell fjerning av is og snø	83
8.	BOREUTSTYR OG OPERASJONER	84
8.1	Innledning.....	84
8.2	Sommeroperasjon	84
	Temperatur og klima.....	84
8.2.1	Rørhåndtering	84
8.2.1.1	Vertikal rørhåndtering.....	84
8.2.1.2	Horisontal rørhåndtering	87
8.2.2	Bore prosess systemer	89
8.2.2.1	Bore hoved prosess.....	89
8.2.2.2	Bore prosess hjelpesystemer	94
8.2.3	BOP / ventiltre (X-mas-tree) / Borestigerør / Diverter	96
	Capping stack / Domer.....	99
8.2.4	Kjellerdekk utstyr og systemer	102
8.2.5	Bore relatert / bore tredjeparts utstyr og system.....	102
8.2.6	Brønntestesystem og utstyr	104
8.2.7	Materialhåndtering og utstyr	105
8.2.7.1	Søylekran / kraner	105
8.2.7.2	Materialhånderingsutstyr.....	105
8.2.7.3	Lasteområder (åpent), dekksluker	105
8.2.7.4	Lager og verksteder	106
8.2.8	Boreinstrumentering	106

8.2.9 Elektrisk / motorer/ kabler / lysarmaturer i boreområdet	106
8.2.10 Generelle operasjonelle vurderinger	106
8.2.11 Beskyttelse av område / innbygging (operasjonsområder /arbeidsplasser)	107
8.2.11.1 Boredekk og boretårn	108
8.2.11.2 Rørdekk	109
8.2.11.3 Område for bore hovedprosess	109
8.2.11.4 Område for bore hjelpesystemer	109
8.2.11.5 BOP-/ Stigerørsområde	109
8.2.11.6 Kjellerdekk område	110
8.2.11.7 Oppsummering	110
8.2.12 Kraft behov boreutstyr og vinterisering av boreområder	112
8.3 Helårsoperasjon	112
8.3.1 Rørhåndtering	113
8.3.1.1 Vertikal rørhåndtering	113
8.3.1.2 Horisontal rørhåndtering	115
8.3.2 Bore prosess systemer	116
8.3.2.1 Bore hoved prosess	116
8.3.2.2 Bore prosess hjelpesystemer	118
8.3.3 BOP / ventiltre (X-mas-tree) / Borestigerør / Diverter	121
8.3.4 Kjellerdekk utstyr og systemer	124
8.3.5 Bore relatert / bore tredjeparts utstyr og system	124
8.3.6 Brønntestesystem og utstyr	127
8.3.7 Materialhåndtering og utstyr	128
8.3.7.1 Søylekran / kraner	128
8.3.7.2 Materialhåndteringsutstyr (wincher/ taljer/ trucker/ transportbord)	129
8.3.7.3 Lasteområder (åpent), dekksluker	129
8.3.7.4 Lager og verksteder	129
8.3.8 Boreinstrumentering	129
8.3.9 Elektrisk / motorer/ kabler / lysarmaturer i boreområdet	129
8.3.10 Generelle operasjonelle vurderinger	130
8.3.11 Område beskyttelse / innbygging (operasjonsområder og arbeidsplasser)	130
8.3.11.1 Boredekk og boretårn	131
8.3.11.2 Rørdekk	133
8.3.11.3 Område for bore hovedprosess	133
8.3.11.4 Område for bore hjelpesystemer	133
8.3.11.5 BOP-/ Stigerørsområde	134
8.3.11.6 Kjellerdekk område	134
8.3.11.7 Oppsummering	135
8.3.12 Kraft behov boreutstyr og områder	139
9. SIKKERHETSKRITISKE FUNKSJONER OG SYSTEMER	141
9.1 Innledning	141

9.1.1 Sikkerhetsfunksjoner ifølge Innretningsforskriften	141
9.1.2 Sjøfartsdirektoratets krav ifm. operasjon i områder med temperaturer vesentlig lavere enn 0 °C.....	142
9.1.3 Typiske væreksponte sikkerhetssystemer og funksjoner på en borerigg	143
9.2 Sommeroperasjon	144
9.2.1 Virkningen av kulde på sikkerhetssystemer.....	144
9.2.2 Virkningen av snø- isoppopping / nedising på sikkerhetssystemer	146
9.3 Helårsoperasjon	147
9.4 Sikkerhetssystemer / -funksjoner med behov for vinterisering	147
9.4.1 Hovedbærende struktur	147
9.4.2 Utendørs navigasjon og kommunikasjonsutstyr	148
9.4.3 Brann og Gass deteksjon	149
9.4.3.1 Gass deteksjon	149
9.4.3.2 Branndeteksjon	150
9.4.4 Nødavstenging	151
9.4.5 Hoved og nødkraft	151
9.4.5.1 Generelt	151
9.4.5.2 Blokkering av luftinntak (for forbrenning og ventilasjon)	152
9.4.5.3 Lav temperatur effekt på diesel.....	152
9.4.5.4 Større lagringsplass for diesel	153
9.4.5.5 Kjølesystemer for dieselmotorer	153
9.4.5.6 Definisjon av nødkraft forbrukere	153
9.4.5.7 Nødløs.....	154
9.4.5.8 Større UPS batteribank	154
9.4.5.9 Utendørs kabler	154
9.4.6 HVAC	155
9.4.7 Passiv brannbeskyttelse.....	156
9.4.7.1 Virkning av lav temperatur på epoksy basert PBB	156
9.4.7.2 Bruk av termisk belegg over PBB.....	157
9.4.8 Aktiv brannbekjempelse	157
9.4.8.1 Vinteriseringstiltak	159
9.4.8.2 Skum egnet til lav temperatur.....	160
9.4.8.3 Helidekk brannslukningssystem	161
9.4.8.4 Frysing av brannvann i kulde etter utendørsanvendelse	161
9.4.9 Eksplosjons avlastningspaneler og trykkavlastningsventiler.....	162
9.4.9.1 Eksplosjons avlastningspaneler	162
9.4.9.2 Trykk avlastningsventiler.....	163

9.4.10 Drenering	163
10. BEREDSKAPSSYSTEMER	164
10.1 Innledning	164
10.2 Sommeroperasjon	165
10.2.1 Generelle betraktninger	166
10.2.2 Velegnetheten til evakueringsmidler under påvirkning av forskjellige miljøfaktorer i arktisk	166
10.2.3 Virkningen av Barentshavets miljø- / geografiske forhold på beredskapssystemer	168
10.3 Helårsoperasjon	170
10.4 Beredskapssystemer / -funksjoner med behov for vinterisering	170
10.4.1 Rømningsveier	170
10.4.2 Helikopter	170
10.4.3 Helidekk	171
10.4.4 Livbåter	173
10.4.4.1 Lårelivbåter	173
10.4.4.2 Fritt fall livbåter	174
10.4.4.3 MOB båter	176
10.4.5 Redningsstrømper og tilhørende redningsflåter	177
10.4.6 Andre relevante problemstillinger	178
11. HJELPESYSTEMER	179
11.1 Innledning	179
11.2 Sommeroperasjon	179
11.2.1 Hydraulikk	179
11.2.1.1 Spillkontroll	179
11.2.1.2 Kondensering av hydraulikkolje	179
11.2.1.3 Lav temperatur	179
11.2.2 Pneumatikk	180
11.2.2.1 Lav temperatur / duggpunkt	180
11.2.2.2 Luftinntak og sikkerhetsventiler	181
11.3 Helårsoperasjon	182
11.3.1 Hydraulikk	182
11.3.2 Pnematikk	182
12. RISIKO OG PÅLITLIGHETSANALYSER	183
12.1 Innledning	183
12.2 Risiko- og sikkerhetsintegritetsanalyser	184
12.2.1 Definisjonen på risiko	184
12.2.2 Akseptkriterier for risiko	185
12.2.3 Risikobildet i Barentshavet sørøst	185
12.2.4 Usikkerhet forårsaket av kunnskapsmangel ifm. miljølaste i Barentshavet sørøst	186
12.2.5 Usikkerhet knyttet til overlevelse	187
12.2.6 Usikkerhet i integriteten til barrierer	187
12.2.7 Risikobasert vinterisering	191

12.3 Pålitelighetsanalyse.....	191
12.3.1 Viktige pålitelighets begreper	192
12.3.2 Driftssikkerhet / Tilgjengelighet.....	192
12.3.3 Elektrisk kraftgenerasjon og tilførsel til vinteriseringstiltak	194
12.3.4 Elektrisk krafttilførsel til varmekabler / varmeelementer	195
12.3.5 Tiltak for å sikre driftssikkerheten til vinteriseringstiltak under drift	196
12.4 Sårbarhetsanalyse av sikkerhetskritiske systemer	197
12.4.1 Brannvannssystem	197
12.4.2 Nødkraftssystem	198
12.4.3 BOP	198
13. BARRIERESTYRING	199
13.1 Innledning	199
13.1.1 Store ulykker og arbeidsulykker	199
13.1.2 Storulykkes risikobilde i boreriggoperasjoner	200
13.1.3 Sikkerhetsbarrierer.....	201
13.1.3.1 <i>Barrierekrav omtalt i regelverket</i>	201
13.1.3.2 <i>Krav relatert til utforming av brønnbarrierer</i>	202
13.1.3.3 <i>Barrieredefinisjon</i>	202
13.1.4 Forsvar i dybden i kjernekraftverk industri.....	204
13.1.5 Tilbakeblikk på noen av store boreinnretnings ulykker	204
13.1.5.1 <i>Ocean Ranger kantring – Newfoundland / Canada (1982)</i>	204
13.1.5.2 <i>West Atlas / Montara utblåsning – Timorhavet / Australia (2009)</i>	205
13.1.5.3 <i>Deepwater Horizon utblåsning – Mexico gulfen/ USA</i>	206
13.2 Barrierestyling	207
13.3 Sløyfediagram (Bow-tie diagram)	209
13.4 Anleggsintegritet og bruk av KPI begrepet i styring av barrierer / vinteriseringstiltak	211
13.5 Tekniske barrierer	212
13.5.1 Brønnbarrierer	213
13.5.2 Boreinnretningenes aktive og passive barrierer	214
13.5.3 Effekten av miljøforholdene på pålitelighet og vedlikehold	216
13.5.4 Miljø stressfaktorer- kilde til felles feil	217
13.6 Effekt av miljø- / geografiske forhold på tekniske barrierer	217
13.6.1 Vurderinger av sjøsprøyt og atmosfærisk is i Beaufort og Chukchi hav på offshore innretninger.....	217
13.6.2 Vurdering av miljø- / geografiske forhold i Barentshavet sørøst på tekniske barrierer	219
13.7 Operasjonelle og organisatoriske barrierer	219
14. VEDLIKEHOLD OG LOGISTIKK	222

14.1 Innledning	222
14.2 Logistikk sommeroperasjon	223
14.2.1 Generelt	223
14.2.2 Rørlager	223
14.2.3 Borestigerørslager	223
14.2.4 Bore tørrstofflager / sekkelager	224
14.2.5 Vann / Diesel	224
14.2.6 Borkaks	225
14.2.7 Brukt borevæske	225
14.2.8 Andre system / områder	225
14.2.8.1 Helifuel	225
14.2.8.2 Drikkevann	226
14.2.8.3 Matlager	226
14.2.8.4 Avfall fra boligkvarter	226
14.2.8.5 Medisin	226
14.3 Logistikk helårsoperasjon (vinter)	227
14.3.1 Generelt	227
14.3.2 Rørlager	227
14.3.3 Borestigerørslager	227
14.3.4 Bore tørrstofflager / sekkelager	228
14.3.5 Borevann / Diesel	228
14.3.6 Borkaks	228
14.3.7 Brukt borevæske	228
14.3.8 Andre system / områder	229
14.4 Vedlikehold og delelager / verksteder	229
15. MATERIALVALG	230
16. BOREINNRETNINGER / KRAV / DIMENSJONER	231
16.2 Forankring / ankersystemer	232
16.2.1 Systemer og erfaring	232
16.2.2 Vurderinger for Barentshavet sørøst	233
16.3 Riggforflytning	234
16.3.1 Typiske element i en inntaksprosess til norsk sokkel	235
16.3.2 Generell riggforflytning på andre lands sokler	236
16.3.3 Forholdet mellom norsk og utenlandsk regelverk	236
16.3.4 Forenklet forflytning av innretninger / avlastningsenheter til Barentshavet sørøst	237
16.4 Drøfting av egnede innretninger	237
16.4.1 Bøye innretning	238
16.4.2 Semi med beskyttet stigerør	239
16.4.3 Fremtidige innretninger / løsninger	239
17. REFERANSER	240

1. FORKORTELSER / DEFINISJONER

1.1 Forkortelser

ABS	American Bureau of Shipping
AC	Alternate Current
AFFF	Aqueous Film Forming Foam
ALARP	As Low As Reasonably Practicable
API	American Petroleum Institute
ASID	Auxiliary Safety Isolation Device
ATEX	ATmosphères EXplosibles
AWKS	Alternative Well Kill System
BaSEC	Barents Sea Exploration Collaboration
bl.a.	blant annet, blant andre
BOP	Blowout Preventer
C&K	Choke & Kill
C&K	Choke and kill
CE	Collection Efficiency
CFD	Computational Fluid Dynamics
CFD	Computational Fluid Dynamics
CFPP	Cold Filter Plugging Point
DAL	Design Accidental Load
DBTT	Ductile-Brittle Transition Temperature
DNV GL	Det Norske Veritas
DP	Dynamisk Posisjonering
DST	Design Service Temperature
ELAT	Extreme Low Air Temperature»
ELT	Extreme Low Temperature
f.eks.	for eksempel
GRP	Glass Reinforced Plastic
H ₂ S	Hydrogen Sulfide
HMS	Helse, Miljø og Sikkerhet
HOCNF	Harmonised Offshore Chemical Notification Format
HP	High Pressure
HPU	Hydraulic Pump Unit
HVAC	Heating, Ventilation, Air Conditioning
IAEA	International Atomic Energy Agency
ift.	i forhold til
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IGA	International General Aviation
iht.	i henhold til
IMO	International Maritime organization
ISO	International Standardization Organization
jf.	Jamfør
KPI	Key Performance Indicators
KS	Kvalitetssikring
KUI	Korrosjon Under Isolasjon
LAST	Lowest Anticipated Service Temperature
LED	Light Emission Diodes
LMDT	Lowest Mean Daily Temperature»
LRS	Lloyds Register of Shipping
MAT	Minimum Anticipated Temperature
MCD	Mudline Closure Device
MDT	Minimum Design Temperatur
MGS	Mud Gas Separator

mht.	med hensyn til
MOB	Man Overboard Boat
MODU	Mobile Offshore Drilling Unit
MOU	Mobile Offshore Unit
MTBF	Mean time Between Failures
MTTR	Mean time Between Repairs
NAS	Nødavstengingssystem
NCS	Norwegian Continental Shelf
NMA	Norwegian Maritime Authority
NORSOK	Norsk sokkels konkurranseposisjon
NTNU	Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet
OBM	Oil Based Mud
OCIMF	Oil Companies International Marine Forum
OD	Oljedirektoratet
OREDA	Offshore and Onshore Reliability Data
osv.	og så videre
PBB	Passiv brannbeskyttelse
pga.	på grunn av
PSV	Pressure Safety Valve
Ptil	Petroleumstilsynet
ROV	Remote Operated Vehicle
RRM	Risk Reduction Measures, risikoreduserende tiltak
SIF	Safety Instrumented Functions (instrumenterte sikkerhetsfunksjoner)
SIG	Significant (SIG-kart er grafisk fremstilling av signifikante værforhold over et angitt område)
SIL	Safety Integrity Level (sikkerhetsintegritetsnivå)
SINTEF	Stiftelsen for industriell og teknisk forskning
TAF	Terminal Aerodrome Forecast
TEG	Triethylene Glycol
t_w	Vinteriserings temperatur
UPS	Uninterrupted Power Supply system (Avbruddsfristrømforsyningssystem)
UV	UltraViolet
WBM	Water Based Mud
WCI	Wind Chill Index
WCT	Wind Chill Temperature
WoW	Waiting on Weather
x-mas	Produksjonsventiltre

1.2 Definisjoner og forutsetninger

Sommer og vinteroperasjoner

Det er viktig å understreke at for operasjoner i vinter- /sommersesong er det Operatøren som må definere og dokumentere de lokasjonsspesifikke vinter- og sommerforhold.

Åpning av Barentshavet sørøst for petroleumsvirksomhet (Meld. St. 36 2012-2013)

- 1- Åpne Barentshavet sørøst for petroleumsvirksomhet.
- 2- I kystsonen nærmere enn 65 km fra grunnlinjen vil det ikke være tillatt med leteboring i oljeførende lag i perioden 1. mars – 31. august.
- 3- I områder nærmere enn 50 km fra iskanten vil det ikke være tillatt med leteboring i oljeførende lag i perioden 15. desember – 15. juni.
- 4- I tråd med punktene ovenfor gjelder følgende for Barentshavet sørøst i 23. konsesjonsrunde:
 - a. Når selskapene bes om å nominere areal inkluderes ikke arealet i et belte på 35 km fra grunnlinjen.
 - b. Ved utlysning gjelder følgende rammer:

I området mellom 35 km og 65 km fra grunnlinjen i åpningsområdet vil det ikke være tillatt med leteboring i oljeførende lag i perioden 1. mars – 31. august. I områder nærmere enn 50 km fra den faktiske/observerte iskanten vil det ikke være tillatt med leteboring i oljeførende lag i perioden 15. desember – 15. juni.» Dette legger ikke føringer på definisjonen av iskanten og polarfronten i neste forvaltningsplan.

2. INNLEDNING

Denne rapporten dokumenterer arbeidet utført av Ramboll og MHwirth i ST2 - «Egnede boreinnretninger» studien som er en av flere Petroleumstilsynets (Ptil) prosjekter ifm. utredning av risiko- og usikkerhetsfaktorer og innhenting av kunnskap relatert til petroleumsvirksomhet i nordområder med fokus på Barentshavet sørøst. Barskt klima, lang mørketid i vinterperiode, lav temperatur, lang avstand til land, snø, atmosfærisk ising, ising fra sjøsprøyt og polare lavtrykk er noen av de mange utfordringer som boreinnretninger vil oppleve i Barentshavet sørøst.

2.1 Bakgrunn

Åpning av Barentshavet sørøst er den første åpningen av et nytt område for petroleumsvirksomhet på 20 år. Dette området har nye og potensielt større utfordringer enn det myndigheter og bransjen tidligere har stått ovenfor i nyåpnede områder på sokkelen og i Barentshavet. (Ref. [1])

I kap. 7 av Meld.St. 36 (2012-2013), «Nye muligheter for Nord-Norge - åpning av Barentshavet sørøst for petroleumsvirksomhet» står det bl.a.:

"Konsekvensutredningen og flere høringsinstanser påpeker at disse naturgitte forholdene i Barentshavet sørøst er utfordrende. For å møte alle typer utfordringer uavhengig av naturgitte og operasjonelle forhold, har myndighetene i samarbeid med partene i arbeidslivet og næringen utviklet et omfattende HMS-regelverk som stiller strenge krav til sikkerhet og styring. Regelverkets funksjonelle karakter innebærer at kravene til forsvarlighet blir strengere når virksomheten foregår i områder som tilsier strenge krav. For å sikre forsvarlig petroleumsvirksomhet spesielt i nordlige deler av Barentshavet sørøst, er det viktig at relevante operasjonelle usikkerhets- og risikofaktorer er godt forstått og ivaretatt før leteboring og utbygging skjer. Et arbeid for å identifisere og utrede operasjonelle usikkerhets- og risikofaktorer ved petroleumsvirksomhet i Barentshavet sørøst må derfor gjennomføres. Sikkerhetsmyndigheten vil ta initiativ til et slikt arbeid og det forutsettes et samarbeid der partene i arbeidslivet og næringen selv bidrar betydelig."

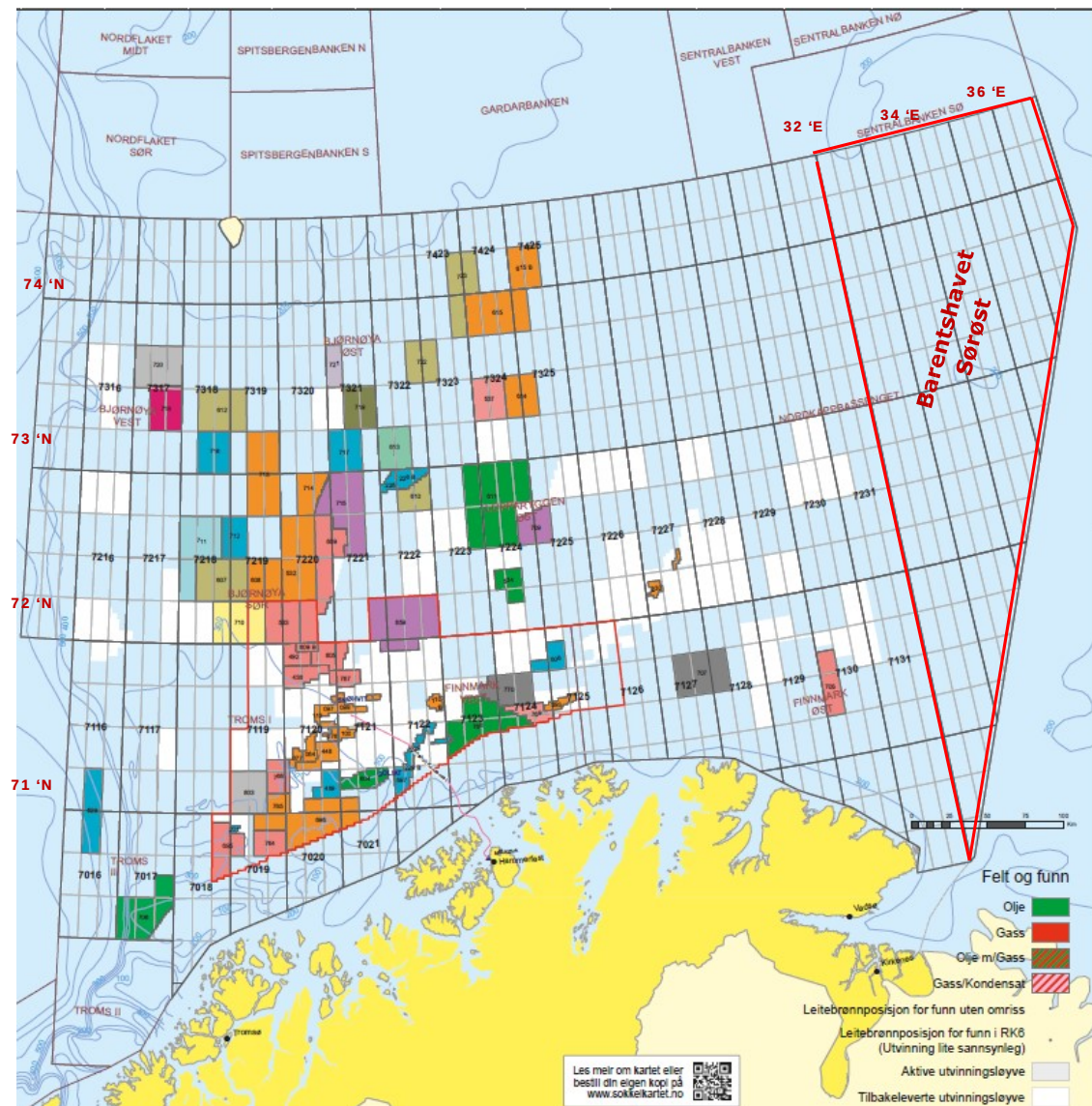
Med bakgrunn i dette og arbeidet som er gjort i Norsk Olje og Gass prosjektet «HMS utfordringer i nordområdene», har Ptil identifisert flere prosjekter for å innhente kunnskap og utfører konkrete utredninger om usikkerhets- og risikofaktorer i den åpnede delen av Barentshavet. Denne rapporten handler om prosjektet som har fått betegnelsen ST2, «Egnede boreinnretninger» og er en av totalt sju Ptil prosjekter som sikter på utredning av risiko- og usikkerhetsfaktorer, samt innhenting av kunnskap relatert til petroleumsvirksomhet i nordområdene. De sju første prosjektene er:

- ST1 Samhandling knyttet til lete- og boreoperasjoner i nordområdene
- ST2 Egnede boreinnretninger
- ST3 Kartlegging av is og snø forekomst
- ST4 Menneskelig yteevne ved arbeid i nordområde
- ST5 Konstruksjonssikkerhet
- ST6 Alternative personelltransport- og evakueringsløsninger
- ST8 Vinterisering

Basert på det som ble beskrevet ovenfor ble Ramboll Olje & Gas i Norge tildelt et oppdrag av Petroleumstilsynet i 2016 for å utføre hovedstudien for prosjektet ST2, «Egnede boreinnretninger». Tildelingen kom etter deltakelse i en minikonkurranse og utarbeidelse av en forstudierapport med det formålet å definere innhold og omfang av hovedstudien. Ramboll Olje & Gas i Norge har benyttet seg av MHwirth som samarbeidspartner / underleverandør i dette prosjektet som har spesialitet i borerigg og boreteknologi.

2.2 Formål og omfang

Studiens omfang var områder åpnet for petroleumsvirksomhet i Barentshavet (jf. Oljedirektoratets kart Den norske kontinentalsokkelen datert 10. juli 2015) med fokus på sørøst områder (se figur 1-1).



Figur 2-1 Kart over Barentshavet sørøst (OD kart, 10.Juli.2015)

Formålet med oppdraget var å utføre følgende:

- vurdere de ulike boreinnretningers egnethet, utfordringer, usikkerheter og risikomomenter samt risikoreduserende tiltak knyttet til boreaktiviteter i nordområdene beskrevet ovenfor
- utrede risikopotensiale ved bruk av halvt nedsenkbare boreinnretninger, boreinnretninger med skipsskrog og eventuelt andre typer boreinnretninger i områder der det blant annet kan forekomme knult/growler og sjøis som kan true integriteten til bore- og brønnkontrollutstyr i havoverflaten

- kartlegge beskyttelse metoder og vurdere behov for andre typer boreinnretninger enn det som brukes på den norske delen av Barentshavet i dag
- I tillegg skal prosjektet innhente kunnskap om hvordan dette håndteres på andre lands sokler hvor man spesielt skal rette oppmerksomheten på forenklet flytting av innretninger mellom soklene

For å oppnå formålet beskrevet ovenfor definerte prosjektet følgende aktiviteter for å bli utført i tidsperioden 2016Q2 – 2018Q1:

Tabell 2-1 Prosjekt ST2 aktiviteter i perioden 2016Q2 – 2017Q4

Innhenting av data fra studier / åpne kilder	2016, 2017
Identifisering av arktisk klasse regler	2016
Identifisering av vinteriseringsmetoder / krav	2016
Kartlegging av miljøforhold	2016
Identifisering av nasjonale, internasjonale retningslinjer	2016
Innhenting av leverandørs data for vinterisering	2016
Gjennomgang av problemstillinger knyttet til boreutstyr og boreoperasjoner	2016
Gjennomgang av problemstillinger knyttet til hoved-, nødkraft produksjon	2016
Gjennomgang av problemstillinger knyttet til logistikk og vedlikehold	2016
Gjennomgang av problemstillinger knyttet til materialvalg	2016
Barrierestyring i Barentshavet sørøst	2016
Gjennomgang av problemstillinger knyttet til utvalgte sikkerhetskritiske systemer / utstyr	2016
Gjennomføring av pålitelighets - / sikkerhetsanalyser	2017
Gjennomgang av problemstillinger knyttet til utvalgte nødrespons systemer / utstyr	2017
Gjennomgang av problemstillinger knyttet til hjelpesystemer	2017
Boreinnretninger /krav / dimensjoner	2017
Oppfølging og endelig utgivelse av rapport	2017

2.3 Samarbeid med Petroleumstilsynet

For å sikre nært samarbeid med Ptils medarbeidere i prosjektet og bruk av deres erfaringer og kunnskap i utvikling av rapporten arrangerte prosjektet to arbeidsmøter i 2016 og to arbeidsmøter i 2017, samt månedlige møter mellom Ptil og Ramboll for status og fremgangsrapportering.

Under prosjektet har Ptils prosjektleder Svein Horn og Ptils medarbeidere Kjell Gunnar Dørum, Øyvind Tuntland, Roar Sognnes og Sigurd Robert Jacobsen bidratt med verdifulle tilbakemeldinger på arbeidet utført av Ramboll og underleverandøren MHWirth.

2.4 Studiens fremgangsmåte

Studiens fremgangsmåte var hovedsakelig basert på innhenting av empiri (data, fakta og annen kunnskap), analysere og systematisere empiri, drøfte og vurdere tiltak for sommer- og helårsoperasjoner. Kilder brukt for å innhente empiri inkluderte bl.a.:

- Nasjonale og internasjonale studier støttet av myndigheter, industrien, osv
- Nasjonale og internasjonale akademiske studier
- Leverandørs data
- Interne erfaringer

Hvis under studien har det vist seg at det er data mangel på å konkludere på en antatt problemstilling, og det ikke er mulig å finne direkte grunnlag for å løse gapet, så er det skissert hvordan en bør gå frem for å løse, minske og/eller få mer kunnskap om gapet.

2.5 Eksempler på typiske problemstillinger for operasjon av boreinnretninger i Barentshavet sørøst

Barskt klima, lang mørketid i vinterperiode, lav temperatur, lang avstand til land, snø, atmosfærisk ising, ising fra sjøsprøyt og polare lavtrykk er noen av de mange utfordringer som boreinnretninger vil oppleve i Barentshavet sørøst. Eksempler på typiske problemstillinger (ref.

[1]) for operasjon av boreinnretninger i Barentshavet sørøst kan være:

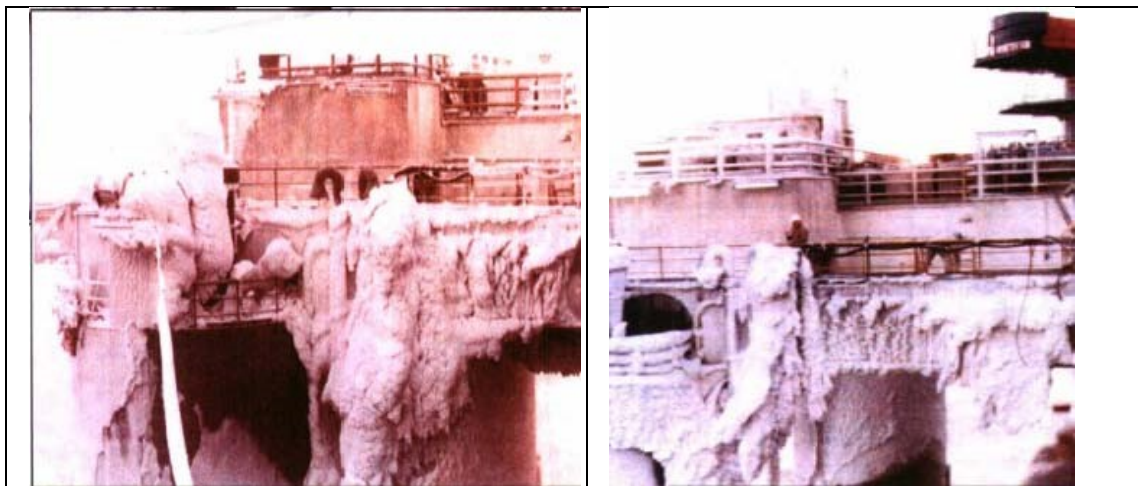
- Utstyr blir utsatt for lavere temperaturer enn det tåler
- Drivende isblokker som kan sette viktige deler av brønnkontrollutstyret ute av drift (riser- og kontrollinjer til BOP)
- Beskyttelse av trykkmanifolder og kontrollslanger i dekkåpninger
- Nedising av sikkerhetskritisk utstyr på grunn av sterk vind og kulde
- Usikkerhet med retningsdata ved boring på grunn av magnetiske forstyrrelser
- Rask omskiftning av vær
- Ising i boretårn eller andre høye strukturer (kronblokk, løpeblokk, krok og svivel)
- Ising på kranbommer og vinsjer
- Islaster på brennerbom med tilhørende utstyr og røropplegg
- Ising på bevegelse kompensator
- Beredskapsplaner for avlastingsboring og mobilisering av kappslingsutstyr
- Logistikk relaterte problemer med forsyninger av borevæske eller andre sikkerhetskritisk utstyr pga. lange avstander
- Beskyttelse av sikkerhetskritiske utstyr
- Fartøy for «Ice Management»
- Brann/ eksplosjonslaster i innelukkede /innkledde områder
- Hjelpesystemer, hydraulikk/ pneumatiske, overrisling osv
- Brannslukkesystemer vannforsyning, drenering
- Deteksjon
- Barrierestyling

Arktisk ising og isdannelse forårsaket av atmosfærisk ising og sjøsprøyt kan skape problemer for utendørsutstyr. Effektene kan være i form av økt vekt på innretningen og vanskeligere tilkomst for å arbeide på kritiske utstyr. I tillegg er det fare for fallende islaster [2]. Andre utfordrende aspekter er bl.a., følgende:

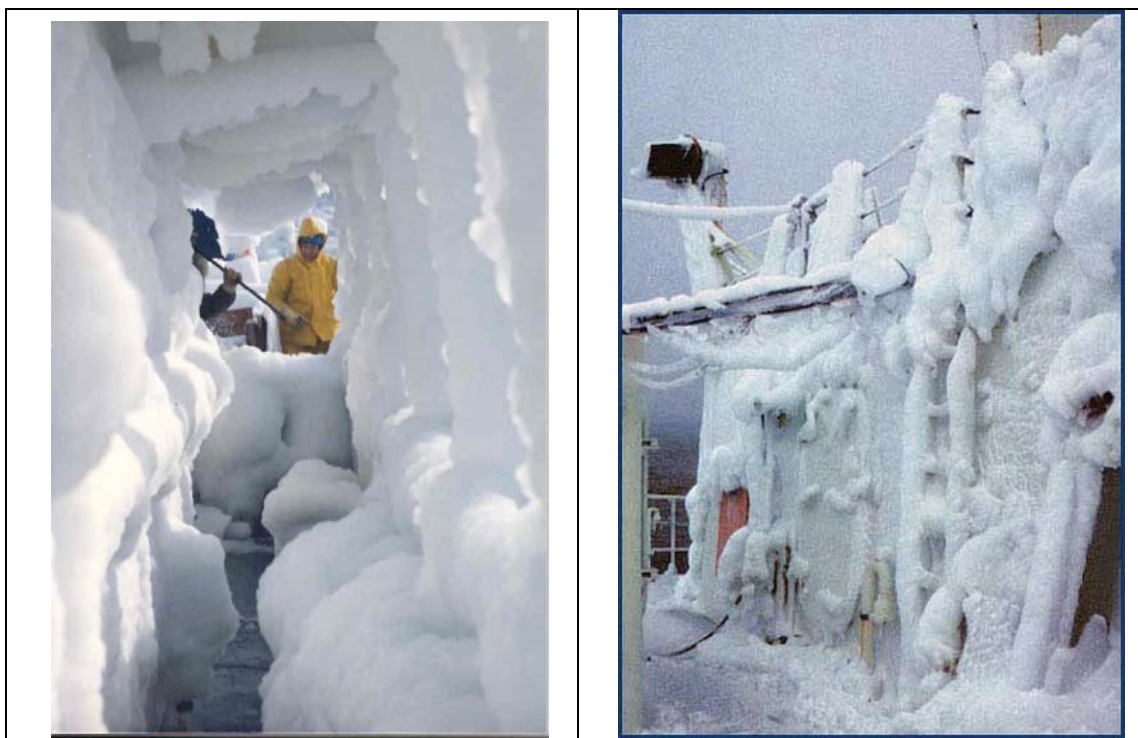
- Bekymring for isflak som ville være vanskelig å oppdage og som iblant driver inn i normalt isfrie områder. Metoder og konsepter for rask frakopling av stigerør er viktig for å flytte fra stedet i tilfelle isfjell nærmer seg
- Materialets oppførsel når det brukes for utstrakt perioder i varierende kaldt klima (tretthet, korrosjon, sprøbrudd)

- Problemstillinger knyttet til overføring av diesel, borevæske, sement og annet materiale fra forsyningskip på installasjonen

Figurene nedenfor viser istilvekst / isopphopping på halvt nedsenkbare «Ocean Bounty» i Cook Inlet, Alaska, og forskningsfartøyet «Knorr» i Labradorhavet.



Figur 2-2 Isopphopping på halvt nedsenkbare «Ocean Bounty» i Cook Inlet, Alaska (Ref. [3])



Figur 2-3 Ekstrem isopphopping på skipet «Miller Freeman» i Beringhavet (venstre) og forskningsfartøyet «Knorr» i Labradorhavet (høyre) (ref. <http://www.vos.noaa.gov/>)

3. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Denne rapporten dokumenterer arbeidet utført av Ramboll og MHwirth i ST2 - «Egnede boreinnretninger» studien som er en av flere Ptil prosjekter ifm. utredning av risiko- og usikkerhetsfaktorer og innhenting av kunnskap relatert til petroleumsvirksomhet i nordområder med fokus på Barentshavet sørøst. Barskt klima, lang mørketid i vinterperiode, lav temperatur, lang avstand til land, snø, atmosfærisk ising, ising fra sjøsprøyt og polare lavtrykk er noen av de mange utfordringer som boreinnretninger vil oppleve i Barentshavet sørøst.

3.1 Konklusjoner

Studien henviser til en rekke studier innen kartlegging av problemstillinger knyttet til olje & gass virksomhet i arktisk region, ikke minst innenfor utvikling av standarder samt identifisering av effektive vinteriseringsløsninger.

Studien peker på halvt nedsenkbare og skipformede boreinnretninger som de mest egnede innretninger både til leteboring, avgrensningsboring og produksjonsboring (helårsboring) i Barentshavet sørøst. For lete-/avgrensningsboring i sommersesong er de fleste siste generasjons innretninger fullt ut egnede. For helårsboring i de mest utsatte deler av Barentshavet sørøst vil ekstra tiltak ut over det som er definert for sommeroperasjoner være nødvendige som definert i tabeller vedlagt rapporten.

Studien understreker at det ikke skal være negativt air gap på boreinnretninger brukt i Barentshavet sørøst på lik linje med resten av norsk sokkel verken for sommer- eller helårsoperasjoner.

I denne studien har det ikke vært mulig, eller funnet hensiktsmessig, å definere størrelser / dimensjons krav til boreinnretningene idet dette er avhengig av hvor og når en skal utføre boreoperasjoner, samt hvilke brønner en skal bore. Lagerbehov for de viktigste forbruksmaterialer er derimot definert.

Studien presiserer at værutsatte deler av sikkerhetskritiske / beredskapsutstyr må ha tilstrekkelige vinteriseringstiltak slik at de kan utføre deres funksjoner under værforhold som kan oppstå. Videre så er det vurdert at integriteten til vinteriseringstiltak er viktig for å sikre funksjonaliteten til barrierer som trenger vinterisering. For å sikre elektrisk kraftoverføring under nødsituasjoner bør vinteriseringstiltak grupperes etter deres kritikalitet, dvs. viktige, essensielle og ikke-essensielle og prioriteres etter en forutbestemt logikk i boreinnretningens «Power Management System». Fjerning av muligheter for felles feil, bruk av redundante kraftforsynings kurser og strengere inspeksjons- og testregime av elektrisk vinteriseringstiltak er eksempler på mottiltak for sikre tilgjengeligheten til vinteriseringstiltak under nødsituasjoner.

Studien understreker at det er operatøren som må definere og dokumentere de lokasjonsspesifikke vinter og sommer forhold for operasjoner i vinter- /sommersesong.

Følgende underkapitler er et sammendrag av viktige / nøkkelemener i utredninger gitt i denne rapporten.

3.2 Naturforhold i Barentshavet sørøst

Naturforhold i Barentshavet kan være utfordrende og skiller seg på flere områder fra andre deler av norsk kontinentalsokkel. I Barentshavet sørøst vil strøm, vind og bølgeforhold ikke skiller seg vesentlig fra f.eks. Nordsjøen. Polare lavtrykk, snø og ising er faktorer som krever spesiell oppmerksomhet. Selv om risikoen for sjøis og isfjell er lav så er dette også forhold

man må ta høyde for i disse områdene. Temperaturene i Barentshavet varierer svært mye mellom de sørligste og nordligste delene av Barentshavet sørøst og man kan få ekstreme minimumstemperaturer i de nordligste områdene som stiller høye krav til planlegging og gjennomføring av boreoperasjoner spesielt i vinterstid.

Klimaendringer - De globale klimaendringene har ført til store endringer i Arktis, og endringene går raskt. De siste tiårene har gjennomsnittlig årstemperatur i Arktis økt om lag dobbelt så mye som det globale gjennomsnittet og utbredelsen av sjøis om sommeren er nesten halvert. Operasjoner i arktiske områder vil også måtte ta inn over seg endringer i klimaet. Klima modellene forutser følgende endringer som er viktig å ta høyde for i planleggingen av operasjoner i Arktis i årene fremover:

- Liten eller ingen endring i vindforhold, mulig økt hyppighet i høyere vindhastighet.
- 2% økning i signifikant bølgehøyde i Barentshavet
- Havnivå stigning estimert til å være ca. 0,7 meter høyere i år 2100
- Tykkelsen og utbredelsen av isen i Arktis forventes å bli redusert i det 21 århundret.

Sommeroperasjon - Kort oppsummert er premissene for sommeroperasjon vurdert som følger:

- Design servise temperatur/ vinteriseringstemperatur t_w for sommeroperasjon vurderes til $t_w -15^{\circ}\text{C}$
- Vind, strøm og bølger generelt som i Nordsjøen / mildere forhold enn i Norskehavet
- Risiko for sjøis i området - Sjøis dannes ikke lokalt i Barentshavet sørøst i perioden men kommer fra andre områder / havstrøm
- Isfjell / knult er mulig
- Stor risiko for tåke over lengre tidsperioder

Tabell 3-1 Sammenheng av naturlaster som kan påvirke boreoperasjoner om sommeren.

Naturlast	Merknader
Temperatur	Ingen absolutte minimums temperaturer lavere enn -5°C i perioden mellom juni og oktober er observert i Barentshavet sørøst.
Isfjell	Kilden til isfjell i Barentshavet kan være Frans Josefs land. Havstrømmer driver disse hovedsakelig mot kysten av Svalbard og Hopen. Med mye nordlig vind kan isfjell drifte lenger sør i Barentshavet. Risikoen for sammenstøt med isfjell er relativt lav.
Tåke	Tåke oppstår spesielt i overgangssonen mellom åpent vann og isdekket hav. Tåke er et vanlig fenomen i Arktiske farvann om sommeren. Spesielt vanlig i perioden mai-september. Kan dekke store områder og bli liggende i flere dager. Vanskelig å varsle, men lett å se på satellittbilder.

Helårs- / vinteroperasjon - Kort oppsummert er premissene for helårs(vinter)operasjoner som følger:

- Design servise temperatur/ vinteriseringstemperatur t_w for helårs (vinter) operasjon vurdert til $t_w -30^{\circ}\text{C}$. Minimums temperatur i området målt helt ned mot -34°C
- Vind, strøm og bølger generelt som i Nordsjøen / mildere forhold enn i Norskehavet
- Polare lavtrykk og tråg (tette snøbyger) med snø og ising
- Ising – atmosfærisk ising og ising fra sjøsprøyt på materiell
- Det er usikkerhet om sjøis kan dannes lokalt. Det er risiko for forekomst av sjøis i områder åpen for oljeboring i Barentshavet sørøst selv om det i de siste årene ikke vært observert sjøis i området. Sjøis kan drive inn fra områder lenger nord og nord-øst.
- Isfjell / knult er mulig

Tabell 3-2 Sammenndrag av naturlaster som kan påvirke helårs eller vinteroperasjoner

Naturlast	Merknader
Temperatur	Stor variasjon på nordlige og sørlige deler. Temperaturer ned mot -34°C må kunne håndteres
Vind	Maksimal vindstyrke på samme nivå eller lavere i Barentshavet sørøst enn lenger øst. Høyeste vindhastigheter i området er målt i perioden oktober-april sammenfaller med perioden med hyppigst forekomst av polare lavtrykk og tråg. Maks hastighet 27.7 m/s.
Sjøis	Det er usikkerhet om sjøis kan dannes lokalt. Det er risiko for forekomst av sjøis i områder åpen for oljeboring i Barentshavet sørøst. Sjøis kan drive inn fra områder lenger nord og nord-øst.
Snø og nedbør	Mengden snø og regn i Arktis tenderer til å være lavere enn i andre områder. Store mengder nedbør i forbindelse med polare lavtrykk. Opphopning av snø og ustabil vær kan forårsake ising.
Bølger	Bølger genereres av flere faktorer som vind, strømforhold, bevegelser i jordskorpen o.l. Generelt vil lavtrykk med mye vind, som polare lavtrykk øke risikoen for store bølger. Vanskelig å forutsi høye bølger. Signifikant bølgehøyde for Barentshavet er noe lavere enn ellers på norsk sokkel.
Polare lavtrykk og tråg	Polare lavtrykk er utfordrende å varsle. Karakteriseres av svært sterk vind-orkan styrke og store mengder nedbør. Opptre hyppigst i perioden september-mai, de siste årene med maks hyppighet i januar til mars. Tråg dannes om vinteren ved store temperaturkontraster som gir opphav til snø/hagl byger. Forekommer oftere enn polare lavtrykk, men er noe svakere i vindstyrke.
Lys/lysforhold	Antall timer med dagslys varierer i Barentshavet fra null timer i de nordligste områdene i desember til 24 timer på sommeren.
Atmosfærisk ising	Ising øker med økende breddegrad. Lengst nord forekomst av sterk ising 1,3% av tiden på årsbasis. Dette tilsvarer oppbygning av is med 2-4 cm pr time. Lenger sør er tilsvarende tall 0-0,3% av tiden.

3.3 Klassifiseringkrav for arktisk operasjon

For sommeroperasjon i Barentshavet sørøst har flyttbare boreinnretninger ikke behov for spesifikke isklasser og/eller klasse notasjoner for arktiske operasjoner. Det bør likevel vurderes at boreinnretningen som ett minimum tilfredsstiller DNV ICE 1C eller bedre i tilfelle en sommeroperasjon går over i en ikke planlagt vinteroperasjon. Videre bør det vurderes at den flyttbare boreinnretningen har ett design, tilhørende utstyr og en operasjon som samsvarer med kategorien «Winterized Basic (-15° C) ihht. DNVGL-OS-A201, m.a.o. tilsvarende en klasse notasjon mht. vinterisering / innkledning for ca. -15° C.

For helårsoperasjon i Barentshavet sørøst bør det vurderes at flyttbare boreinnretningen har en design, tilhørende utstyr og en operasjon som samsvarer med kategorien «Winterized Cold» ihht. DNVGL-OS-A201 (ref. [6] og [MH-38]), m.a.o. tilsvarende en klasse notasjon mht. vinterisering på ca. -30° C. I tillegg bør det vurderes at den flyttbare innretningen har en isklasse notasjon for å tåle en begrenset tykkelse av første års is og det vurderes således at isklasse DNV ICE 1C eller bedre er tilstrekkelig.

3.4 Vinteriseringsmetoder

Vinterisering består av samtlige tiltak for å forberede en innretning for operasjoner i kaldt klima. Vinteriseringstiltak kan grupperes i fire kategorier:

1. Antiising – tiltak som hindrer ansamling av is eller snø
2. Avising - tiltak som fjerner is etter at det har samlet seg
3. Antifrysing - Tiltak for å hindre at væsker fryser inne i systemer
4. Innbygging og oppvarming

Istilvekst på innretningens overbygg er resultatet av sammenstøt av underkjølte vandrdåper med strukturelementer med ulike isoppfropings virkningsgrad (Collection Efficiency (CE)). Graden til istilvekst / isoppfropings virkningsgrad er høyst for strukturelementer med mindre diameter som f.eks. fagverk struktur på kranbom, stålkabler til løfteutstyr og rørverk med mindre diameter.

Varmekabler - Overflateoppvarming vha. varmekabler eller dampslanger (Trace Heating) er en avisning / antiising teknikk som anvendes også for frostsikring, kondensforebygging og / eller opprettholdelse av driftstemperatur. For offshore anlegg er det mest vanlig å bruke selvregulerende eller selvbegrensende elektriske varmekabler for overflateoppvarming.

Isolering – (varmekonservering og frostbeskyttelse) reduserer varmetap og opprettholder driftstemperaturen for å hindre frysing, stivning eller innvending kondensering. Isoleringstiltak for frostbeskyttelse kan være med og uten bruk av varmekabler. Korrosjon Under Isolasjon (KUI) og tilstedeværelse av kuldebro mellom rør / utstyr og støttestrukturen er utfordringer med isoleringsmetoder.

Fall i rørsystemet - er et tiltak mot ansamling av væske i rørsystemet. Det er likevel en utfordring ifm. drenering vha. fall i rørsystemer på flytere pga. fartøyets rullebevegelser i bølger og trim mot akterspeil (ifm. boreskip).

Kjemiske avisingsmidler - er effektive i det marine miljøet så lenge de ikke blir utvannet av f.eks. bølger / sjøsprøyt. Valg av avisingskjemikalier for anvendelse på marine fartøy og innretninger skal være miljøvennlig, ikke korrosivt, ha effektiv avisningseffekt under gjeldende temperatur og være prisgunstig. Kaliumacetat, natriumacetat, propylenglykol er eksempler på avisingskjemikalier som anses å oppfylle alle ovennevnte krav i store grad for sommerperioden unntatt at de er forholdsvis dyre. Sukkerrør eller mais baserte produkter anses å oppfylle alle kravene, samt kan brukes i temperaturer under -30 °C, men er ikke testet i saltholdig sjøatmosfære. De etterlater seg også en leiraktig masse.

Høy hydrofobisk / isfobisk overflatebelegg – har egenskaper som lar isen å felle av fra overflater pga. sin egen vekt, dvs. forårsaker isen å brette lett fra overflater. Dette innebærer at slike belegg i utgangspunktet ikke forhindrer isdannelse, likevel noen produsenter hevder at deres belegg har antiising egenskap fordi de har super hydrofobisitet. Følgende er eksempler på noen av slike produkter:

- Silikonbasert Nusil R-2180 belegg må herdes i en autoklav eller ovn. Dette innebærer at den ikke kan benyttes for store gjenstander som ikke passer inn i en autoklav eller ikke motstår høye temperaturer.
- ePaint belegg er et dual-virkende belegg som består av et hydrofobt materiale kombinert med et faseforandringsmateriale (PCM) som utvider seg og forårsaker bryting av substrat-is binding.
- Nanosonic HybridShield er et hydrofobisk belegg med iboende anti-ising funksjonalitet. Belegget er slik at vandige og mange oppløsningsmiddel bårde materialer ikke vil fysisk eller kjemisk forbinder seg med overflaten.

Dampsystem – er meget effektiv for manuelt avisingsarbeid hvis smeltet is fjernes / dreneres effektivt slik at den ikke fryser igjen. En annen ulempe er at direkte eksponering til trykksatt tørr mettet damp kan forårsake store brannskader og i verste tilfelle dødsfall.

Infrarød teknologi - er en mer miljøvennlig metode sammenlignet med bruk av glykol og er allerede i bruk ved flere flyplasser i verden. Hoved ulempen med infrarød teknologi er at infrarødkilden skal ha veldig høy temperatur for å emittere tilstrekkelig IR lys. Denne høye temperaturen kan forårsake selvantennelse av gasslekkasjer.

Oppsamling og drenering (tett rigg)

Et mye brukt begrep innen ytemiljø er «tett rigg» design og system på installasjonen som skal hindre at tilsiktede og utilsiktede utslipp går til sjø. Dette trenger høy oppmerksomhet basert på et sårbart klima i Barentshavet sørøst samt at naturlastene (temperatur og nedbør/ising) i området kan medføre en mulig svekkelse av «tett rigg» designet/systemene.

Agitasjon / sirkulasjon

Agitering av væsker i lagertanker for å sikre pumpbar viskositet (ikke stivner) eller hindre frysing. Sirkulasjonssystemer er de enkleste med hensyn til vedlikehold og brukes typisk i lagertanker i skrog.

Innelukking og oppvarming av arbeidsplasser og mekanisk ventilasjon

Normalt er store områder/moduler på en boreinnretning naturlig ventilert, slik som boredekk/boretårn, rørdekk, stigerørdekk og kjellerdekk. For å beskytte arbeidstakere mot ekstrem kulde og vind, vil innbygging/skjerming og oppvarming kunne bli påkrevd for typiske arbeidsplasser/-operasjoner utendørs. Som basis for risikovurderinger relatert til arbeidsmiljø brukes CFD simuleringer for beregning av Wind Chill Temperatur/-Index (WCT/WCI).

En utstrakt skjerming/innbygging av områder vil også ha en negativ effekt på mulig gassoppbygning (spredning av områdeklasse) og eksplosjonsovertrykk. Utvidet mulighet for gassdeteksjon samt implementering av rister og/eller eksplosjonspaneler vil kunne avhjelpe disse utfordringene.

Det er viktig å isolere vegger og gulv/tak og unngå kuldebroer, slik at man unngår kondensering og isdannelser på innsiden. Samtidig bør man ha kontroll på fuktighetstilførselen i forhold til tilført luftmengde. For lite bruk av isolering i yttervegger vil i tillegg bety is- og snøsmelting på utsiden som også må håndteres.

3.5 Boreutstyr / operasjoner

Sommeroperasjon

Nåværende praksis / vanlig tilgjengelig utstyr på markedet har material- / systemsertifikat for - 20 °C. For sommeroperasjoner vil dette være fullt ut tilstrekkelig, gitt nødvendig vinterisering mht. håndtering av væsker i systemene.

For å redusere risiko ved mulig utstyrs- /systemsvikt i parallell med brønnproblem og med mulighet for å kunne forlate brønnen raskt, vil det være en fordel med dobbelt vertikalt rørhåndteringssystem som kan betjene samme kjellerdekkåpning (moon pool) / borestigerør.

Hiv kompenseringssystemene bør kunne håndtere opp mot 15 meter vertikal hiv for å minimalisere WOW (venting på vær).

Det må vurderes bruk av borevæsker som er tilpasset bruk i arktiske områder. For å minimalisere de totale miljøkonsekvenser anbefales også bruk av vannbaserte (grønne) borevæsker der dette er mulig.

Borkaks fra Syntetiske og Oljebaserte borevæsker (OBM) må vurderes renses ombord (om mulig gjenbruke borkaks som erstatning for barytt), og restprodukt sendes til land med kaks containere / tanker eller i spesielle containere.

Transport baner/områder bør være oppvarmbare i tilfelle en operasjon strekker seg over i kaldere perioder (ikke planlagt operasjon).

Definere seneste tidspunkt for oppstart av boreoperasjon (varighet av operasjon) basert på planlagt varighet av boreoperasjon med margin relatert boreinnretningens type og grad av egnethet for operasjon for lavere operasjonell design temperatur enn $t_w -15^{\circ}\text{C}$ og værforhold i perioden.

Definere operasjonelle begrensninger i siste fase av sommeroperasjon som for eksempel om det kan bores inn i mulig reservoar i siste fase av perioden.

Det må identifiseres type og krav til avlastningsrigg samt sikres kontrakt med rigger som eventuelt kan bore en avlastningsbrønn ved uhell (avtale som tilsier at andre selskaper vil frigi sine rigger dersom det oppstår problem med brønnen).

Det henvises også til aktivitetsforskriften § 86 om brønnkontroll, som krever operatøren skal ha tilgang til kapslingsutstyr for havbunnsbrønner der kapsling kan være et tiltak ved en brønnkontrollhendelse.

Sannsynligheten for at BOP / sjøbunnsinstallasjoner (templates) treffes av isfjell, tatt i betraktning implementering av Ice Management, er vurdert som liten. Det kan således forsvares at BOP plasseres (forlates) på sjøbunnen uten spesiell beskyttelse mot isfjell. Dette bør studeres nærmere før endelig konklusjon kan gis.

Vurderingene rundt behovet for innbygging/skjerming og oppvarming av boreområder og de nødvendige tiltakene man har utført vil fortsatt kunne være relevante. Typisk vil dette kunne være gjeldene for vinteriserte boreinnretninger man tidligere har benyttet i Barentshavet. Det bør eksempelvis vurderes skjerming/ oppvarmet leskur for last anviser (operatør) på lastestasjoner, boredekkslager og mønstringsstasjon. Dette er til dels dekket av andre Ptils studier.

Helårs- / vinteroperasjon

Generelle konklusjoner som for sommeroperasjon med følgende tillegg:

Idet man av arbeidsmiljømessige årsaker vil bygge inn/ beskytte de fleste arbeidsplasser/operasjoner, vil det meste av typisk boreutstyr være ansett som tilstrekkelig beskyttet. System design for -20°C vil således være anvendbart.

For utstyr som ikke er (eksisterende innretninger) eller det ikke vil være hensiktsmessig å bygge inne eller oppvarme, monteres temperaturfølere og iverksette følgende ved en gitt grensetemperatur;

- Operasjoner stoppes (helt/delvis) om driftstemperatur kommer under grensetemperatur
- Operasjoner startes etter spesielle oppstartsprosedyrer

Materialsertifikat / system design for -20°C anses således å være tilstrekkelig. Enkelte system/utstyr bør likevel være designet for typisk -40°C (neste temp grense) grunnet eksponering som f.eks.

- Kraner
- Diverter systemet
- MGS med rørføring

- Droppstasjoner
- Lys/instrumentering, kabler
- Enkelte elektriske motorer

Generelt bør følgende vurderes:

- Økt innbygging / skjerming spesielt i boretårn/ramguide vil medføre større laster på designet som må tas hensyn til
- Installere damp og punktvarme system for avvising / snø-fjerning
- Mud-Gas separator innebygget og oppvarmbar for å hindre frysing av vann / borevæske
- C&K manifolden bør innebygges / beskyttes for is og snø, samt at området bør være oppvarmbart med hensyn til manuell kontroll og vedlikeholdsarbeid
- Alle tanker i søyler, skrog og pongtonger med sirkulasjonssystemer
- Alle rørsystem lett drenerbare tilbake til tanker
- Unngå isoppbygging på wire tensioner systemene enten ved skjerming eller system for is / snø fjerning

For stigerørssystemer bør følgende vurderes:

- Løsninger for å fjerne is / hindre is-oppbygging må vurderes f.eks. nedsenkbar punktvarme og/eller nedsenkbart skrapesystem
- Beskyttelse av stigerøret og liner/kabler mot drivis/knult vil være nødvendig ved halvt nedsenkbare innretninger
- Vurdere spesielle utløpsarrangement samt oppvarming (heat tracing) av siste bit av utløpet
- Mer frekvent testing av relevante ventiler enn på norsk sokkel generelt for å sjekke at systemene er åpne

Annet borerelaterte utstyr:

- Slangestasjoner med tak / overbygg og delvis beskyttelse fra sidene slik at den ikke iser / snør ned. Punktoppvarming må også vurderes
- ROV Vaier/ kabler må beskyttes mot ising i sprutsone vha. ekstern varme, samt beskyttes mot drivis/knult (innretningsavhengig)
- Coiled tubing spoleenheten må være beskyttet mot nedising og snø, men behøver ikke være oppvarmbar
- Så mye som mulig av wireline utstyret kan stå under tak / innebygget
- Montere tak / skjerming av brennerhoder i parkert posisjon, samt tak / skjerming av svingmekanismer for bommene
- Effekt av varmeskjold / eventuelt behov for varmeskjold i perioder med lave temperaturer
- Konsekvens av vann fra varmeskjold som følge av nedising, eller bruk av beskyttelses duk må studeres nærmere
- Luker sikres mot gjenfrysing
- Åpninger inn til lagerrom installeres med luftgardiner for å hindre varmetap
- Luftdrevne aktuatorer anbefales skjermet/innebygget
- Uskjermet / ikke innebygget kabel designes for temperaturer fra +90 °C til -35 °C
- Lysarmaturer designes for temperatur f.o.m. +50 °C t.o.m. -40 °C
- Vurdere løsninger for tilleggs BOP system som plasseres mellom den tradisjonelle BOP og brønnhodet samt vurdere behov for capping stack

Innbygging / skjerming av boreområder:

Følgende forslag må vurderes:

Boredekk og boretårn:

- Tilnærmet full innbygging/skjerming (inkl. tak)
- Punktoppvarming enkelte områder, eventuelt isolering og områdeoppvarming (mekanisk ventilert)
- Oppvarmet leskur på boredekk ihht. NORSOK S-002
- Beskyttelse for personell mht. snø/is ras
- Tilrettelegge for is fjerning (tilkomst/ isnett)

- Kontroll på luftfuktighet (mekanisk ventilert)
- Oppnåelse av krav til luftvekslinger vha. rister/åpninger (naturlig ventilert). Verifisere vha. CFD beregninger
- Vurdere installasjon av eksplosjonspaneler for reduksjon av mulig eksplosjonsovertrykk (basert på risikoanalyse)

Rørlager:

- Delvis / eventuell full innbygging/skjerming (inkl. tak)
- Punktoppvarming, eventuelt isolering og områdeoppvarming (mekanisk ventilert)
- Vurdere installasjon av oppvarmet leskur om ikke innebygget
- Designløsninger for å hindre oppbygging av snø/is (vertikale vegger, skrå tak, tilføre varme, osv.)
- Tilrettelegge for snø-/is fjerning

Stigerørslager:

- Delvis / eventuell full innbygging
- Beskyttelse for personell mht. snø/is ras
- Tilrettelegge for snø / is fjerning (tilkomst/isnett)

Kjellerdekk:

- Stor grad av innbygging/ skjerming, spesiell oppmerksomhet på skjerming av BOP/ventiltre stack-up område
- BOP/ventiltre stack-up områdene helt eller delvis oppvarmbare ved gitte arbeidsoppgaver, f.eks. ved bruk av habitat

Kraftbehov for boreoperasjoner:

- Det er ikke identifisert ekstra kraftbehov for sommeroperasjon i Barentshavet sørøst sammenlignet med typisk operasjon av vinteriserte boreinnretninger man tidligere har benyttet i Barentshavet. Det økte kraftbehovet en flyttbar boreinnretning vil få under en helårsoperasjon er en utfordring med tanke på kapasitet og plassbehov, men den største utfordringen er nok først og fremst med tanke på påvirkning mot ytre miljø (utslipp til luft). Aktuelle tiltak for å redusere kraftbehov kan være:
 - Varmegjenvinning på ventilasjonsluft
 - Varmegjenvinning fra varmt slam (mud fra borehullet)
 - Varmegjenvinning på utslipp til luft og vann
 - Varmepumpe (utfordrende med lave temperaturer på sjøvann og luft)
 - Andre energisparetiltak som isolering, bruk av vindfang, osv.

Detaljer rundt enkelte av disse emnene (varmegjenvinning/ varmemedium i isolasjon, alternative ventilasjonsprinsipper etc.) bør utredes nærmere i videre studier med hensyn til tilgjengelig teknologi, utslipp og kost / nytte effekt.

3.6 Sikkerhetskritiske funksjoner / systemer

Funksjonaliteten til sikkerhetsfunksjoner og systemer kan bli påvirket negativt av klima- og beliggenhetsforholdene i Barentshavet sørøst hvis tilstrekkelig vinterisering / beskyttelse ikke inkorporeres i design, samt deres tilstand ikke følges opp / opprettholdes under drift. Kapittel 9.1.3 gir en oversikt over typiske boreinnretningers sikkerhetskritiske funksjoner / systemer med væreksponte elementer / feltutstyr. Beskyttelser mot kulde og isdannelse forutsettes å være de viktigste vinteriseringsaspektene i utforming av værutsatte sikkerhetssystemer på boreinnretninger som skal operere i sommerperioden i Barentshavet sørøst. Vind og bølger er generelt som i Nordsjøen eller mildere enn vinterperiode i Norskehavet. Følgende er problemstillinger / teknisk aspekter som ble gjennomgått i kapittel 9 ifm. boreinnretningenenes egnethet for operasjon Barentshavet sørøst:

- Materialvalg – kulde relatert skjørhet
- Smørolje og smøroljesystem
- Hydraulisk olje og hydraulikksystem
- Drivstoffsysteem for dieselmaskiner
- Drivstoffsysteem for helikopter
- Luftinntak
- Brannvannssystem
- Skum og skumsystem
- Kabler
- Drenering
- Elektrisk, elektronisk system
- Epoksy basert PBB
- Nødlis
- Antenner og radarutstyr
- Eksplosionspaneler og trykkavlastningsventiler
- Vinsjer og løfteutstyr
- Brann og gassdetektorer
- Isolering

Boreinnretninger som skal utføre helårs-/vinteroperasjon i Barentshavet sørøst bør ha et vinteriseringsnivå som kan håndtere kulden i vinterperiode, så vel som store mengder av snø og is. Alle punkter som er listet opp ovenfor for sommeroperasjon er også gjeldende for innretninger som skal operere gjennom hele året i dette området. Imidlertid bør det tas hensyn til at klimaet er barskere i vinterperioden med faren for polare lavtrykk. I forbindelse med vinteriseringstiltak bør løsninger håndtere større nedbørmengder / is opphoping og design service temperatur (vinteriseringstemperatur) t_w helt ned til $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Følgende er problemstillinger knyttet til sikkerhetssystemer / -funksjoner med behov for vinterisering særlig ifm helårsoperasjon:

- Sikre hovedbæreevnen i bærende konstruksjoner for bl.a. følgende ulykkes- / naturlaster:
 - o Skip kollisjonslast – større behov for logistikk / større forsyningsfartøy
 - o Eksplosjonslast – vurderinger knyttet til innelukking / innkledning av områder
 - o Ekstremt lave temperaturer
 - o Naturlast - Større snø / is laster
- Sikre driften av hoved- og nødkraft vha. følgende:
 - o Minimere sannsynligheten til feilscenarier «Dead ship condition» og «Black-out» til et så lavt som mulig nivå
 - o Ved total eller delvis bortfall av hovedkraft er det viktig å vite hvilke av kraftkrevende vinteriseringstiltakene skal betraktes som nød, essensielle og ikke-essensielle kraftforbrukere. Dette må være forhåndsdefinert i innretningens «power system management» logikk for «load sharing / load shedding»
 - o Alle scenarier og uønskede hendelser som krever funksjonaliteten og tilgjengeligheten til nødkraft og UPS forbrukere bør identifiseres og evalueres. I denne sammenheng bør avhengigheten som ligger mellom funksjonaliteten til de kritiske systemene og tilgjengeligheten til deres tilhørende vinteriseringstiltak evalueres
 - o Hindre blokkering av luftinntak (for forbrenning og ventilasjon) pga. is og snø opphopning ved optimal plassering og utforming av luftinntak, bruk av snøhette / skjerm, og drenering i luftinntaket, luftfilter, isolering og varmekabler o Luft forvarmer for dieselmotorer
 - o Bruk av «vinterdiesel» for sommeroperasjoner ($-25\text{ }^{\circ}\text{C}$) og «Arktisk diesel» i vinterperioden ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$)
 - o Sikre kjølesystemet til dieselmotorer mot frysing

- o Vinterisering av dieseltank og rør vha. isolering, varmekabel, plassering i oppvarmet innelukkede moduler, bruk av elektrisk varmer i diesel lagringstank og sirkulasjon av diesel
 - o Økt vinterisering medfører større kraftforbruk og dermed krever større lagringsplass for diesel
 - o Nødlys lysarmaturer skal være egnet for bruk i lav temperatur
 - o UPS forbrukere kan øke i antall og kraftbehov pga. vinterisering. Dette kan føre til større UPS batteribank
 - o Utendørs elektrisk og instrumenteringskabler skal være egnet til bruk i lave temperaturer
- Sikre driften av brannvannssystem vha. følgende;
 - o Plassering av drivenhet for brannvannspumpe (diesel motor) / generator i innelukkede områder / containere
 - o Eliminering av lommer eller «dead legs» / bruk av selvdrenerende røropplegg o opprettholde minimum strømming gjennom ringledning / kontinuerlig lavt turtall drift av brannvannspumpe (minimum strømming)
 - o bruk av isolering og varmekabler på forgrenings- / stigerørene fra ringledning opp til overrislingsventiler for å hindre frysing av stillestående vann
 - o bruk av elektriske varmere inne i skumtank
 - o bruk av oppvarmede kabinetter / «enclosure» ifm. overrisling skid og trykk og flow transmittere
 - o I vinterperioden kan brannvann fryse etter anvendelse hvis omgivelsestemperatur er tilstrekkelig lav. Dette kan skape alvorlige problemer for flytende boreinnretninger som bl.a. ifm. stabilitet, tilkomst og ventilasjon. I forbindelse med mindre hydrokarbon branner f.eks. i brønntestområdet kan man vurdere om anvendelsen av miljøvennlig kjemikalier som tilsetningsstoff for å senke frysepunktet til brannvann er hensiktsmessig i praksis. Anvendelsen av en slik kjemikalie trenger tilstrekkelig lagringsplass og doseringssystem

3.7 Beredskapsfunksjoner / systemer

Beredskapsfunksjoner på samme måte som sikkerhetsfunksjoner kan bli negativt påvirket av klima- og beliggenhetsforholdene i Barentshavet sørøst. Problemstillinger knyttet til PA feltutstyr, rømningsveier, materialvalg, smørolje og hydraulisk systemer, livbåtenes drivstoff, sprinkler systemer, batterier og skilrammer, kabler, vinsjer og løfteutstyr, og helikopters operasjonelle begrensninger mht. vær / nattflygning har blitt drøftet i kap. 10.

Materialvalg mht. beredskapsutstyr bør være slik at støtte-/bærestrukturen og materialet til utstyret har tilstrekkelig motstand mot sprøbrudd i den oppgitte design temperaturen.

Væreksponte rømningsveier skal holdes snø og isfritt gjennom hele året vha. passende vinteriseringstiltak vha. bl.a. hensiktsmessig fall og drenering, varmekabel (antiising), damp og kjemikalier (avising).

For helikopterflygning bør ekstra drivstofftanker, påfylling vha. mellomlanding på andre installasjoner opprettet temporært inntil flere felt i området er etablert, samt bruk av andre helikoptertyper med ekstra lang rekkevidde vurderes hvis det skal være mulig å dekke hele Barentshavet sørøst området for tur /retur operasjoner så vel som søk og redning. Helikoptrene skal være utstyrt med is deteksjon og antiising / avising systemer for helikopterrotorblader og ha is beskyttelse til innløpet til jetmotorene.

Helidekk skal holdes snø og isfritt for sikker helikopterlanding og mannskaps ombordstigning / evakuering. Det skal tas hensyn til snø og is miljølast, lav temperatur og fallende isklumper i konstruksjonsberegninger av helidekk. Varmekabel og avising vha. damp er tiltak for å hindre eller fjerne is på helidekk overflater.

Livbåter og funksjonaliteten til utsetningsarrangementer til livbåter kan påvirkes av ugunstige værforhold som snø og nedising. Innbygging og oppvarming av livbåtsstasjoner er effektive vinteriseringstiltak for å beskytte livbåter og deres utsetningsarrangementer mot snøoppbygging og nedising. I løsninger som «Boat In A Box» står lårelivbåten i et hus som er utstyrt med ventilasjon og avfuktingssystem samt veggene til huset er isolert for å forhindre innvendig kondensering. Fritt fall livbåter er ikke konstruert for å motstå kreftene som oppstår ved sammenstøt med is. Dermed bør man ha alternative evakueringsmidler for bruk i situasjoner med stor fare for sammenstøt med drivende sjøis / isfjell.

Redningsstrømper og tilhørende redningsflåter skal være værbeskyttet vha. f.eks. innbygging, oppvarming. På grunn av stor kjøleeffekt og ekstrem eksponering av MOB-båts mannskap forutsettes det at lukkede MOB båtløsninger er egnet til bruk i Barentshavet sørøst særlig i vinterperiode.

I tillegg bør det tas hensyn til følgende: overlevelsesdrakter med god termisk isolasjon gir den beste beskyttelsen; kapasiteten til overlevelsesfartøy (livbåten / flåten) blir negativt påvirket av bl.a. store overlevelsesdrakter; dårlig luftkvalitet i livbåt / flåte pga. større konsentrasjoner av CO₂

3.8 Hjelpesystemer

Hydraulikksystem:

For å unngå / minske problemet med kondensering i HPU rommet bør følgende tiltak vurderes mht. både sommer- og helårsoperasjon:

- Pustefilter på tankventilasjonen
- Høyere duggpunkt temperatur i HPU rommet
- Isolering av kalde flater
- Lokalt avtrekk

For å oppnå høyere duggpunkt i rommet må en således ha mulighet for oppvarming og mekanisk ventilering av HPU rommene. Det må vurderes bruk av temperaturovervåking av rørsystemer som ligger åpnet / ubeskyttet. Det må også vurderes at en bruker en hydraulikkolje som også er anvendbar for vinter- / helårsoperasjon -30 °C (t_{cold}), for å unngå drenering og skifte til annen type olje samt redusere risiko for utslipp ved skifte av oljetype. Typisk hydraulikk olje for arktiske områder må i tillegg til ikke å bli for viskøse ved lave temperaturer -30 °C (t_{cold}), være rustbeskyttende og smørende.

Pneumatikk system:

For operasjon i Barentshavet sørøst i sommersesong kan duggpunkt på -25 °C være tilstrekkelig men idet risiko for å måtte operere innretningen over i kaldere perioder må det vurderes at trykkluftsystemene bør ha ett duggpunkt på - 40 °C. Vanlig praksis er duggpunkt satt 10 grader lavere enn omgivelsestemperatur som for vinter er T_{Cold} -30 °C.

Kompressorer med lufttørkere / luftbehandlings system må bygges inn og beskyttes i containere eller moduler. Modulene / containere bør være mekanisk ventilert og oppvarmbare også ved sommeroperasjon for å redusere kondensering på overflater samt at sikkerhets ventiler / utløp ikke fryser tett. Luftinntak til kompressorene må være arrangert / designes slik at det ikke kan bli blokkert av snø og isoppbygging. For å hindre nedising av trykk avlastningsventiler som er montert i åpent område må det vurderes bruk av varmekabler samt skjerming for å unngå isoppbygging. Startluft systemer for motorer har vanligvis ikke system for tørking av luften. Slike system må være oppvarmet / «heat traced» og innbygde / beskyttet eventuelt vurdere mulighet for bruk av tørket luft via trykktanker.

3.9 Risiko og pålitelighetsanalyser

Risiko er iboende i alle olje- og gass relaterte virksomheter på land og til havs. For å beskytte menneskeliv, miljø og verdier krever Petroleumstilsynet (Ptil) at HMS risiko styres til et akseptabelt nivå og videre til så lavt som praktisk mulig. Noen farer har opphav i selve olje og gassvirksomheten og noen andre forårsakes av ekstreme værforhold. I tillegg kan miljø- og beliggenhetsfaktorer forsterke effekten / konsekvensen av ulykker. Forsterkning av ulykkes effekt / -konsekvens kan være forårsaket av de negative virkningene som miljø- og beliggenhetsfaktorer har på barrierenes ytelser.

Svikt i vinteriseringstiltak kan enten være årsaken til å initiere et hendelsesforløp (f.eks. isdannelse og forandringer i lastfordeling og forringende effekt på stabilitet) eller bidrar i at barrierene ikke fungerer slik de var tiltenkte (f.eks. brannvann tilførselslinjer fryser i kulde og blir utilgjengelig ved behov).

Usikkerhet forårsaket av kunnskapsmangel ifm. miljølaster i Barentshavet sørøst

Det foreligger en god del usikkerheter med mange aspekter knyttet til miljøet i Barentshavet sørøst, særlig i de nordligste områdene sammenlignet med Nordsjøen. Manglende erfaring og kunnskap om miljørelaterte utfordringer som kan oppstå under driften av innretningene og påvirker funksjonaliteten til anlegget og tilhørende maskiner og utstyr øker usikkerheten i risikoevalueringer i dette området. Økt sikkerhetsmargin, konservatisme i ytelsesgrad og styrkeberegning og høyere grad av redundans er metoder for å håndtere usikkerheten som kan ligge i miljølaster.

For å oppnå robuste anlegg, barrierer og vinteriseringstiltak som kan utføre sine funksjoner innenfor deres design spesifikasjoner (både under normal drift og ulykkestilstand) er det viktig å ha en klar forståelse av alle typer av laster som kan ha negative virkninger på funksjoner. Det er derfor viktig å kartlegge alle relevante laster inkludert miljølaster med større nøyaktighet. For å håndtere og redusere denne typen av usikkerhet bør bl.a. følgende utføres / evalueres:

- Innsamling og analyse av utstyrs feildata fra innretninger i operasjon i Barentshavet for å øke kunnskap om deres feilmodi og feilrater
- Innsamling og analyse av værdata ifm. usikre vær fenomener
- Større konservatisme i forutsetninger knyttet til styrkeberegninger
- Større konservatisme i forutsetninger knyttet til designlaster for å skape større sikkerhetsmarginer

Usikkerhet knyttet til overlevelse - Det er en del ugunstige forhold som motvirker overlevelsessannsynligheten til personell under evakuering fra boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst. I tillegg har de ugunstige effekter på søk og redningsaksjoner. Blant annet kulde, lang mørketid, lang avstand fra land, tåke og mindre trafikk av skip i området reduserer sjansen for overlevelse.

Usikkerhet i integriteten til barrierer - Utilgjengelighetsindeksen «feilsannsynlighet ved behov» (Probability of Failure on Demand (PFD)) brukes for å uttrykke integriteten til instrumenterte sikkerhetsfunksjoner som opererer i «lav demand» driftsmodus. BOP, brann & gass deteksjon og brannvannssystemer eksempler på systemer som opererer i denne modusen. For høy og kontinuerlig modus brukes en annen indeks, nemlig «gjennomsnittlig frekvensen av farlige feil per time». Dynamisk posisjonering (DP) er et eksempel på et slikt system som opererer på kontinuerlig modus. I tillegg til feilsannsynlighet til tekniske barrierer skal operatørens feilsannsynlighet knyttet til deres aksjon for aktivisering av manuelle sikkerhetsfunksjoner tas med i evaluering av barrierenes ytelser.

Det vil være viktig å vurdere om dagens sikkerhetsintegritet (SIL) krav spesifisert i ref. [64] for typiske instrumenterte sikkerhetsfunksjoner (SIF) i Nordsjøen bør også være gjeldende for Barentshavet sørøst, særlig i det området som ligger ytterst i den nordøstlige delen av dette området. I denne sammenheng er det viktig å merke seg at resonnementet bak SIL kravene oppgitt i ref. [64] har sitt utgangspunkt i daværende industriens beste praksis for

instrumenterte sikkerhetsfunksjoner og ikke en fullstendig risikoanalyse. Denne faktoren må tas hensyn til om ovennevnte SIL krav er tilstrekkelige for boreinnretninger som skal operere i et annet miljø enn Nordsjøen.

Risikobasert vinterisering - Ref. [65] presenterer en risikobasert tilnærming for implementering og dimensjonering av vinteriseringstiltak for offshore innretninger i motsetning til de deterministiske tilnærminger brukt hos sertifisering og klassifiserings selskaper.

Ref. [65] fastholder at vinteriseringsnivå bestemt av DST og MAT kan føre til overvinterisering og unødvendige kostnader. Grunnen til dette er at minimumstemperaturer forekommer kun i svært korte perioder og/eller har lav frekvens. Dette kan dermed ikke forårsake systemfeil og/eller svekke sikkerheten. Artikkelen presenterer en risikobasert beslutningsprosess for valg og evaluering av vinteriseringstiltak for systemer.

Tilgjengeligheten til elektrisk kraft - Tilgjengeligheten til elektrisk kraft er avgjørende for at samtlige vinteriseringstiltak som trenger elektrisk kraft skal være funksjonsdyktige. Hvert element har en feilrate / sviktintensitet som betegner antall enheter som ikke virker per tidsenhet. Denne feilraten endres gjennom elementets levetid og ofte illustreres vha. den kjente badekarkurven. Med hensyn til vinteriseringstiltak på boreinnretninger som skal mobiliseres og opereres i Barentshavet sørøst, særlig for de aktive tiltakene som trenger energi for å utføre deres tiltenkte funksjoner vil det være viktig å ta hensyn til følgende:

- Boreinnretninger som skal mobiliseres til å utføre oppdrag i Barentshavet sørøst for «første gang» bør gjennomgå en spesifikk førstegangs inspeksjons / testingsrunde på vinteriseringstiltak for å sikre at det ikke er noen barnesykdommer eller systematisk feil i vinteriseringssystemene.
- Det bør sikres at vedlikeholdsmanualer og tilhørende tegninger / dokumentasjoner som beskriver vinteriseringstiltakenes vedlikeholdselementer, tilstandsovervåking og feilsøkningsmetoder og reparasjonsmetoder er tilstrekkelig utviklet og ajourført.
- Det er viktig å ha oppmerksomhet på metoder og utstyr som trenges for å utføre vedlikeholdsarbeid på væreksponte vinteriseringstiltak, f.eks. habitat, punktvarmere, osv.

Det er typisk med installasjon av 6 til 8 parallelle generatorer på dagens boreinnretninger som kan være aktuelle for Barentshavet sørøst. Dette gir en viss robusthet mht. krafttilgjengelighet i feilscenarier med svikt i en av generatorer. Høy redundans og segregering er viktige for å sikre høy tilgjengelighetsgrad i hovedkraft produksjon hvis risikoen for felles feil skal reduseres til et minimum. Basert på krav i klasseregler og industriens beste praksis er det innlysende å forutsette at hovedkraft generering og overordnede kraftfordeling har tilstrekkelig høy tilgjengelighet hvis årsaker til felles feil er identifisert og sannsynligheten til felles feil er redusert til et så lavt nivå som er praktisk mulig. Årsaker til felles feil i hovedkraftsystemet for boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst kan bl.a. være følgende:

- Snø- / isopphoping ved luftinntak til generatorer
- Kulde kombinert med ikke egnet diesel type for vinterbruk
- Programvare feil i generators oppstart, drift lastutkobling og -fordelings logikk
- Drift og vedlikeholds relaterte menneskelige feil

For å øke tilgjengeligheten og sikre driftssikkerheten til elektrisk kraftkrevende vinteriseringstiltak under drift på boreinnretninger i Barentshavet sørøst bør det vurderes å iverksette følgende tiltak;

- Gruppere vinteriserings relaterte elektriske forbrukere mht. deres kritikalitet (dvs. viktige eller vitale, essensielle, og ikke-essensielle). De med høy kritikalitet må gjennomgå et strengt regime mht. funksjonsovervåking og testing
- Sørg for at vinteriserings relaterte elektriske forbrukere med høy kritikalitet forsynes fra nødtavle og det foreligger redundansforsyning til slike forbrukere

- Funksjonsteste vinteriserings relaterte elektriske forbrukere med minst 1 test i begynnelsen av vinterperiode og flere under vinterperioden ifølge deres antatte kritikalitet.
- Overvåke tilstanden til elektriske motorer og pumper (elementer i vinteriseringstiltak) for å avdekke effekten av forringelse i systemet i god tid før forekomst av en feil.

3.10 Barrierestyring

Flytende offshore boreinnretninger (dvs. halvt nedsenkbare og boreskip) kan bli rammet av store ulykker som utblåsning, brann, eksplosjon, helikopterulykker, tap av posisjonering, tap av strukturell integritet, tap av stabilitet, kollisjon, fallende last og H2S utslipp. Ifølge ulykkes historiske data er kantring, tap av oppdrift og brann registrert som hovedårsaker til totalt tap av boreinnretninger. Ocean Ranger kantring, West Atlas / Montara og Deepwater Horizon / GoM utblåsninger er eksempler på hvordan svikt og iboende svakheter i flere barrierelag eller mangelfull barrierestyring kan resultere i store ulykker med katastrofale utfall. For å hindre slike hendelser er det viktig å ha et effektivt barrierestyringssystem på plass.

Barrierer og barrierestyring er relevante begreper til både store og små ulykker. Akseptabelt risikonivå eller risikonivå så lavt som praktisk mulig (ALARP) oppnås først og fremst ved bruk av løsninger som er iboende sikre (inherent safe). Risikoreduserende barrierer brukes når iboende sikre løsninger ikke er mulige eller gjenværende risiko er høyere enn det som kan aksepteres. Barrierer omfatter 3 grupper av risikoreduserende tiltak: Tekniske, Operasjonelle og Organisatoriske. Barrierestyring er en kontinuerlig iterativ prosess som måler risikoer knyttet til operasjonen og dimensjonerer barrierer etter dem. Ytelsen til Barrierer overvåkes og verifiseres under drift etter forutsetninger og ytelseskrav grunnlagt i prosjekteringsfasen. Nødvendige inspeksjon, testing og vedlikehold skal utføres for å opprettholde ytelsen til barrierer under drift. Alle avvik identifisert under denne prosessen og danner grunnlaget for evaluering og iverksettelse av forbedringstiltak for å opprettholde eller heve ytelsen til barrierer.

Key Performance Indicators (KPIer) - For å vurdere å forbedre utførelsen av anleggsintegritet, f.eks. på en boreinnretning bør konkrete og klare ytelsesindikatorer (Key Performance Indicator (KPI)) for anleggsintegritet defineres og overvåkes under operasjonen av anlegget og deretter vurderes mot de forhåndsdefinerte målene for sikkerhet og integritet. I denne sammenheng er det viktig å legge merke til at vinteriseringstiltakene som bidrar til å beskytte anlegget, barrierer og personalet mot ugunstige miljøforholdene i Barentshavet sørøst bør inkluderes i formuleringene av KPIer. Grunnen til det er at svikt i vinteriseringstiltak kan enten være initiatoren til et hendelsesforløp (f.eks. isdannelse og forandringer i lastfordeling og forringende effekt på stabilitet) eller bidrar til at barrieren ikke fungerer slik det var tiltenkt (f.eks. brannvann tilførselslinjer fryser i kulde og ikke er tilgjengelig ved behov).

Effekten av miljøforholdene på pålitelighet og vedlikehold - Miljøforholdene i Barentshavet sørøst kan påvirke både påliteligheten og vedlikehold av værutsatt utstyr hvis de ikke får tilstrekkelig beskyttelse mot de ekstreme degraderende miljøforholdene. OREDA database bruker feildata samlet fra offshoreanlegg i bl.a. Nordsjøen og GoM. Dette innebærer at de spesifikke miljøforholdene som karakteriserer disse områder er inkorporert i OREDA feildata. Men dette innebærer også at hvis OREDA feildata skal benyttes i andre områder med andre miljøforhold så bør det vurderes om nye feilmodi eller feilmekanismer må tas i vurderinger av utstyrstilgjengelighet og pålitelighet, så vel som om feildata, MTBF (gjennomsnittstid mellom Oppståtte feil i et system) / MTTR (gjennomsnittstid til å reparere et system) bør justeres.

Felles feil - Felles feil er betegnelsen til en type feil som kan ramme flere redundante systemer samtidig eller innen en kort tidsperiode slik at reparasjon og idriftsettelse av allerede sviktede systemer ikke er mulig innen den tiden. Miljø stressfaktorer, iboende design og menneskelig feil er noen av hovedårsakene til felles feil i redundante systemer. For

boreinnretninger som skal operere i de ekstreme miljøforholdene i Barentshavet sørøst bør effekten av felles feil på sikkerhetskritiske systemer vurderes nøye.

Virkningen av miljø- / geografiske forhold i Barentshavet sørøst på tekniske barrierer –

Effekten av miljø- / geografiske faktorer (ytelsespåvirkende faktorer) som kan påvirke passive og aktive barrierer i sommer- og helårsoperasjoner er beskrevet i kapitlene 9 og 10 i rapporten.

Virkningen av miljø stressfaktorer på organisatoriske barrierer - Ulykker kan

forårsakes av og/eller eskaleres pga. bl.a. menneskelig svikt.. Menneske som et element i barrierefunksjon kan lide av svakheter som uvitenhet, uoppmerksomhet, dårlig dømmekraft, mangelfull opplæring, dårlig kondisjon, tretthet, osv.

Miljøstressfaktorer i Barentshavet sørøst kan negativt påvirke menneskets ytelse og innsats og forsterke effekten av menneskelige faktorer på arbeidsplassen. Dette kan medføre økt sannsynlighet for at menneske som et organisatorisk barriereelement ikke greier å utføre sin funksjon i en nødsituasjon. For boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst bør det tas hensyn til menneskelige faktorer som kan påvirke mannskapets ytelse under de spesifikke miljø og geografiske forhold (Ytelsespåvirkende forhold). For å motvirke miljøstressfaktorer og løse utfordringer for mannskapet bør det satses på å implementere følgende hovedprinsipper på arbeidsplassen.

- i. Tilpasning av arbeidsplassen og oppgaver til mannskapets evner (f.eks. vha. vinteriseringstiltak)
- ii. Forberedelse og tilpasning av mannskapet (fysisk og psykologisk) slik at de kan utføre sin funksjon i Barentshavet sørøst miljø (f.eks. vha. fysiologiske tiltak)

3.11 Logistikk og vedlikehold

Store avstander fra land og landbaser, hvor den nordligste delen av Barentshavet sørøst ligger 490 km fra Vardø og 560 km fra Hammerfest, er et risikoelement som gir utfordringer både for vanlig transport og for beredskap. Det må i større grad tas hensyn til værforhold (spesielt tåke om sommer og is om vinter) og vurderes hvilke operasjoner det er mulig å gjennomføre i gitte perioder. Lenger sør på sokkelen finnes det enkel tilgang til ressurser som kan anvendes raskt om noe skjer. I Barentshavet sørøst vil det sannsynligvis ikke være mange fartøy i området og i første fase vil det være langt til naboinstallasjoner.

Logistikk - sommeroperasjon

Avstand fra base på land samt tåke vil øke sannsynlighet for at noe kan skje med forsyningsfartøyet eller at det må vente, slik at frekvens for levering ikke kan opprettholdes. For sommeroperasjon vurderes det at man ikke har økt sannsynlighet for is / ising vil kunne hindre at forsyningsfartøy ikke når frem i tide. Logistikk vurderinger:

- Rørlager; Det må påses at det er nok borerør om bord for hele boreoperasjon (lengde av planlagte brønn), videre må det påses at det er nok føringsrør om bord for den hullseksjonen som bores, samt for neste planlagte hullseksjon
- Borestigerørlager; Deler av borestigerørslageret anvendes som lager for blant annet borkaks/borevæske i retur, vanntanker og containere ved behov
- En ekstra flexjoint og tre «pup joints» og 3 ekstra borestigerørs element
- Bore tørrstofflager / sekkelager; Barytt og sement tørrstofflager om bord med kapasitet for største planlagte hullseksjon, samt neste hullseksjon
- Vann / Diesel, Borevann / diesel om bord med kapasitet for største planlagte hullseksjon, samt neste hullseksjon
- Borkaks; Lagerkapasitet for borkaks tilsvarende en hullseksjon boret kontinuerlig, antatt 300 m³ / 400 tonn borkaks
- Brukt borevæske; Lagerkapasitet for brukt borevæske tilsvarende største hullseksjon boret kontinuerlig

- Forbrennings diesel; Lagerkapasitet for en måneds kontinuerlig drift uten forsyning (kapasitet avhengig av om det er anker/ dynamisk eller kombinert posisjonering)
- Dagtank for nødgenerator; 14 til 18 timers drift
- Helifuel; For de nordligste områdene i Barentshavet sørøst bør det være mulighet for mellomlanding for påfylling
- Drikkevann; Som for norsk sokkel

Det anbefales generelt at alle aspekter knyttet til optimal logistikk strategi og planlegging med tanke på effektiviteten til alle involvert ledd fra bestilling til leveranse kartlegges, og at samarbeid med andre aktører i området optimaliseres.

Logistikk - Helårsoperasjon / vinteroperasjon

I tillegg til lang avstand mellom forsyningsbase på land og boreinnretning er det vurdert at is / ising værforhold vil kunne påvirke forsyningsfartøyenes regularitet under helårsoperasjon / vinteroperasjon. Følgende bør vurderes:

- Rørlager; Borerør om bord for totalt planlagt brønner, pluss 50 % av neste brønn, fôringsrør om bord for hullseksjon en borer, samt to neste hullseksjoner av planlagt brønn
- Borestigerørlager; Deler av borestigerørslageret anvendes som lager for blant annet borkaks/borevæske i retur, vanntanker og containere ved behov
- En ekstra flexjoint og tre pupjoints og 3 ekstra borestigerørs element
- Bore tørrstofflager / sekkelager; Barytt og sement tørrstofflager om bord med kapasitet for å dekke største planlagte hullseksjon, samt to neste hullseksjoner
- Vann / Diesel, Borevann / diesel om bord med kapasitet for største planlagte hullseksjon, samt to neste hullseksjoner
- Borkaks; Lagerkapasitet for borkaks tilsvarende en hullseksjon boret kontinuerlig. Antatt 400 m³ / 500 tonn borkaks
- Brukt borevæske; Lagerkapasitet for brukt borevæske tilsvarende største og neste hullseksjon boret kontinuerlig
- Forbrennings diesel; Lagerkapasitet for en og en halv måneds kontinuerlig drift uten forsyning
- Dagtanker nødgenerator; 18 timers drift og diesel matepumpe på nødkraft
- Helifuel; For de nordligste områdene i Barentshavet sørøst bør det være mulighet for mellomlanding for påfylling
- Drikkevann; Som for norsk sokkel

For helårsoperasjon / vinteroperasjon, spesielt i den første fasen med få aktører som man kan samarbeide med, må alle aspekter knyttet til optimal logistikk strategi og planlegging med tanke på effektiviteten i alle involvert ledd fra bestilling til leveranse kartlegges og være klart definert før operasjoner startes. Ved boring langt fra base (nordligste områder) bør man derfor sikre frekvens ved bruk av flere forsyningsfartøy / større fartøy, samt samarbeide med andre aktører der det er aktuelt.

Vedlikehold – sommer og vinteroperasjon

For sommer- og vinteroperasjon bør følgende vurderes:

- Optimal forebyggende og prediktiv vedlikeholds strategi er definert og kjent for brukere
- Utnytte værvindu for kampanje vedlikehold, spesielt for helårs (vinteroperasjoner)
- Ikke utsette vedlikehold, følge oppsatte planer
- Brukes boreinnretninger der Pålitelighetsbasert vedlikehold (Reliability Based Maintenance (RBM)) og Risikobasert inspeksjon (Risk Based Inspection (RBI)) er eller blir implementert
- Brukes boreinnretninger med doble system for kritiske boresystem som vertikal rørhåndtering
- Reserve opplegg for borevæskpumpe og sement system
- Større lagerbeholdning av reservedeler om bord

- Erfaring med innretning og utstyr ombord legges til grunn
- Mulighet for å utføre mer og større reparasjoner ombord fremfor å sende til land, m.a.o. boreinnretning med dertil egnede verksted fasiliteter og bemanning

Da det er stor variasjon av lager størrelser og verksteder om bord på aktuelle boreinnretninger er dette et emne som må vurderes spesielt for hver innretning.

3.12 Materialvalg

Materialtekniske utfordringer vil kunne oppstå ifm. operasjoner i kalde områder hvor lave temperaturer og hurtige temperaturfall kan inntreffe. Materialer blir sprø og særlig sveiseskjøter er utsatt. Stål kan få såkalte sprøbrudd, der en sprekk utvider seg raskt til totalt brudd. I kompositter samt plast og gummi oppstår det en kaller «glasstemperatur», der plast/gummi blir sprø og oppfører seg som glass, tetningene sprekker og en kan få lekkasjer. Materialvalg og egnethet av standarder er således ett viktig element for design av Boreinnretninger og utstyr for bruk i Barentshavet sørøst. Materialer brukt over LIWL (laveste is vannlinje) skal tilfredsstillende MDT som fremkommer av klasse notasjon ICE-IC og vinteriseringstemperatur t_w , som for sommeroperasjon er anbefalt til $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (t_{basic}) med isklasse. Materialvalg er videre behandlet i Ptils studie ST «Konstruksjonssikkerhet».

3.13 Boreinnretninger krav / dimensjoner

Krav til boreinnretninger

Halvt nedsenkbare enheter (SEMI) og skipsinnretninger kan være egnet både til leteboring, avgrensningsboring og produksjonsboring (helårsboring) i Barentshavet sørøst. For lete-/avgrensningsboring i sommersesong er de fleste siste generasjons innretninger trolig egnet. For helårsboring i de mest utsatte deler av Barentshavet sørøst bør ekstra tiltak iverksettes.

Det anbefales at det ikke aksepteres negativt air gap på boreinnretninger brukt i Barentshavet sørøst verken for sommer eller helårsoperasjoner.

Ref. likelydende brev fra Ptil datert 30.09.2016 (Halvt nedsenkbare innretninger og bølger i dekk)

Det har ikke vært mulig, eller funnet hensiktsmessig, å definere størrelser / dimensjons krav til boreinnretningene idet dette er avhengig av hvor og når en skal utføre boreoperasjoner, samt hvilke brønner en skal bore. Men, vurderinger om lagerbehov for de viktigste forbruksmaterialer er derimot utført.

Riggforflytning

Studiegruppen har vurdert emner som kan forenkle forflytninger og derav medføre kostnadsreduksjoner ved selve inntaket og / eller sikre mer konkurranse på riggrater. I denne sammenheng påpeker studiegruppen at krav til vinterisering og HMS-nivå generelt ikke må reduseres som følge av forenklet riggforflytning samt at dagens ordninger inkludert tilsynsregimet ikke må svekkes. Det må foretas en detaljert inspeksjon av innretningen samt sørge for at all dokumentasjon er til stede og relevant for operasjon i Barentshavet sørøst. Riggens ytelse / oppetid og vedlikeholdsbehov samt tilgang til reservedeler er også av stor betydning og må dokumenteres. En slik gjennomgang vil vanligvis føre til ett oppgraderingsbehov og det må vurderes om at operatør bør være en aktiv deltager/oppfølger på byggeplass.

Det har vært vanskelig å få tilgang til detaljerte oppsett for hvordan andre lands regelverk styrer forenklet forflytning fra andre lands sokler til eget lands sokkel samt hvordan dette fungerer i praksis. Det kan likevel konkluderes at prosessene før førstegangs operasjon med

flyttbare innretninger er vesentlig forskjellige mellom andre land og Norge. Viktigste forskjeller er innenfor håndheving og prosesser forut for førstegangs operasjon.

For å kunne møte krav til avlastnings innretning (starte boring 12 dager etter beslutning) må en ha identifisert type (sertifiseringer) og generelle krav til boreinnretninger som kan være aktuelle og således defineres som forhånds godkjent. Mest aktuelle innretninger er fra Nordsjøen / Norskehavet med transport tid på 4 til 8 dager avhengig av vær og lokasjon i Barentshavet samt med godkjent Samsvarsuttalelse (SUT). For helårs vinteroperasjon kan transport til felt være avgjørende for hvorvidt det er mulig å sikre en avlastningsenhet innen 12 dager og løsninger må vurderes spesielt for hver brønnlokasjon spesielt med hensyn på om egnet avlastning innretning bør nomineres for beredskap.

3.14 Forslag til videre arbeid

For å utrede detaljer og fjerne usikkerheter knyttet til noen vurderinger eller finne svar på noen ubesvarte spørsmål i denne rapporten anbefaler studiegruppen å utføre følgende som tilleggsoppgaver:

1. Formulering av nye «Key Performance Indicators» (KPIer)

For boreinnretninger generelt og de som skal operere i Barentshavet sørøst bør formålstjenlige laggende og ledende KPIer defineres i sammenheng med sikkerhets- / barrierestyring. I denne sammenheng er det også viktig å legge merke til at vinteriseringstiltakene som bidrar til å beskytte anlegget, barrierer og personellet mot de ugunstige miljøforholdene i Barentshavet sørøst bør ha en vis integritet. Med basis i dette bør det tas hensyn til de ugunstige miljøforholdene i formuleringene av KPIer. Grunnen til det er at svikt i vinteriseringstiltak kan enten være initiatoren i et hendelsesforløp (f.eks. isdannelse og forandringer i lastfordeling og forringende effekt på stabilitet) eller bidrar til at barrieren ikke fungerer slik det var tiltenkt (f.eks. brannvann tilførselslinjer fryser i kulde og er ikke tilgjengelig ved behov).

2. Evaluering av generisk / OREDA feildata i RAM og SIL analyser for boreinnretninger tiltenkt for Barentshavet sørøst

Miljøforholdene i Barentshavet sørøst kan påvirke både påliteligheten og vedlikehold av værutsatte utstyr hvis de ikke får tilstrekkelig beskyttelse mot de ekstreme degraderende miljøforholdene. Feildata fra generiske databaser brukes ofte i RAM og SIL analyser. OREDA database bruker feildata samlet fra offshoreanlegg i bl.a. Nordsjøen og GoM. Dette innebærer at hvis OREDA feildata skal benyttes i andre områder med andre miljøforhold, så bør det vurderes om nye feilmodi eller feilmekanismer må tas i betraktning under evalueringer av utstyrstilgjengelighet og pålitelighet, så vel som om feildata, MTBF / MTTR bør oppjusteres.

3. Krav om 50 km avstand fra iskant

Utarbeide forslag til (ref. diskusjon i kap. 16);

- definisjon av begrepet «operere» (område rundt boreinnretning, brønnlokasjon osv.)
- Krav til permanent plugging av brønn der iskanten kan komme nærmere enn 50 km
- Klarere mulighet for avviks boring og avlastnings boring der iskanten kan komme nærmere enn 50 km

4. Kjemiske avisingsmidler

Vurdere egnethet særlig ifm. system for applikasjon og konsekvens for rørsystem og dreneringssystem / oppsamling (material kompatibilitet)

5. Miljøtiltak/ Energisparing

Hvordan oppnå «Grønnere leteboring»?

- Praktiske tiltak, tekniske, operasjonelle og organisatoriske, for å oppnå grønnere boreinnretning
- Vurdere bl.a. varmegjenvinning, isolering, oppvarmingsbehov, optimale temperaturkrav, alternative ventilasjonsprinsipper

6. Borkaks / borkaks håndtering

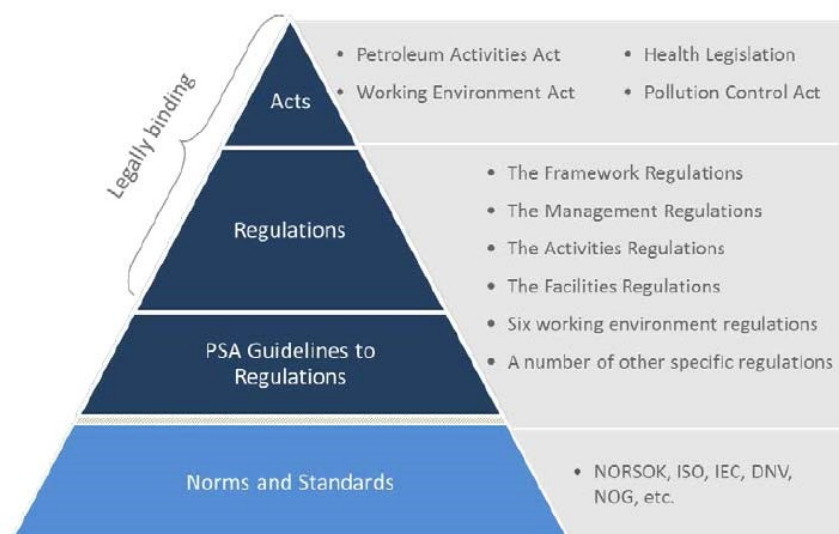
Utarbeide forslag til å miljø optimalisere borkaks håndtering og behandling / lagring om bord innretning.

- Boremetode
- Gjenbruk av barytt / tilsetningsstoffer
- Borkaks mottakssystem / -metode
- Borkaks behandling om bord (komprimering, andre metoder)

4. NASJONALE OG INTERNASJONALE REGELVERK, STANDARDS OG RETNINGSLINJER

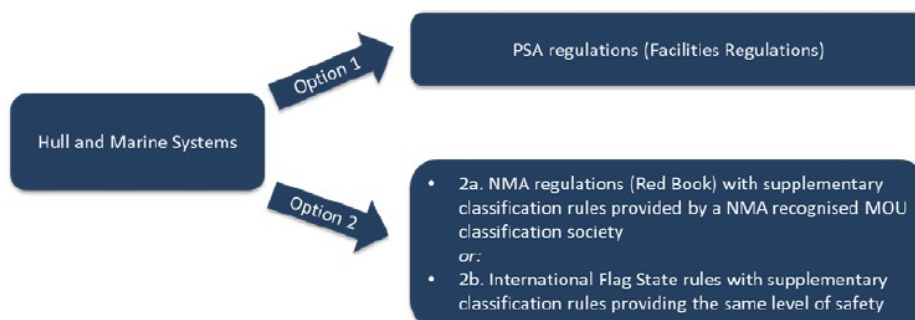
4.1 Innledning

Alle flyttbare innretninger (MOU) som er registrert i et nasjonalt skipsregister og skal delta i petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel (NCS) må søke for å få utstedt en samsvarsuttalelse (SUT) fra Petroleumstilsynet. Lover og regler som regulerer helse, miljø og sikkerhet (HMS) på norsk sokkel og HMS-regelverket håndhevet av Petroleumstilsynet er vist i figuren nedenfor. (ref. ([4]))



Figur 4-1 HMS regelverk håndhevet av Ptil (ref. [4])

Etter § 3 i Rammeforskriften «Anvendelse av maritimt regelverk i petroleumsvirksomheten til havs», flyttbare innretninger som følger et maritimt driftskonsept kan bruke relevante tekniske krav i Sjøfartsdirektoratets (Sfd) (Norwegian Maritime Authority (NMA)) regelverk for flyttbare innretninger med utfyllende klasseregler gitt av en MOU-klasseinstitusjon anerkjent av Sfd. Alternativt kan internasjonale flaggstatsregler med utfyllende klasseregler som gir samme sikkerhetsnivå til tekniske krav, fastsatt i og i medhold av petroleumsløven, brukes. Dette betyr at søkere har tre valg når de bestemmer seg for hvilke tekniske krav til skrog og marine systemer for å implementere på en MOU.



Figur 4-2 Alternativer for implementering av tekniske krav relatert til skrog og marine systemer på flyttbare innretninger (ref. [4])

Bestemmelsen på å bruke Sfds regelverket omfatter maritime områder som skrog, stabilitet, forankring, marine systemer og andre områder som for eksempel elektriske systemer, kommunikasjonssystemer, dekkskraner, helikopterdekk osv. Det utelukker funksjonelle systemer som er direkte knyttet til petroleumsvirksomhet slik som bore- og prosessutstyr,

lyd og visuelle alarmer, utstyr for personelltransport og krav til personelltransport på boredekket og brønnintervensjonssystemer.

NMA anerkjenner følgende MOU klasseinstitusjoner:

- DNV GL (Det Norske Veritas),
- American Bureau of Shipping (ABS)
- Lloyds Register of Shipping (LRS)

Det Maritime regelverket har sin basis i den internasjonale sjøfartsorganisasjonens (IMO) konvensjoner, som er ratifisert av medlemslandene / flaggstatens myndighet. IMO har utarbeidet en Mobile Offshore Drilling Unit (MODU) enkode som dekker sikkerhetsmessige aspekter for mobile offshore boreinnretninger. De nasjonale flaggstatenes myndigheter står fritt til å spesifisere krav som overstiger IMO minimumskrav, for eksempel NMA ikke har ratifisert MODU Code, men har utviklet et bestemt sett med regler (Red Book) for flyttbare innretninger.

4.2 Regelverk

4.2.1 Nasjonalt regelverk

- Petroleumsloven
- Arbeidsmiljøloven
- Forurensningsloven
- Naturmangfoldloven
- Ptil HMS regelverk o Rammeforskriften, o Styringsforskriften, o Innretningsforskriften o Aktivitetsforskriften
- Maritimt regelverk ihht hovedprinsippet for anvendelse i rammeforskriften § 3 o Sjøfartsdirektoratets regelverk supplert med Det norske Veritas (DNV) offshore Standards

4.2.2 Internasjonalt regelverk

- IMO MODU Code, 2009
- IMO Polar Code
- IACS Requirements for polar class vessels (2011)

4.3 Standarder

4.3.1 International Organization for Standardization (ISO)

- NORSOK N-003: 2017 - Actions and action effects
- ISO 19906:2010 - Petroleum and natural gas industries - Arctic offshore structures
- ISO TC67 SC8 Arctic operation standards (under utvikling)
 - o ISO/CD 35101 Petroleum and natural gas industries -- Arctic operations -- Working environment

- o ISO/AWI 35102 Petroleum and natural gas industries -- Arctic Operations -- Escape, evacuation and rescue from offshore installations
- o ISO/CD 35103 Petroleum and natural gas industries -- Arctic Operations -- Environmental monitoring o ISO/AWI 35104 Petroleum and natural gas industries -- Arctic operations -- Ice management
- o ISO/AWI TS 35105 Petroleum and natural gas industries -- Arctic operations -- Material requirements for arctic operations o ISO/CD 35106 Petroleum and natural gas industries -- Arctic operations -- Arctic metocean, ice and seabed data

4.3.2 American Petroleum Institute (API)

- API RP 17W:2014 Subsea capping stacks
- API Specification 4F:2013 Specification for drilling and well servicing structures
- API Recommended Practice 2N - Planning, Designing, and Constructing Structures and Pipelines for Arctic Conditions

4.4 Retningslinjer

4.4.1 Det Norske Veritas (DNV GL)

- DNVGL-OS-A201 - Winterization for Cold Climate Operations, OCTOBER 2013 □
DNVGL-ICE-1C, Ships for Navigation in Ice, 2011

4.4.2 American Bureau of Shipping (ABS)

- American Bureau of Shipping (ABS) - Guidance notes on ice class (2014)
- American Bureau of Shipping (ABS) - Guide for vessels operating in low temperature environments, august 2010 (updated February 2014)
- American Bureau of Shipping (ABS) - Low Temperature Operations, Guidance for Arctic Shipping

4.4.3 Lloyd's Register

- Part 8 - RULES FOR ICE AND COLD OPERATIONS, Rules and Regulations for the Classification of Ships (2016)
- Provisional Rules for the Winterization of Ships (2015)

4.4.4 Bureau Veritas

- Bureau Veritas - Guidance note NI 565 Ice characteristics and ice / structure interactions (2010):

4.4.5 The Oil Companies International Marine Forum (OCIMF)

- Offshore Vessel Operations in Ice and/or Severe Sub-Zero Temperatures in Arctic and Sub-Arctic Regions, First edition 2014

4.4.6 International Maritime Organization (IMO)

- GUIDELINES FOR SHIPS OPERATING IN ARCTIC ICE-COVERED WATERS,
CIRC\MSC\1056-MEPC-Circ399

5. NATURFORHOLD BARENTHAVET SØRØST

5.1 Innledning

Naturforholdene i Barentshavet kan være utfordrende og skiller seg på flere områder fra andre deler av norsk kontinentalsokkel. I Barentshavet sørøst vil strøm, vind og bølgeførhold ikke skille seg vesentlig fra f.eks. Nordsjøen. Polare lavtrykk, snø og ising er faktorer som krever spesiell oppmerksomhet. Selv om risikoen for sjøis og isfjell er lav så er dette også forhold man må ta høyde for i disse områdene. Temperaturene i Barentshavet varierer svært mye mellom de sørligste og nordligste delene av Barentshavet sørøst og man kan få ekstreme minimumstemperaturer i de nordligste områdene som stiller høye krav til planlegging og gjennomføring av boreoperasjoner spesielt i vinterstid.

Typiske naturlaster som opptrer enkeltvis eller i kombinasjon i Barentshavet sørøst kan være men ikke begrenset til:

- Bølger, strøm og vind
- Sjøis (ettårs- og flerårs is)
- Isfjell og isklumper (knult og growlers)
- Atmosfærisk ising og ising fra sjøsprut
- Snø
- Polare lavtrykk og tråg

Ovennevnte naturlaster er kort beskrevet i kap. 5.2 og 5.3 for henholdsvis sommer og helårsoperasjon.

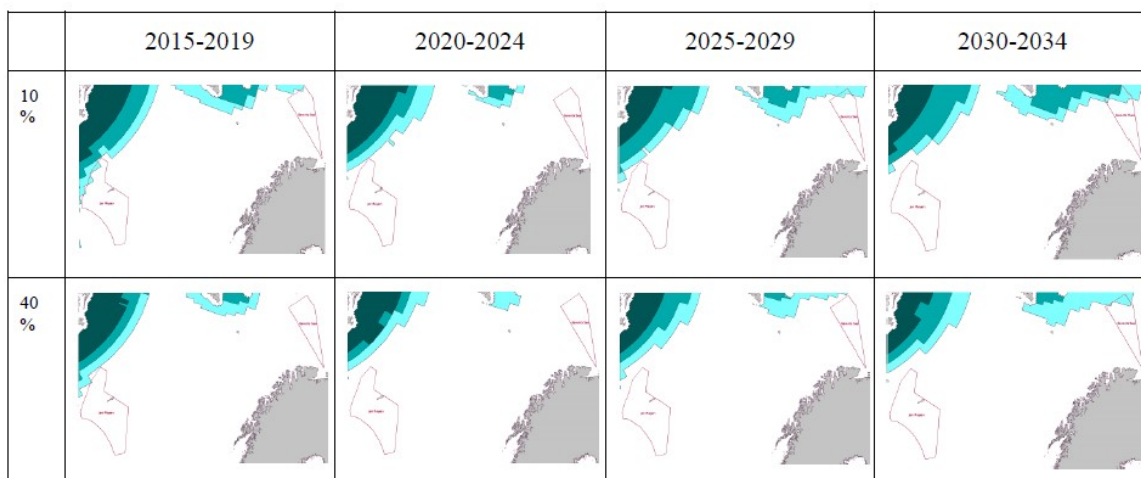
Det er viktig å understreke at for operasjoner i vinter- /sommersesongen er det operatøren som først og fremst må definere de lokasjonsspesifikke vinter og sommer forhold.

5.1.1 Klimaendringer

De globale klimaendringene har ført til store endringer i Arktis, og endringene går raskt. De siste tiårene har gjennomsnittlig årstemperatur i Arktis økt om lag dobbelt så mye som det globale gjennomsnittet og utbredelsen av sjøisen om sommeren er nesten halvert. Operasjoner i arktiske områder vil også måtte ta inn over seg endringer i klimaet. Dette vil si at man blant annet kan se en økning i temperatur- og denne vil akselerere raskere i disse områdene etter hvert som isen smelter og det blir mer åpent hav. Allerede ser man slike tendenser og hvert år de siste tre årene har det vært nye temperatur rekorder i dette området.

Rapporten "Klima I Norge 2100" gir en beskrivelse av de forventede endringene som vil komme klimamessig i Norge og havområdene i det 21 århundret. Klima modellene forutser at det vil bli liten eller ingen endring i vindforhold, men det er mer usikkerhet rundt hyppigheten til høyere vindhastighet. Klimamodellene forutser også en liten økning (2%) i signifikant bølgehøyde i Barentshavet. Havnivå stigning relatert til klimaeffekter er estimert til å være ca. 0,7 meter i år 2100, og både tykkelsen og utbredelsen av isen i Arktis forventes å bli redusert i det 21 århundret. Det er en forventning om at Arktis er isfri på sommeren i midten av dette århundret, men man forventer også større interårslige variasjoner (ref. [5]).

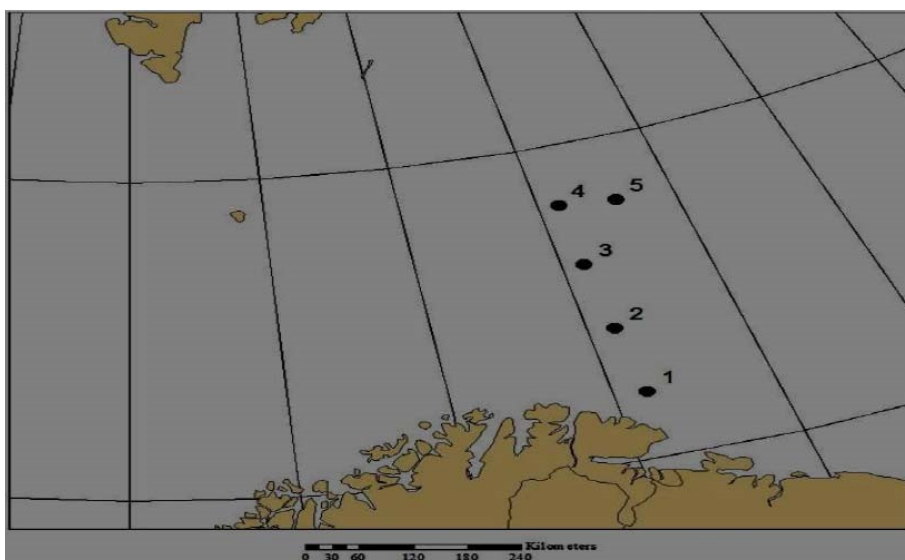
Figuren på neste side viser klimaprognoser for sjøis i fire ulike femårs intervaller i april måned da denne måneden normalt har maksimal isutbredelse. Fargene viser minimum, gjennomsnitt og maksimal isutbredelse i Barentshavet. Den nordligste delen av Barentshavet sørøst (øverst i høyre hjørne på figurene) forventer man å finne isdekke i de kommende årene. NorESM (norsk Earth System Modell) ser ut til å gi en viss økning i isutbredelsen i Barentshavet fra 2025. Man kan heller ikke se bort fra at sterke nordlige vinder kan føre drivis lenger sør i Barentshavet, det samme gjelder for isfjell (ref. [6]).



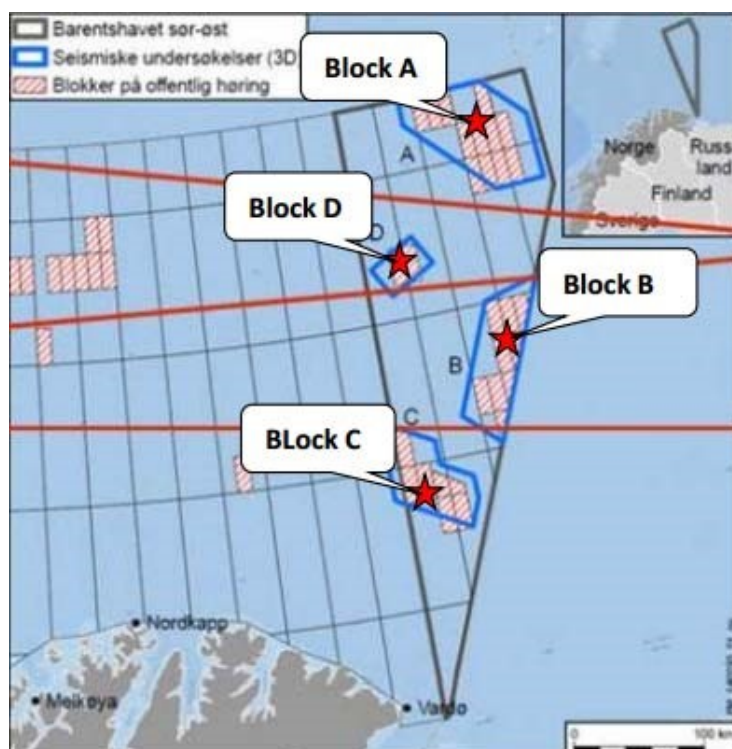
Figur 5-1 Sintef- Isutbredelse prediksjon for henholdsvis 10 % og 40 % iskonsentrasjon i 4 ulike 5 års intervaller for april måned da isutbredelsen normalt er på sitt maksimale- NorESM modellen. (ref. [7])

5.1.2 Data

Ulike modeller benytter historiske data for å modellere vind, vindretning, bølger og temperatur. Meteorologisk Institutt har generert data for våre havområder. Modellene er basert på observerte trykkfelt. Målepunkter 1-5 ligger i Barentshavet sørøst og er brukt i figuren nedenfor. Disse punktene ligger i, og i nærheten av lisensområdene og er representative for denne studien. Når det gjelder varslinger er det generelt noe lavere varselkvalitet i arktiske områder på grunn av at det er få observasjoner der og det er varierende presisjon i modellene som brukes i de arktiske områdene. Det er også noe variabelt for hvilke parametere man ser på. For vind og snø er varslene ok. Når det gjelder bølger er varslene greie mens de er svake når det gjelder tåke og ising (ref. [8]).



Figur 5-2 Målepunkter i Barentshavet. HINDCAST data som er generert av NORA10 modellen. (ref. [7])



Figur 5-3 Oversikt over lisensområdene i Barentshavet sørøst (Ref. www.npd.no)

5.2 Sommeroperasjon

Intervallet for sommeroperasjonen beskrives best av parametere slik som temperatur og tåke som vil være viktig å ta høyde for ved drift og design av flyttbare boreinnretninger under sommeroperasjoner. For sommeroperasjonen er parameterne temperatur, isfjell og tåke behandlet i detalj.

Kort oppsummert er premisene for sommeroperasjon vurdert som følger:

- Design servise temperatur/ vinteriserings temperatur t_w for sommeroperasjon vurderes til $t_w -15^{\circ}\text{C}$
- Vind, strøm og bølger generelt som i Nordsjøen / mildere forhold enn i Norskehavet
- Risiko for sjøis i området - Sjøis dannes ikke lokalt i Barentshavet sørøst i perioden men kommer fra andre områder / havstrøm
- Isfjell / knult er mulig
- Stor risiko for tåke over lengre tidsperioder

5.2.1 Temperatur

Temperatur er en svært viktig faktor for planlagte operasjoner i kalde områder. Det er viktig å ha en klar definisjon om hvilken temperatur man snakker om, hvilke forhold temperatur definisjonen er gjeldene for og hvordan bruk av definisjonen kan påvirke operasjonen.

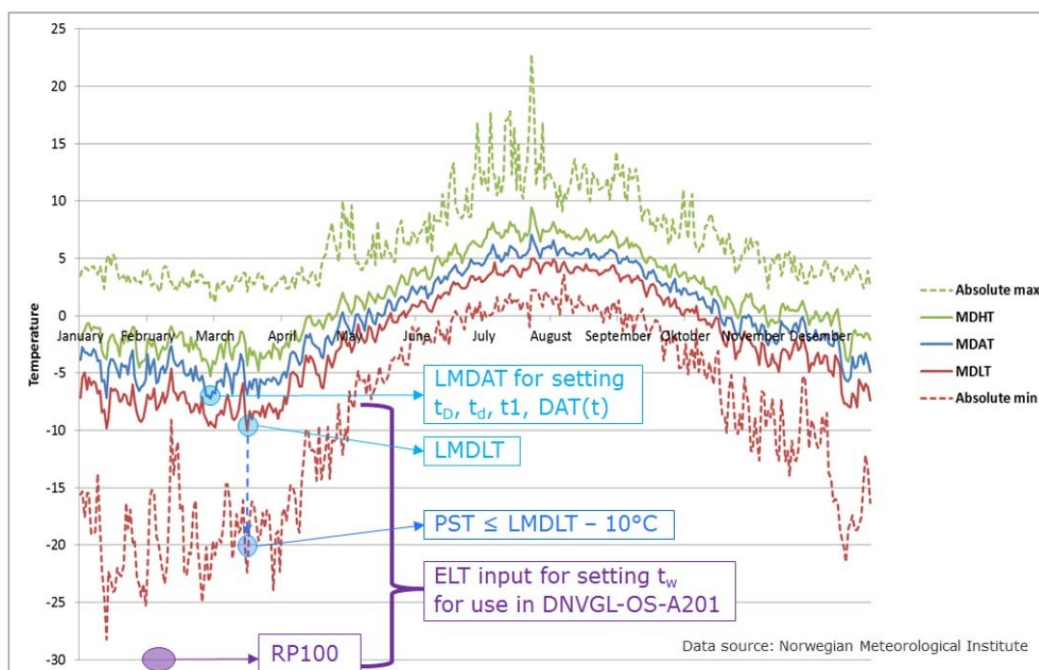
Temperatur dataene er basert på en modell fra Meteorologisk Institutt og er fra perioden 1958-2014. Data er tilgjengelig både fra 2 og 30 m høydenivå og er tilgjengelige i tidsserier med 3 timers intervall mellom hver temperaturverdi. Dataene viser at svært kalde forhold kan opptre i ekstremhendelser i de nordligste blokkene. For vinteroperasjoner bør temperaturer helt ned mot -30°C til -34°C kunne håndteres.

I følge diagrammet vist nedenfor, fra ref. [9], har det ikke vært absolutte minimums temperaturer lavere enn -5°C i perioden mellom juni og oktober måneder i området Barentshavet sørøst.

Tabellen under gir en beskrivelse av diverse lav temperaturbegreper relevant i design av offshore innretninger. I følge ref. [10] bruker internasjonale standarder vanligvis den ekstrem lave temperaturen (ELT) som vinteriserings temperatur (t_w). ELT indikerer en ekstrem lav temperatur som har en årlig forekomstsannsynlighet som ikke er større enn 1×10^{-2} . I ISO 19906 terminologi brukes betegnelsen LAST (laveste forventede service temperaturen) istedenfor ELT og bestemmes av verdien til RP100. Som diagrammet viser RP100 for Barentshavet sørøst er på -30°C som er relevant for boreinnretninger som skal ha helårsoperasjon i dette området.

Tabell 5-1 Tabellen viser sammenhengen mellom bruken av temperaturdata og vinterisering (ref. DNV memo: USE OF TEMPERATURE IN STANDARDS AND CLASSIFICATION RULES FOR OFFSHORE INSTALLATIONS)

Symbol	Meaning	Reference	Use
t_D, t_d	Design temperature; Material design temperature	IACS UR S6.3 and DNVGL Rules for Ships	Ship winterization Selecting steel grade
t_w	Winterization temperature	DNVGL-OS-A201	Offshore winterization
t_1, t_2	Design temperature and Extreme design temperature	DNV Rules for Ships (pre-July 2013)	Ship winterization
DAT(t)	Design ambient temperature	DNVGL Rules for Ships	Class notation for struct material selection
PST	Polar service temperature	IMO Polar Code	Polar Code compliance
LMDAT	Lowest mean daily average temp.	IACS UR S6.3, DNVGL Rules for Ships, and DNVGL-OS-A201	Setting t_D, t_d, t_1 , DAT(t) Selecting steel grade
LMDLT	Lowest mean daily low temperature	IMO Polar Code	Setting PST $PST \leq LMDLT - 10^{\circ}\text{C}$
ELT	Extreme low temperature	DNVGL-OS-A201	Setting t_w
LAST	Lowest anticipated service temperature	ISO 19906	Setting t_w
RP100	Extreme low air temperature with an annual probability of exceedance not greater than 10^{-2}	ISO 19906 and NORSOK N-003	Setting LAST



Figur 5-4 Temperaturdata for Barentshavet sørøst basert på modell fra Meteorologisk Institutt i perioden 1958-2014 (ref. DNV memo: USE OF TEMPERATURE IN STANDARDS AND CLASSIFICATION RULES FOR OFFSHORE INSTALLATIONS)

5.2.2 Vindhastighet

Vindforholdene er tilnærmet lik det man finner i Nordsjøen. Maksimal vindhastighet ser ut til å være omtrent på samme nivå eller litt lavere i Barentshavet sørøst enn for sammenlikningspunkter lenger sør-vest. Det som må gis spesiell oppmerksomhet i disse områdene og med hyppigst frekvens i vinterhalvåret er polare lavtrykk. Dette er utdypet i kapittel 5.3.7 under helårsoperasjoner.

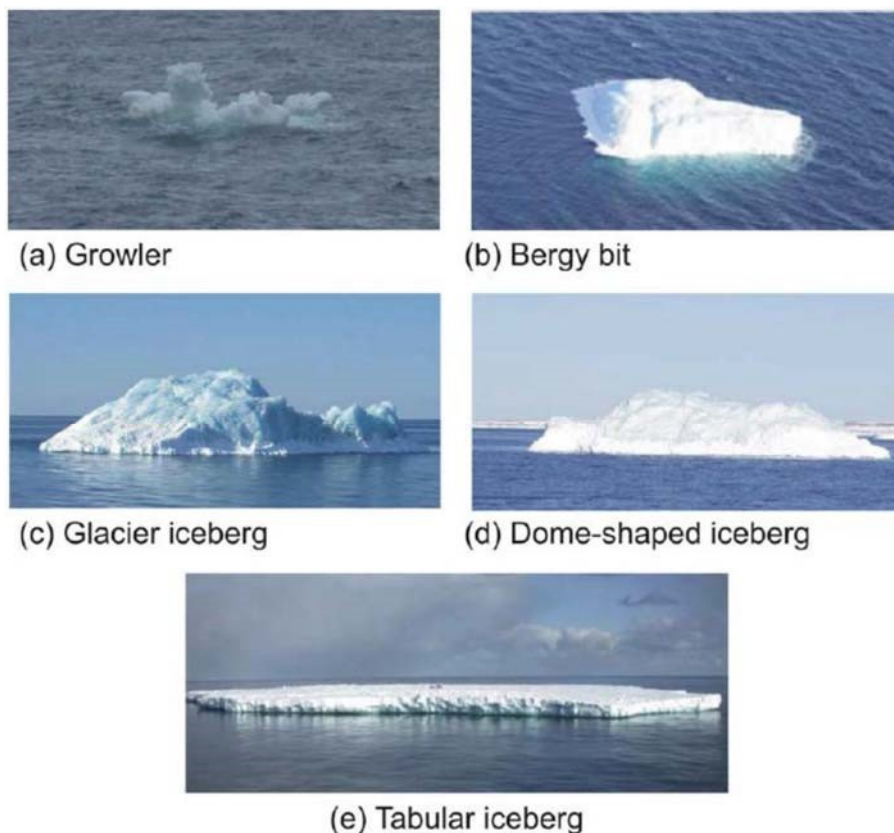
5.2.3 Is / isfjell

Isfjell er is som har løsnet fra større isbreer gjennom kalving og defineres ved en størrelse større enn 5 meter i diameter (ref. [7]). Formen varierer noe men vanligvis er det ca. 10% av isfjellet som stikker over vannlinjen. Det eksisterer historiske observasjoner av isfjell helt ned mot kysten av Finnmark både fra 1881, 1929 og 1939, men i nyere tid er det lite informasjon om forekomsten av isfjell i Barentshavet.

Den største kilden til isfjell i Barentshavet er fra isbreer på Frans Josef land som ligger ca. 700 km nord-øst for blokk A i Barentshavet sørøst. Havstrømmer kan frakte isfjell ut i Barentshavet. Sirkulasjonen i Barentshavet fører normalt isfjellene mot østkysten av Svalbard. I 2015 ble det gjort flere observasjoner av isfjell fra den meteorologiske stasjonen på Hopen.



Figur 5-5 Visuelle observasjoner av isfjell fra den meteorologiske stasjonen på Hopen (ref. [7])



Figur 5-6 Oversikt over de forskjellige formene på isfjell som er definert. (ref. [11])

Definisjoner på isfjell:

For å bli klassifisert som et isfjell må isen rage mer enn 5 meter over sjø nivå, ha en tykkelse på mellom 29-50 meter og dekke et areal på rundt 5000 m². /10/

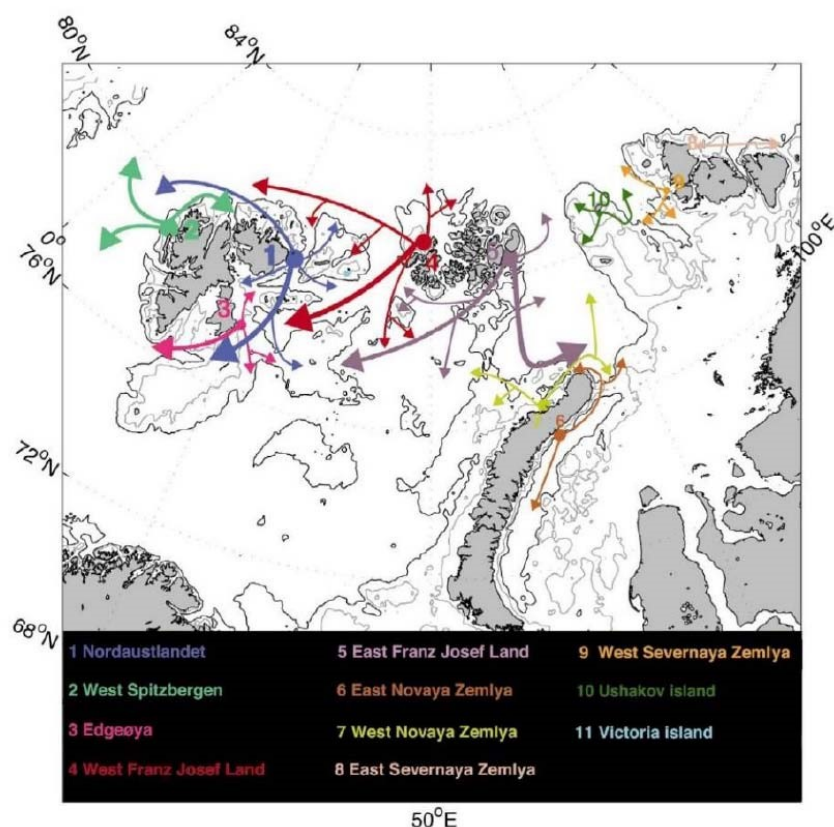
- Growler/knult - Mindre biter av is er kjent som growlere/knult eller bergy bits. Begge deler stammer fra isbreer eller landfast is og kan også være et resultat av et større isfjell som har blitt fragmentert. Growlere/knult karakteriseres vanligvis som is som flyter mindre enn 1 m over sjøoverflaten. Den er rundt 5-10 meter i lengde og har et areal på ca. 20m² som kan sammenliknes med en lastebil eller et flygel.
- De største bitene av growlere/knult kalles gjerne *berg bit*. *Bergy bits* er definert som en del av en isbre som er mindre enn 30 m i lengde og 1 til 5 meter i høyde med et vannlinje område i størrelsesordenen 100-300m². Massen er vanligvis på mindre enn 11000 tonn. Denne typen is kan være svært vanskelig å se når den er omgitt av sjøis eller når det er høye bølger. De er også svært vanskelig å detektere da de ikke vil

være synlige fra satellittprodukter. Det er lite eller ingen statistikk på denne typen isfjell i Barentshavet. Man antar at disse kan opptre hyppigere enn isfjell. Hvis man antar at slike små isfjell forekommer med samme sannsynlighet som isfjell.

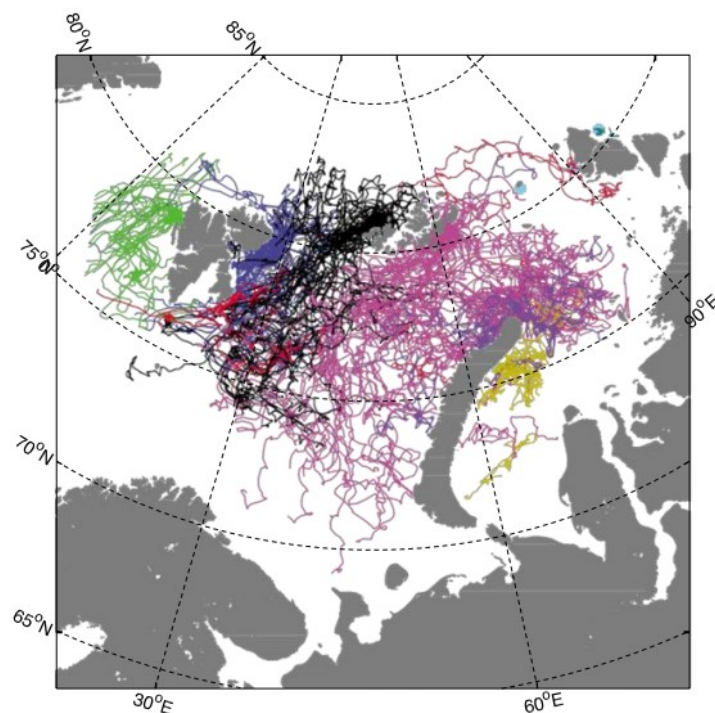
- *Glacier/Pinnacled Iceberg* er et isberg med pyramide formet form.
- *Dome-shaped iceberg* er et isberg med glatt og avrundet topp.
- *Tabular iceberg* er et isberg med flat topp.

Det antas at det i år med mye nordlig vind vil kunne drifte isfjell lenger sør og inn i Barentshavet sørøst. Hvor langt sør de kan drifte er pr i dag uklart. Derfor kan man ikke utelukke isfjell i dette området. Zubakin et al. (ref. [12]) har sett på fly observasjoner og rapportering fra skip av isfjell i Barentshavet i perioden 1928 – 2006. De presenterer også statistisk materiale som viser en trend der forekomsten av isfjell kommer lenger og lenger sør. Samme kilder hevder også at de fleste observasjonene av isfjell i området, er små isfjell eller «berg bits».

De mest kjente studiene av forekomsten av isfjell er Abramov et al. (ref. [13]) og Løset et al. (ref. [14]). Selv om disse er over 20 år gamle er de likevel interessante, og det er flere ting som tyder på at kalving av isfjell foregår oftere nå enn tidligere. Isfjell påvirkes mest av strømforhold men er også noe vindpåvirket. Sirkulasjonen i Barentshavet fører vanligvis isfjellene mot østkysten av Svalbard.



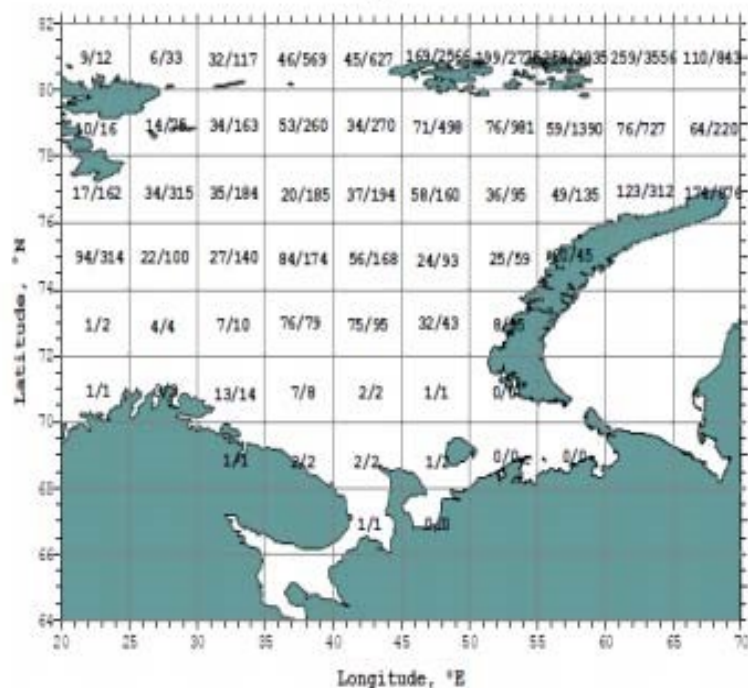
Figur 5-7 Barentshavet med de store øygruppene og hovedruter for drift av isfjell fra deres opprinnelse (ref. [7])



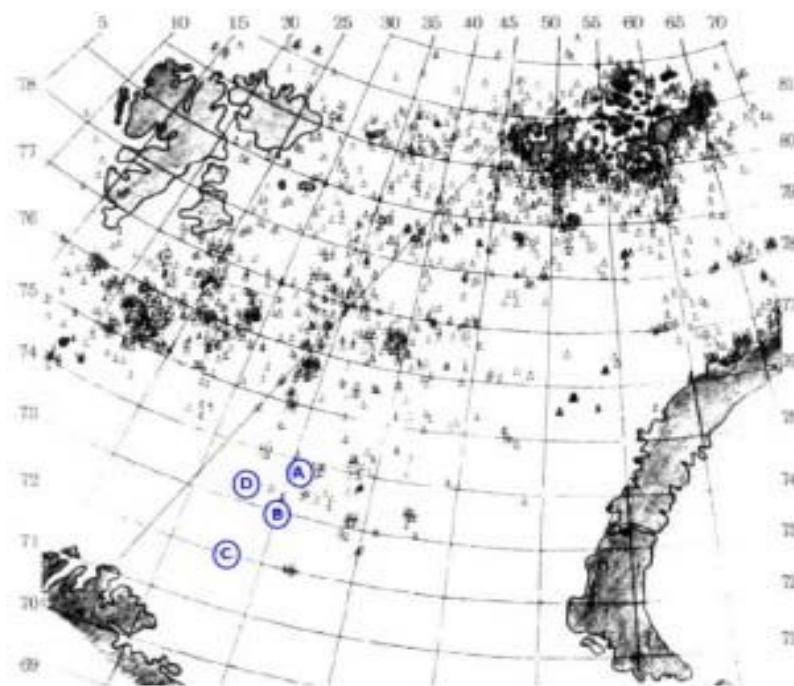
Figur 5-8 Beregnet driftsbaner for isfjell i 2003 (ref. (2010), Modeling dynamics and thermodynamics of icebergs in the Barents Sea from 1987 to 2005, Kegnouch, I., F. Counillon, and L. Bertino 2015)

Figuren ovenfor viser beregnet driftsbaner for isfjell ut fra opprinnelsepunkt i året 2003. Banemodellene viser at det ut fra disse modellene er mulig at isfjell kan drifte sør for 75° nord.

Også i årene 2002, 1999 og 1993 viser modellene drift lang sør.



Figur 5-9 Forekomst av drivende isfjell i Barentshavet. Telleren representerer det maksimale antall isfjell som ble registrert i løpet av ett år. Nevneren er det totale antall registrerte isfjell i løpet av observasjonsperioder. (ref. [15])



Figur 5-10 Satellitt bilde som viser isfjell og isfjelldrift i Barentshavet. Barentshavet SØ med lisensområdene A, B, C og D er inntegnet. (ref. [11])

Sannsynligheten for at is/isfjell kommer inn i området Barentshavet sørøst er relativt liten, men kan oppstå. Sannsynligheten for sammenstøt med isfjell blir derfor relativt lav og er beregnet til å være oftere enn 1 gang per 10 000 år. Tabellen under viser sannsynligheten for sammenstøt varierer mellom de ulike områdene og viser også sannsynligheten for å få isfjell innenfor en 8 km sone rundt boreinnretningen.

Tabell 5-2 Oversikt over frekvens for sammenstøt med isfjell i de forskjellige områdene samt risikoen for å få et isfjell innenfor 8 km sonen rundt en innretning (ref. [5])

Område	Frekvens sammenstøt	Innenfor en 8 kilometers sone
A	1 gang per 2000 år	1 gang per 35 år
B	1 gang per 4807 år	1 gang per 86 år
C	1 gang per 9615 år	1 gang per 177 år
D	1 gang per 6410 år	1 gang per 117 år

Ved å etablere overvåkning og ha operasjonelle prosedyrer på plass vil man kunne senke risikoen for sammenstøt med 80-90%. Ved å etablere overvåkning rundt lokasjonen kan man stanse boreoperasjonen og flytte innretning vekk fra kollisjonskurset. Alternativt kan det etableres beredskap for å buksere vekk isfjell fra områdene hvor innretningene står. Dette er metoden brukt av nordamerikanske land og danner en av hoveddelene i deres «Ice management» filosofi.

I prinsippet er det to muligheter til å detektere is på havoverflata, visuelt (optisk) eller ved hjelp av radarteknologi. Visuelle metoder er normalt å observere is direkte med kamera (dagslys eller IR), eller ved eksempelvis kikkert. Dette kan gi et godt bilde på mulige trusler i forhold til is, men er sterkt begrenset av lys- og værforhold. Det kan benyttes fly og/eller droner for å øke visuelt område ved å løfte kamerasystemer opp i høyden for å øke dekningsgraden. Det kan også benyttes VHR (Very High Resolution) optiske satellitter, men de har den samme begrensningen i forhold til lys- og værforhold.

Radarteknologi løser i stor grad problematikken med hensyn til lys- og værforhold. Skipsradar vil kunne detektere is til en viss minimumsstørrelse i nærområdet til skipet eller en installasjon. I dag benyttes ofte SAR (Synthetic Aperture Radar) satellitter til deteksjon av

blant annet is på havoverflata. Det er imidlertid begrensninger i oppløsning på bilder avhengig av blant annet frekvensen på radaren. Det kan benyttes høyoppløselig X-bånd radar som kan detektere objekter ned mot en meter, men da vil dekningsområdet også begrenses til noen km. Dagens C-bånd teknologi på eksempelvis Sentinel 1A vil kunne levere en oppløsning på 5 x 5 m med en bredde på 80 km.

Det siste 10-året er flere offentlige og private SAR-satellitter som kan benyttes til overvåking av is tatt i bruk, slik at dekningsfrekvensen per døgn i eksempelvis Barentshavet vil være akseptabel. Det kan være fordelaktig med satellittovervåking i fjernområdet til en installasjon, kombinert med skipsradar i nærområdet.

5.2.4 Tåke- sikt

I den arktiske regionen kan tåke oppstå i noen perioder av året og kan sterkt hemme sikten. Tåke oppstår spesielt i overgangssonen mellom åpent vann og isdekket hav (ref. [16]). Tåke er et vanlig fenomen i Arktiske farvann om sommeren. Den oppstår under moderate vindstyrker, typisk opp til 5-7 m/s når varm kontinental luft strømmer ut over kaldt sjøvann (ref. [17]). I Barentshavet opptrer tåke typisk i sommer og høst sesongen i perioden mai til september. Tåken kan bli liggende i flere dager over store områder (ref. Wegeland S, Værvarslingsutfordringer i Barentshavet, Meteorologisk Institutt, Oslo 8. april 2014).



Figur 5-11 Satellitt bilde på tåke over Barentshavet (ref. [6])

Tåken vil, avhengig av tettheten, kunne skape problemer i forhold til sikt og operasjoner der sikt er nødvendig f.eks. deteksjon av is og isfjellstrukturer. Tåke kan lett sees på satellittbilder når den først er tilstede, men dagens værvarslingsmetoder er ikke spesielt gode på å varsle havtåke. Det er også per i dag vanskelig å si noe om frekvensen på tåke og hvor lenge den normalt blir liggende. I områder som Bjørnøya og Hopen er det tåke mellom 11-27 % i perioden fra juni t.o.m. september. De øvrige månedene har 4-8 % tåke (ref. [18]).

5.2.5 Snø og nedbør

Snølaster offshore har man ikke tilstrekkelig oversikt over pr i dag, men tilgjengelige hindcast data muliggjør beregninger av snølaster. Det er imidlertid uklart hvorvidt hindcast dataene gir det riktige nedbørsbildet og da spesielt for snø offshore. Se for øvrig kapittel 5.2.5 og kapittel 5.3.7 om polare lavtrykk og tråg som generelt genererer snø og nedbør.

5.2.6 Bølger

Signifikant bølgehøyde (H_s) er gjennomsnittsverdien av den høyeste tredjedelen av individuelle bølgehøyder i en 20 minutters periode. Enkeltbølger kan være opptil dobbelt så høye som signifikant bølgehøyde (ref. [8]). Signifikant bølgehøyde synker desto lenger øst man kommer i Barentshavet. Dette underbygges også av historiske data. Observasjoner av signifikant bølgehøyde i perioden mellom 1958-2010 viser at bølgehøyden i Barentshavet sørøst ikke er høyere enn i Norskehavet (Heidrun) og i Nordsjøen (Statfjord). Under kapittel 5.3.6 er bølger beskrevet i mer detalj da relevansen er større for helårs/vinteroperasjoner.

5.2.7 Polare lavtrykk og tråg

Polare lavtrykk er små kraftige lavtrykk som dannes om vinteren i de arktiske havområdene. Disse dannes når kald luft fra polisen eller kalde landområder strømmer ut over det varmere havet. De kan være mellom 200-600 km i utstrekning (ref. [11]). Målinger og observasjoner av polare lavtrykk i perioden fra 2000-2013 viser at disse oppstår i sesongen mellom september og mai, med størst hyppighet i månedene januar-mars. Polare lavtrykk er beskrevet i mer detalj under kapittel 5.3.7..

Tråg er kraftige snøbyger/haglbyger som er organisert i en linje. Sikten i bygene kan bli svært dårlig (fåtalls meter) med kraftig vind som kan komme opp i storm styrke med kraftige vindkast ofte foran tråget. Tråg dannes hovedsakelig om vinteren og er beskrevet i mer detalj under kapittel 5.3.7.

5.3 Helårs- / vinteroperasjon

Intervall for helårs(vinter)operasjonen beskrives best av parametere som temperatur og is som vil være viktig å ta høyde for ved drift og design av flyttbare boreinnretninger under helårsoperasjoner. En slik definisjon foretrekkes i denne studien istedenfor månedsintervall. I helårs(vinter)operasjoner er parametere som temperatur, vind, bølger polare lavtrykk og tråg, isfjell, atmosfærisk ising, og sjøis behandlet i mer detalj.

Kort oppsummert er vurderinger for helårs(vinter)operasjoner som følger:

- Design servise temperatur/ Vinteriseringstemperatur t_w for helårs (vinter) operasjon anbefalt til $t_w -30^{\circ}\text{C}$ o Tilsvare DNVGL klassenotasjon Winterized Cold (-30°C), ref. [6] o Minimums temperatur i området målt helt ned mot -34°C
- Vind, strøm og bølger generelt som i Nordsjøen / mildere forhold enn i Norskehavet o Ekstrem signifikant 14 meter, enkelt 26 meter (100 års sjøtilstand) o Sannsynlighet for bølger (20 meter og over) som ikke er varslet er mulig i vinterperioden.
- Polare lavtrykk og tråg (tette snøbyger) med snø og ising (september til juni / 2 til 4 ganger / måned) o Vanskelig å varsle (6 til 12 timer)
- Ising o Sterk ising (oppbygging 2-4 cm/time) 1,3 % av tiden
 - o Lett ising (oppbygging <0.7 cm/time) 17 % av tiden i nord og 14-16 % av tiden i sør
- Det er lav risiko for forekomst av sjøis i områder åpen for oljeboring i Barentshavet sørøst og det har de siste årene ikke vært sjøis i området. Sjøis kan imidlertid drive inn fra områder lenger nord og nord-øst. Det er usikkerhet for isdannelse i de nordligste blokkene.
 - o Kan påvirke stigerør (kontrollkabler)/ innretningsavhengig
- Isfjell / knult er mulig o Vanskelig å varsle

T_w på -30°C må anses som et indikativt tall da det fortsatt hersker mye usikkerhet rundt tidsintervall for snittberegning av temperatur, høyde over havet for måling, og mengde data (antall år).

5.3.1 Temperatur

For vinteroperasjoner bør temperaturer ned mot -30°C (RP 100 verdien) kunne håndteres. Det er imidlertid store variasjoner mellom blokkene som vist i tabell 5-4 under sommeroperasjonskapitlet.

Tabell 5-3 Oversikt over ekstrem minimumstemperaturer i de fire lisensområdene i Barentshavet SØ. (ref. [5])

Område	Gjennomsnittstemperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Ekstrem minimumstemperatur ($^{\circ}\text{C}$) (24 timer, 30 m høyde)
A	0	-34
B	1,1	-23
C	2,7	-18
D	1,3	-26

5.3.2 Vindhastighet og retning

Ut i fra estimatene indikert i tabellen under så ser det ut til at maksimal vindhastighet er på samme nivå eller litt lavere i Barentshavet Sør-øst enn for sammenlikningspunktene på Goliat-, Heidrun- og Statfjordfeltene. Dataserier (NORA 10) med vindhastigheter i Barentshavet sørøst i perioden 1958-2011 indikerer at man finner de høyeste vindhastighetene i vintermånedene oktober til april (ref. [18]) Dette stemmer også godt overens med månedene hvor polare lavtrykk og tråk opptre mest hyppig. Største verdi er 27,7 m/s med retning fra NV fra posisjon 72,07 N 30,90 Ø fra 13. desember 1995. Vi ser også at vindhastigheten / de sterkeste vindkastene avtar når man kommer lenger øst.

Tabell 5-4 Maksimal vindhastighet (m/S) og tilhørende vindretning (grader) modellert i de forskjellige posisjonene i perioden 1958-2011 (ref. [7])

Posisjon	Maks	Retning
Punkt 1	27,2	322
Punkt 2	27,7	326
Punkt 3	26,2	18
Punkt 4	25,9	257
Punkt 5	25,0	267
71,23 N, 22,21 E (Goliat)	28,0	260
65,36 N, 07,14 E (Heidrun)	28,4	250
61,20 N, 01,86 E (Statfjord)	30,4	255

Tabell 5-5 Sterkeste vindkast målt på Hopen, Jan Mayen og Bjørnøya i perioden 2012-2014.

99720 HOPEN 10 maksimale verdier		99950 JAN MAYEN 10 maksimale verdier		99710 BJØRNØYA 10 maksimale verdier	
	FGX		FGX		FGX
1	28,8	1	36,6	1	33,9
Dato	15.02.2012	Dato	15.03.2014	Dato	18.03.2013
2	27,3	2	36,0	2	27,7
Dato	20.03.2012	Dato	19.03.2013	Dato	20.02.2013
3	27,2	3	32,7	3	26,5
Dato	25.03.2014	Dato	17.03.2012	Dato	11.02.2012
4	25,1	4	32,6	4	25,9
Dato	14.02.2012	Dato	14.02.2012	Dato	31.01.2013
5	24,1	5	30,7	5	24,7
Dato	17.03.2014	Dato	27.02.2013	Dato	15.01.2012
6	23,9	6	30,6	6	24,7
Dato	03.02.2012	Dato	02.02.2012	Dato	19.03.2013
7	23,4	7	30,5	7	24,1
Dato	19.03.2012	Dato	27.01.2012	Dato	04.04.2012
8	23,2	8	30,2	8	24,1
Dato	01.02.2012	Dato	30.03.2012	Dato	14.03.2014
9	22,8	9	30,1	9	24,0
Dato	20.02.2013	Dato	26.01.2012	Dato	01.01.2012
10	22,8	10	29,9	10	24,0
Dato	17.04.2014	Dato	04.03.2013	Dato	21.02.2013
Periode	2012-2014	Periode	2012-2014	Periode	2012-2014

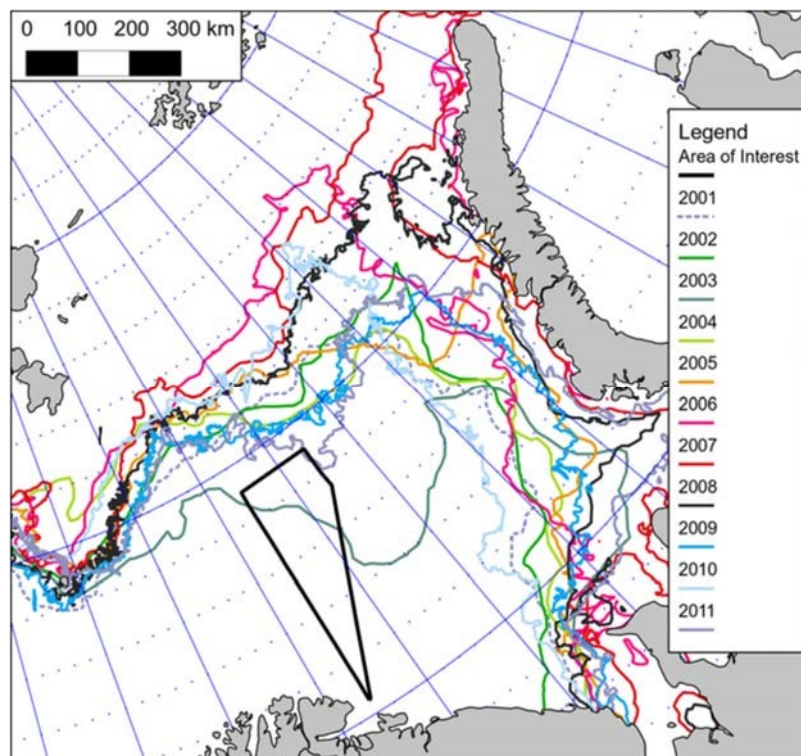
5.3.3 Tåke

Tåke er vanlig i Barentshavet, men opptrer mest hyppig om sommeren. Se kapittel 5.2.4 under sommeroperasjoner for mer detaljer.

5.3.4 Sjøis

5.3.4.1 Isutbredelse

Generelt kan man si at det er en lav forekomst av sjøis i områdene i Barentshavet sørøst. Figur 5-12 viser at det ikke har vært is i det åpne området i Barentshavet sørøst i perioden 2001-2011 med unntak av 2003. Det har ikke vært isdannelse innenfor områder åpen for oljeboring i Barentshavet sørøst. Likevel er det mulighet for drivis fra områder lenger nord-nordøst- med dominerende vindretning fra nord.



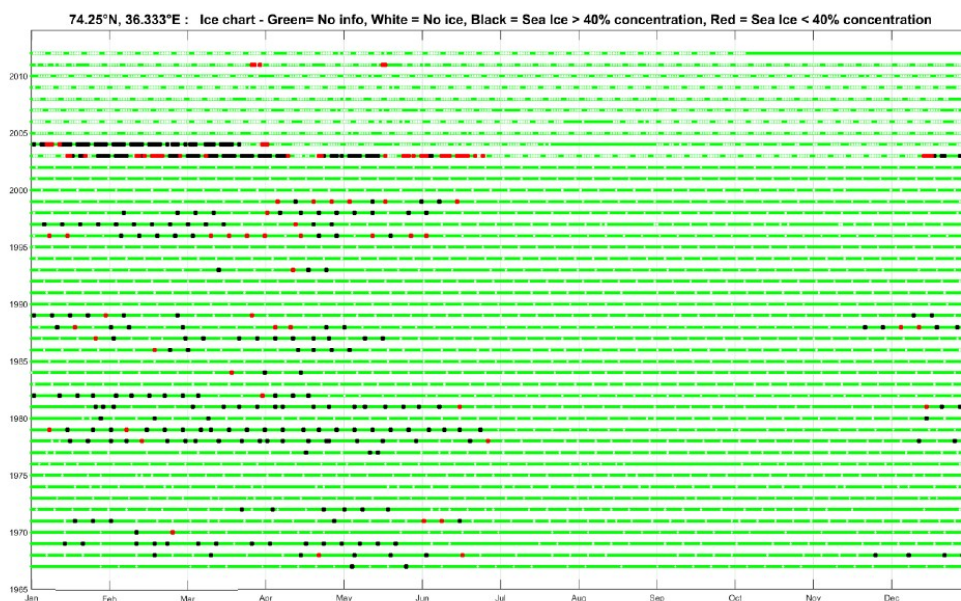
Figur 5-12 Årets maksimale isutbredelse i perioden 2001-2011. Barentshavet sørøst er markert med omvendt trekant (ref. [18])

5.3.4.2 Drivis /isflak

Drivis eller isflak drifter inn i normale isfrie områder og er meget utfordrende for boreoperasjoner siden dette er vanskelig å oppdage i tide.. Diagrammene på neste side er iskart som viser tilstedeværelsen av havis per måned i lisensområdene i Barentshavet sørøst. Lisensområde C er ikke med på diagrammene da det ikke har vært observert sjøis i dette området. Dataene er hentet fra tidsrommet 1967-2012. Alle tre diagrammer viser tilstedeværelsen av is i lisensområde A, B og D gjennom alle månedene i året.

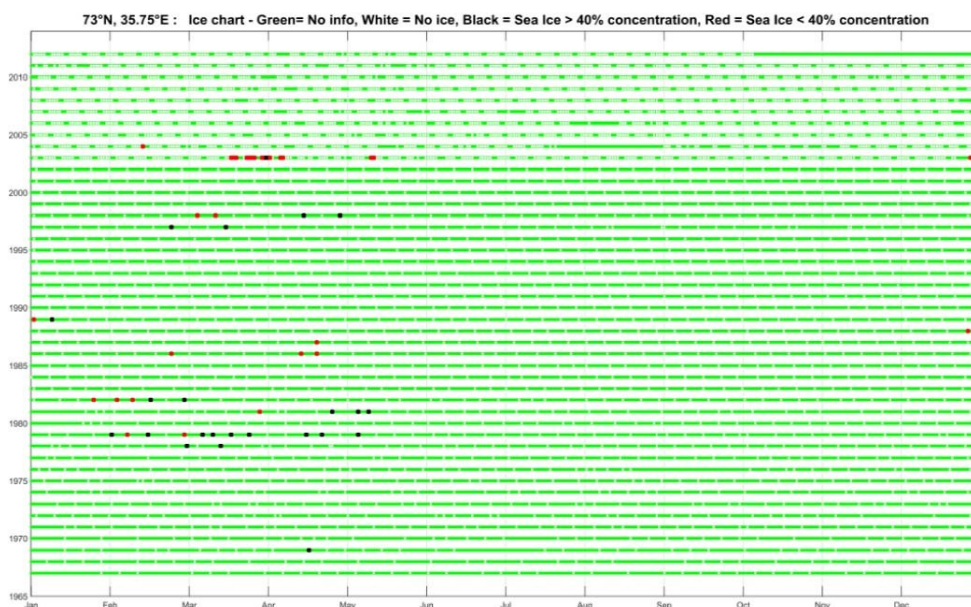
- Grønne felter i figuren illustrerer mangel på data
- Hvite områder betyr at det er isfritt
- Blå markør illustrerer > 40 % is konsentrasjon
- Røde markører illustrerer <40% is konsentrasjon.

Innenfor område A ser vi at det innenfor måleperioden ikke er registrert sjøis i perioden fra juli og frem til midten av november. Vi ser også at tilstedeværelsen av sjøis er hyppigere innenfor måleperioden enn i de to andre lisensområdene som har is forekomster (B og D). Siden 2004 er det bare registrert is i området i en kort periode i 2011 mellom mars og juni.



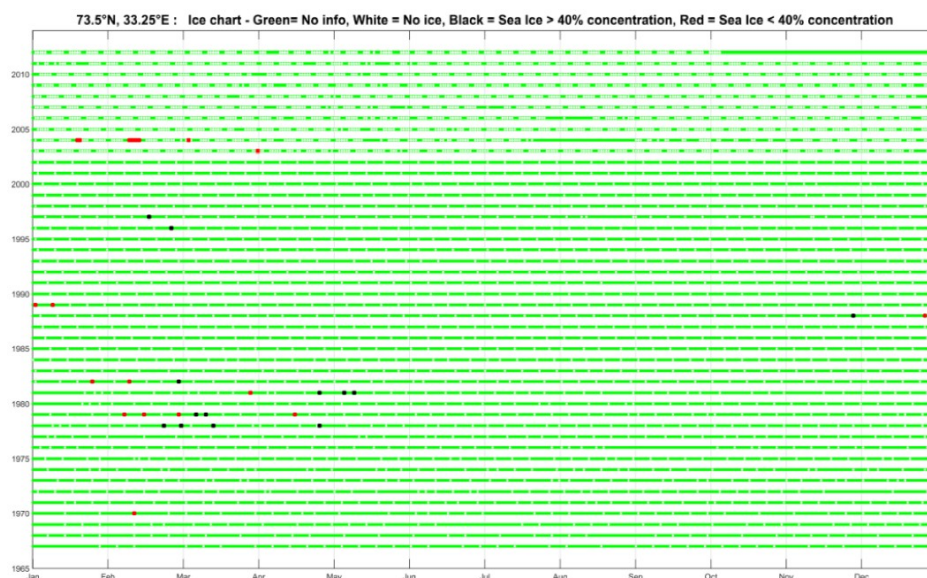
Figur 5-13 Illustrasjon over tilstedeværelsen av is i område A i perioden 1967-2015 (ref. [11])

I lisensområde B ser vi at hyppigheten av is forekomst er lavere enn i område A. Helt fra da slike observasjoner ble startet er det kun i 11 av disse årene hvor is er registrert. I dette området er den isfrie tiden også lenger og har strukket seg fra midten av mai til midten av desember i observasjonsperioden. Det har ikke vært registrert is i dette området mellom 2005 og frem til i dag?



Figur 5-14 Illustrasjon over tilstedeværelsen av is i område B ii perioden 1967-201 (ref. [11])

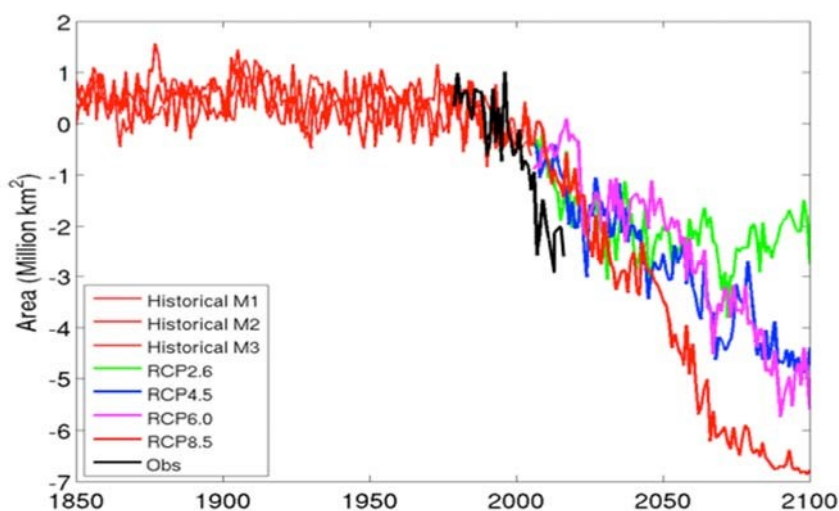
I lisensområde D er hyppigheten av årevis is forekomst mye lavere enn i de to foregående lisensområdene. Den isfrie tiden av året strekker seg i observasjonsperioden fra midten av mai til starten av januar, med unntak av i 1985 hvor det ble observert is fra midten av november. I dette lisensområde er det ikke observert is-forekomst siden 2004.



Figur 5-15 lustrasjon over tilstedeværelsen av is i område D i perioden 1967-2015 (ref. [11])

5.3.4.3 Endringer i arktisk sjøisutbredelse i september måneden over tid

I diagrammet i figur 5-16 viser den svarte linjen observasjoner, og er oppdatert frem til september 2015. De andre linjene viser simuleringer med den norske globale klimamodellen NorESM. Frem til 2005 vises tre forskjellige simuleringer basert på modellens egen representasjon av naturlige klimavariabilitet (historiske M1, M2, M3). De andre linjene viser effekten på isdekket fremover gitt av forskjellige utslippsscenarioer. Den grønne kurven viser et optimistisk scenario hvor oppvarmingen i 2100 "bare" er på 2,6 Watt per kvadratmeter, og isen holder seg omtrent som i dag. De andre kurvene angir reduksjonen av is dersom det slippes ut mer CO₂ til atmosfæren i tiden fremover. I dag ligger vi an til å følge den røde kurven der oppvarmingen blir 8,5 Watt per kvadratmeter i 2100. Da vil det være så og si fritt for sjøis i Arktis i år 2100 (ref. <http://www.bjerknes.uib.no/artikler/fns-klimapanel/sjoisen-i-arktis>).



Figur 5-16 Oversikt over endringer av sjøisutbredelsen i Arktis i perioden fra 1850-2100 (ref. <http://www.bjerknes.uib.no/artikler/fns-klimapanel/sjoisen-i-arktis>)

5.3.5 Snø og nedbør

Nedbør i Arktis og de kalde regionene faller både som regn og snø, mens mengden tenderer til å være lavere enn i mange andre områder. Regn fryser til harde lag med is ved lave temperaturer.

Snøfall på vinteren i arktiske områder kan bli svært intense og polare lavtrykk bringer ofte med seg svært sterk vind og store snøfall. Ustabilt vær med snø og smelting også snø igjen kan forårsake at snøen hopper seg opp på forskjellige strukturer og kan forårsake liknende problemer som oppstår med atmosfærisk ising. Snøbyger og tråg opptrer 7-10 ganger oftere enn polare lavtrykk. Disse bygene har vanligvis mindre vind og lettere nedbør med seg. Vinden er ofte sterkere enn 25 m/s. Slike byggesystemer er en vanlig årsak til røffe værforhold langs kysten av Norge og nærliggende havområder (ref. [12])

5.3.6 Bølger

Bølger genereres av flere faktorer som vind, strømforhold, bevegelser i jordskorpen og lignende. På generelt grunnlag vil man kunne si at lavtrykk med mye vind, polare lavtrykk o.l. vil øke risikoen for store bølger. Under uværet og bølgen man opplevde på Trollfeltet 31.12.2015 var det varslet signifikant bølgehøyde på 9 meter. Det er allikevel vanskelig å forutsi når bølger vil være som høyest og det har vist seg svært vanskelig å kunne forutsi ekstrembølger for eksempel den som rammet på Trollfeltet.

Tabell 5-6 Estimert av returverdier for signifikant bølgehøyde (m) 1958-2011m (ref. [7])

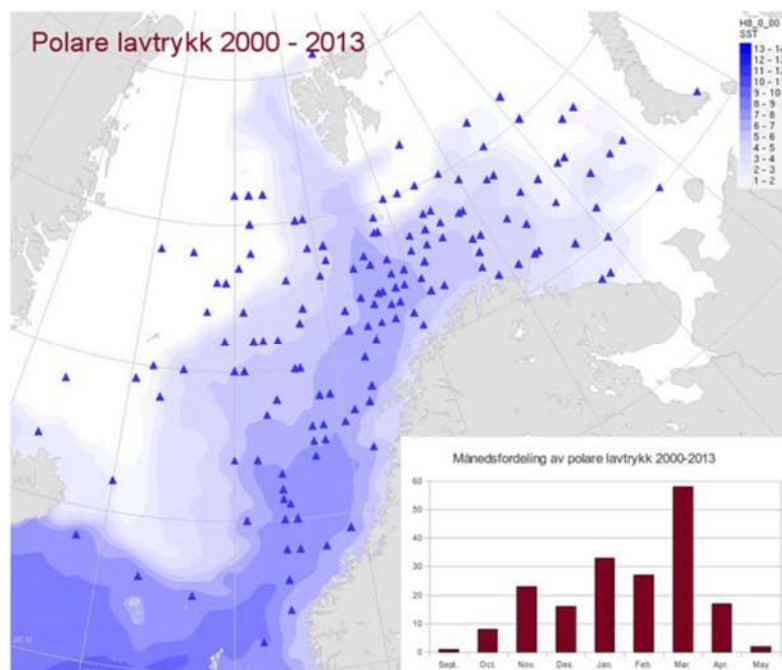
Posisjon	1 år	10 år	100 år
Punkt 1	8.2	11.0	13.6
Punkt 2	9.0	11.9	14.9
Punkt 3	8.7	11.6	14.5
Punkt 4	8.5	10.9	13.3
Punkt 5	8.4	10.6	13.5
71,23 N, 22,21 E (Goliat)	9.8	13.2	16.6
65,36 N, 07,14 E (Heidrun)	10.5	13.3	16.0

Tabellen over tyder på at signifikant bølgehøyden i Barentshavet sørøst er litt lavere enn for sammenlikningspunktene på Goliat og Heidrun.

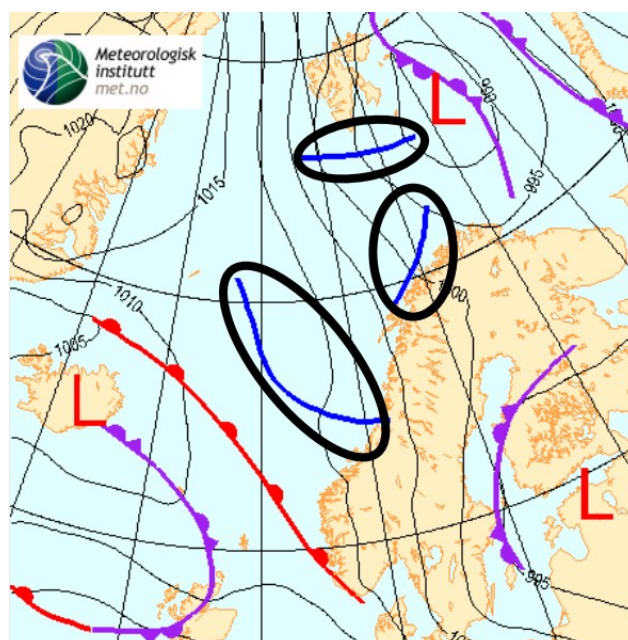
5.3.7 Polare lavtrykk og tråg

Polare lavtrykk er ustabile og kan være utfordrende å varsle (per i dag 6-12 timer i forkant). Utfordringen med polare lavtrykk er at det kan oppstå svært sterk vind- opp mot orkan styrke, samtidig som de kan bringe med seg store mengder nedbør. Som figuren på neste side indikerer opptrer polare lavtrykk opptrer hyppigst i perioden fra September til mai måned. Normalen har vært en maks hyppighet av polare lavtrykk i januar mens fra 2010 har man sett en dreining mot høyest hyppighet i mars.

Tråg dannes om vinteren når forholdsvis varmt hav føres nordover med Golfstrømmen og møter polar og arktisk luft. Det blir store temperaturkontraster som kan gi opphav til snø/hagl byger. Barentshavet sørøst er et område hvor det forekommer en god del tråg om vinteren. Tråg forekommer en god del oftere enn polare lavtrykk, men generelt kan man si at polare lavtrykk er kraftigere. Tråg er lettere å varsle enn polare lavtrykk i områder som dekkes av værradarer (Finnmarkskysten), men i Barentshavet hvor radarene har dårligere rekkevidde er det mer utfordrende å varsle tråg (ref. [6]).



Figur 5-17 Polare lavtrykk i perioden 2000-2013 som registrert ved Meteorologisk Institutt i Tromsø. Trekantene angir posisjonen da lavtrykkene først ble oppdaget. Den blå fargeleggingen indikerer typisk havtemperatur (ref. <https://metlex.met.no/wiki/Hovedside>)



Figur 5-18 Tre observerte tråg eller bygelinjer (blå linjer innringet i svart) utenfor kysten av Norge i februar 2012 (ref. [6])

5.3.8 Lys/ lysforhold

Avhengig av hvilket område i Barentshavet sørøst man befinner seg så vil antallet timer med dagslys variere fra null timer midt på vinteren (desember) til 24 timer midt på sommeren (juli).

5.3.9 Atmosfærisk ising og sjøsprøyt

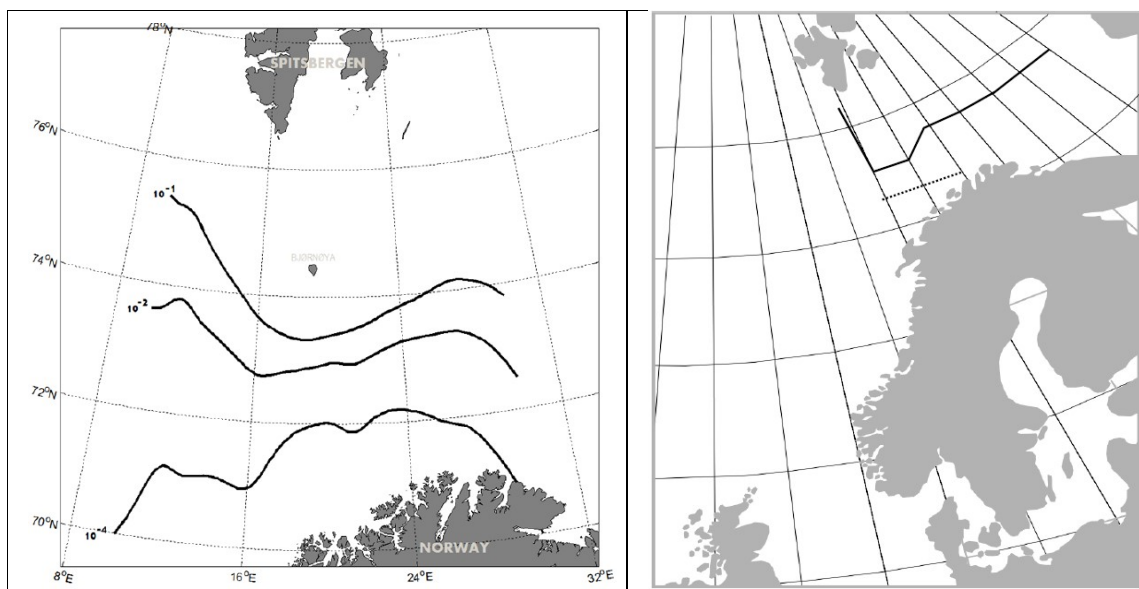
Sannsynligheten for ising i Barentshavet sørøst øker med økende bredde. Lengst nord i området, hvor sannsynligheten for ising er størst, har man en forekomst av sterk ising på omkring 1,3 % av tiden på årsbasis. Sterk ising vil si at isen kan bygge seg opp med 2-4 cm/time. Lengre sør er tilsvarende tall 0,0-0,3 % av tiden. Lett ising (<0.7 cm/time) forekommer i gjennomsnitt i ca. 17 % av tiden i nord, mens tilsvarende verdier i lengre sør er 14-16 % på årsbasis.

Faren for ising øker med lave temperaturer og vind som skaper sjøsprøyt (ref. [18]).

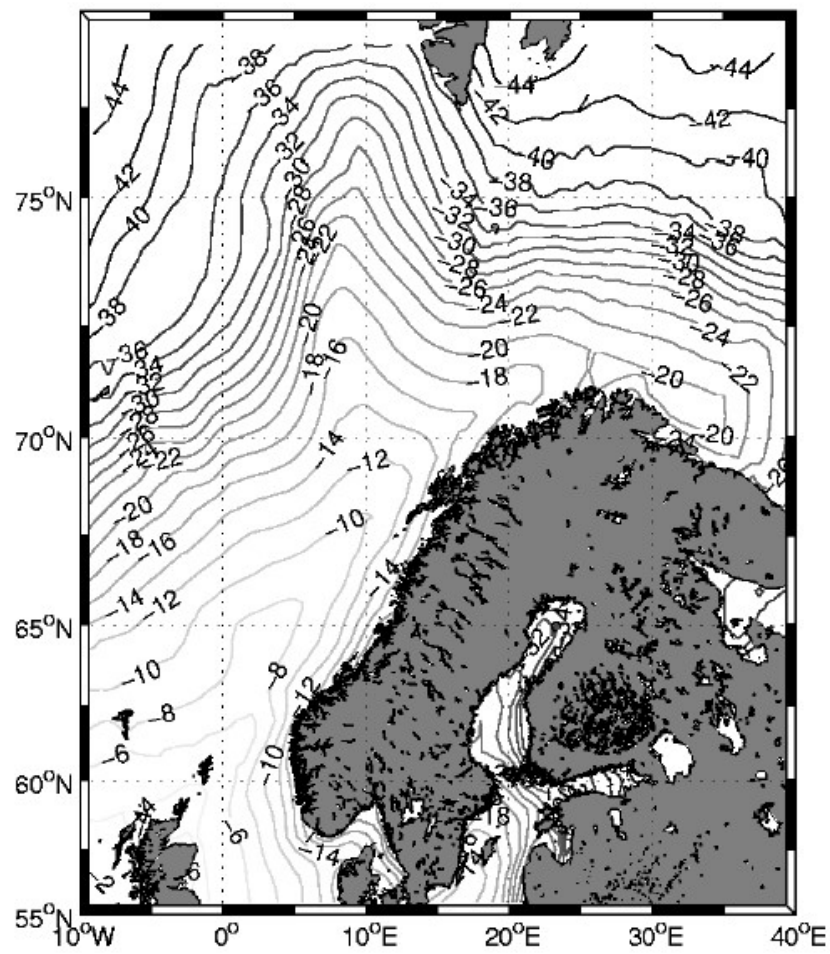
5.4 Naturlaster

Naturlaster er laster fra bl.a. bølger, vind, snø, ising, havis, isfjell, og luft-/ sjøtemperatur. Naturlaster er en slags variabel last fordi de varierer med tiden. Karakteristiske verdier til naturlaster for design av offshore konstruksjoner er definert i henhold til årlig sannsynlighet for overskridelse og bestemmes basert på estimerte verdier fra metocean data for laster med returperiode på 100 år for ULS grensetilstand og 10000 år for ALS. Grensetilstander er konstruksjonstilstander der konstruksjonen er på grensen til å tilfredsstille kravene knyttet til de definerte grensetilstandene. ULS og ALS er henholdsvis bruks- og ulykkesgrensetilstand.

NORSOK standard N-003, rev-03 angir generelle prinsipper og retningslinjer for fastsettelse av laster og deres effekt for design og verifikasjon av offshore konstruksjoner. Kap. 6 i standarden definerer typiske naturlaster for ULS og ALS grensetilstander for norsk sokkel. Følgende figurer



Figur 5-19 Kart som indikerer grensen til sjøis grense og isfjell forekomst med årlig sannsynlighet for overskridelse. Venstre: grenser til sjøisutbredelse i nordøstlige Norskehavet og Vest-Barentshavet med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-1} , 10^{-2} og 10^{-4} - Høyre: grense for kollisjon med isfjell med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} (heltrukket linje) og 10^{-4} (stiplet linje) (ref. NORSOK N-003)



Figur 5-20 Minimum lufttemperatur med 1 time varighet med årlig sannsynlighet for overskridelse av på 10^{-2} (ref. NORSOK N-003)

6. KLASSIFISERINGSKRAV

6.1 Innledning

Flyttbare boreinnretninger designes og bygges i henhold til etablerte regler fra godkjente selskaper innen sertifisering og klassifisering av maritime fartøyer. Hensikten med et klassifiseringssystem er å sikre at de aktuelle fartøy bygges og driftes i henhold til gitte standarder for de aktuelle operasjonsområder.

Det kan brukes relevante krav i Sjøfarts direktoratets (NMD) regelverk eller alternative flaggstatsregler med utfyllende klasseregler, se kapittel 4 for detaljer.

Polarkoden trådte i kraft 1.jan 2017 (for nye skip), og vil være gjeldende fra 1.jan. 2018 for eksisterende innretninger. Polarkoden er vedtatt av FNs organ IMO (Internasjonal Maritime Organization) og gjelder skip som skal operere i den nordlige delen av Barentshavet sørøst. Polarkoden gjelder for skip som «uavhengig» opererer / navigerer i isbelagte polare strøk. Boreinnretninger er således ikke underlagt Polarkoden, kun fartøy som forsyningsfartøy, oljetransport fartøy og beredskapsfartøy (Polarkoden vil således ikke bli diskutert videre her).

Vurderinger av klassifiseringer er gitt i kapittel 6.5 for sommer og kapittel 6.6 for helårs (vinter) operasjoner.

6.2 Iskasser

Isklassifikasjon definerer hvordan et fartøy/innretning kan operere i is og kommer i tillegg til IMOs standardkrav (for fartøy der IMOs regelverk er relevant). Klassifikasjonen definerer krav til skrog, fremdriftssystem og tekniske løsninger som egner seg for klassen. Typisk klassifiserings kategorier mht. isklasse i forskjellige land / områder er vist i tabell 6.2 under.

Tabell 6-1 Iskasser (Ref. [5])

Finnish/ Swedish Ice Class	ABS	BV	China	DNV	GL	Korean Register	LR	NK	Polish Register	RINA	RS Russian Register ¹
IA Super	IAA	IA SUPER	B1*	ICE - 1A*	E 4	IA SUPER	Ice Class IAS FS(+) Ice Class IAS FS	IA Super	L1A	IA Super	LU5/ Arc 5
IA	IA	IA	B1	ICE - 1A	E 3	IA	Ice Class IA FS(+) Ice Class IA FS	IA	L1	IA	LU4/ Arc 4
IB	IB	IB	B2	ICE - 1B	E 2	IB	Ice Class IB FS(+) Ice Class IB FS	IB	L2	IB	LU3/ Arc 3
IC	IC	IC	B3	ICE - 1C	E 1	IC	Ice Class IC FS(+) Ice Class IC FS	IC	L3	IC	LU2/ Arc 2
			B			ID	Ice Class ID	ID	L4		LU1/ Arc 1

Finland/Sverige ^[2]	Tyskland	Ryssland	Istjocklek
IA Super	E4	LU5	> 100 cm
IA	E3	LU4	> 50 cm
IB	E2	LU3	30 – 50 cm
IC	E1	LU2	15 – 30 cm
II	E	LU1	10 – 15 cm

Disse standarder tar hensyn til operasjon i arktiske områder inkludert islaster / istykkelser og vil således kunne benyttes for å definere egnethet for boreinnretninger som skal brukes i Barentshavet sørøst.

Et mulig problemområde kan være å få flyttbare innretninger som er godkjent i henhold til relevante is-klasser i ett område, godkjent i et annet område ved forflytning. Dette er nærmere vurdert i kapittel 16.

6.3 Miljøklasser

Når det gjelder ytremiljø og drift av flyttbare boreinnretninger kan det være ønskelig med egne klassenotasjoner relatert til dette. Et eksempel her er DNVGL sin klasse notasjon CLEAN. Se kapittel 7.2.5 for mer beskrivelse mht. ytremiljø, «tett rigg» og vinterisering.

6.4 Klassenotasjoner

Ved operasjon av flyttbare boreinnretninger ved lave temperaturer og/eller ved mulighet for sjøis (isklasser, som nevnt over), kan det være ønskelig og påkrevd med egne klasse notasjoner definert av de enkelte klasseselskaper. De mest relevante retningslinjer, anbefalte framgangsmåter og standarder relatert til klasse er beskrevet nedenfor, Ref. [17] .

IACS

Requirements for polar class vessels (2011) - «The International Association of Classification Societies (IACS)» har publisert harmoniserte regler for polar klasse fartøyer (IACS, 2011). IACS enhetlige krav til polare skip gjelder for skip bygd av stål og er beregnet for navigasjon i isfylte polare farvann, bortsett fra isbrytere.

IMO

International Maritime Organisation (IMO) retningslinjer for skip som opererer i Arktiske islagte farvann, MSC / Circ. 1056, MEPC / Circ. 399. IMO Polar Code - Koden er todelt og består av en sikkerhetsdel og en miljødel og dekker all skipsfart i polare farvann, men gjelder ikke spesielt flyttbare boreinnretninger. Se også innledning.

DNVGL (NMD anerkjent)

Winterization for cold climate operations, Klasse notasjon WINTERIZED: (Basic, Cold, Polar), (Ref. [10]) - Målet med standarden er å gi generelle prinsipper for forberedelse av flyttbare enheter og offshoreinstallasjoner for planlagte operasjoner under forhold i kaldt klima. Standarden er utviklet for generell bruk i hele verden. Målet med vinteriseringen er å sikre at innretningen er i god stand og tilstrekkelig forberedt for operasjoner i kalde klima. Dette gjøres ved å sette funksjonskrav til utstyr og systemer som er tiltenkt å være i drift under kalde klima forhold.

Klasse notasjon ICE, isklasse for navigering/operasjon i is (ref. [19])

ABS (NMD anerkjent)

Guide for vessels operating in low temperature environments, ABS, 2014b. ABS har utstedt denne veiledningen for å hjelpe den maritime næringen i driften av handelsfartøy under kalde klimatiske forhold. Slike operasjoner gir utfordringer for designere, utbyggere, eiere og operatører som er relatert direkte til bygging, utrustning og drift av fartøy og problemstillinger knyttet til mannskapets evne til å fungere i et utfordrende miljø. Inkludert i veiledningen er ABS kriteriene som er ment å bistå i design, drift og vedlikehold av fartøy som opererer kontinuerlig i havis, opererer i havis av og til, og som opererer i lave temperaturer i fravær av havis.

Bureau Veritas

Klasse notasjon COLD: håndterer lave atmosfæriske temperaturer, nedising (ising av fartøy), og redusert effekt av komponenter slik som:

- Materialklasse og -utvalg for lave lufttemperaturer
- Dekk og overbygg
- Stabilitet
- Fremdrift og andre viktige tjenester (for eksempel brannslukking, livredningsutstyr, forankring)
- Elektrisitetsproduksjon
- Navigasjon
- Mannskapsbeskyttelse og fjerning av is
- Løfteinnretninger

Lloyds (NMD anerkjent)

Rules for winterization of ships (2015, provisional) - Lloyds Register har utviklet vinteriseringsregler som gjelder operasjoner i kaldt klima. Under utviklingen av disse reglene har de hatt stor oppmerksomhet på behovet for å foreta en systematisk gjennomgang av fartøyet og dets systemer. Vinteriseringsreglene vil gi en grad av beskyttelse for fartøyet, som vil være i samsvar med de planlagte operasjonene, arrangement og utstyr.

Vinteriseringsreglene er delt inn i følgende områder:

- Materialer for skrogkonstruksjon
- Materialer for utstyr og systemer
- Forbedrede materialer for utstyr og systemer (gjennom risikovurderinger)
- Utstyr og systemer
- Redundans av systemer (gjennom risikovurdering)
- Stabilitet
- Arrangement for isfjerning
- Direkte utforming

Vinteriseringsreglene og etterlevelse av disse er et tillegg til de gjeldende klassifiseringsregler og forskrifter. Nødvendige beskyttelsestiltak skal iverksettes og operasjonelle prosedyrer skal spesifiseres for å sikre at utstyret er hensiktsmessig beskyttet for å sikre operasjon ved lave temperaturer.

6.5 Klassifiseringskrav sommeroperasjon

For sommeroperasjon i Barentshavet sørøst vurderes det at flyttbare boreinnretninger ikke har behov for spesifikke isklasser og/eller klasse notasjoner for arktiske operasjoner.

Det må likevel vurderes at boreinnretningen som ett minimum tilfredsstiller DNV ICE 1C eller bedre i tilfelle en operasjon går over i en ikke planlagt vinterperiode.

Videre bør det vurderes at den flyttbare boreinnretningen har ett design, tilhørende utstyr og en operasjon som samsvarer med kategorien «Winterized Basic (-15°C) ihht. DNVGL-OS-A201 (ref. [6] og [MH-38]), m.a.o. tilsvarende en klasse notasjon mht. vinterisering / innkledning for ca. -15°C.

Det må vurderes også at det utarbeides en standard/spesifikasjon som beskriver nødvendige tiltak for å redusere utslipp til luft og sjø fra boreinnretningen ved operasjoner (både sommer og helår) i Barentshavet sørøst. Eventuelt vurdere om dette kan dekkes av eksisterende klasse notasjoner.

6.6 Klassifiseringskrav helårsoperasjon

For helårsoperasjon bør det vurderes at den flyttbare innretningen har en isklasse notasjon for å tåle en begrenset tykkelse av første års is for å sikre kontrollert avslutning av operasjon og evakuering ved mulig isdannelse i Barentshavet sørøst samt ved drivis/knult som kommer inn fra andre områder.

Det vurderes således at isklasse DNV ICE 1C eller bedre er tilstrekkelig.

Videre bør det vurderes om den flyttbare boreinnretningen har et design, tilhørende utstyr og en operasjon som samsvarer med kategorien «Winterized Cold» ihht. DNVGL-OS-A201 (ref. [10] og [9]), m.a.o. tilsvarende en klasse notasjon mht. vinterisering / innkledning for ca. -30 grader. Valgt vinteriseringstemperatur på -30 grader er basert på vurdering av ekstrem lav temperatur og gjennomsnitt temperatur for området vurdert tilstrekkelig for å sikre beskyttelse av operasjonene under hele vinterperioden.

7. VINTERISERINGSMETODER

7.1 Innledning

Dette kapitlet beskriver kjente og nye metoder for vinterisering, dvs. å beskytte systemer og arbeidsplasser mot ytemiljø faktorer som karakteriserer vinter. Følgende temperatur klasser / vinteriseringsnivå er definert

- Sommeroperasjon $T_{w \text{ Sum}} (-15^{\circ} \text{ C})$
- Helårs/ vinteroperasjon $T_{w \text{ Cold}} (-30^{\circ} \text{ C})$

I følge ref. [10], innebærer vinterisering samtlige tiltak for å forberede en innretning for operasjoner i kaldt klima. Vinterisering er primært relatert til kontroll av frysing, ising, vindavkjøling og materialeegenskaper i kald temperatur. Vinteriseringstiltak er hovedsakelig delt i passive og aktive tiltak. Passive tiltak i motsetning til aktive tiltak trenger ingen tilførsel av energi for å motvirke effekten av kaldt klima.

Dagens tilgjengelige teknologi for vinterisering kan brukes i avising, anti-ising, eller begge deler. Avising refererer til teknologi som fjerner is etter at det har samlet seg. Anti-ising refererer til teknologi som hindrer ansamling av is eller snø. Vinteriseringstiltak grupperes i følgende kategorier etter ref. [10]:

Tabell 7-1 Kategorier til vinteriseringstiltak

Vinteriseringstiltak		
Anti-ising	Anti-frysing	Avising
Tiltak for å hindre isdannelse på overflater, konstruksjoner eller utstyr. Hensikten med antiising er at overflater, konstruksjoner eller utstyr er umiddelbart tilgjengelige.	Tiltak for å hindre at væsker fryser inne i systemer, konstruksjoner eller utstyr. Hensikten med anti-frysing er at systemer, strukturer eller utstyr forblir funksjonelle og ikke beskadiges som følge av væskefrysing.	Tiltak for å fjerne snø og is ansamlinger fra overflater, konstruksjoner eller utstyr. Hensikten med avising er at overflater, konstruksjoner eller utstyr kan gjøres funksjonelt tilgjengelige innen rimelig tid.

I tillegg, innbygging / oppvarming av moduler betraktes som vinteriseringstiltak.

En god del av vinteriseringsmetoder er basert på varmeoverføringsprosess med varmeenergi som strømmer fra en kilde med høy temperatur til en annen gjenstand med lavere temperatur. De tre former for varmeoverføring er ledning, konveksjon og stråling:

- Konduksjon oppstår når det er temperaturforskjell mellom gjenstander i direkte fysisk kontakt med hverandre.
- Konveksjon er basert på overføring av varmeenergi fra en gjenstand til en annen vha. et fluid.
- Stråling er overføring av varmeenergi via usynlige elektromagnetiske energibølger.

En beskrivelse og diskusjon rundt anvendelse av vinteriseringsmetoder og hvordan de forskjellige utstyrsenheter kan designes og opereres med hensyn til klima / temperatur i sommer- og vintersesong er presentert i kapittel 8, 9 og 10.

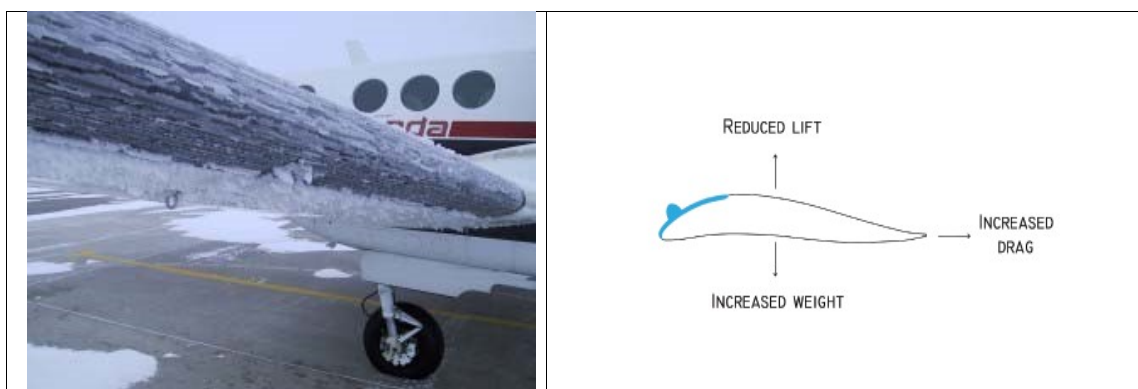
7.2 Metoder

7.2.1 Strukturell design for å redusere omfanget av nedising / isophopping

Offshore boreinnretnings strukturelle design kan ha store innvirkninger på istilvekst på innretningens overbygg. Istilvekst på innretningens overbygg er resultatet av sammenstøt av underkjølte vanndråper med strukturelementer med ulike isophopping virkningsgrad (Collection Efficiency (CE)). Underkjøltvann er en tilstand hvor vann i væskeform har temperaturer under 0° C.

Uttrykket «collection efficiency» eller «Catch Rate» brukes typisk ifm. nedising problematik i luftfart. CE bestemmes av to faktorer [20]:

- Kollisjonsvirkningsgrad (Collision efficiency) som bestemmes av aerodynamikken til strukturelementet og
- Adhesjonsvirkningsgrad (adhesion efficiency) som bestemmes av adhesjonsegenskaper til strukturoverflaten



Figur 7-1 Venstre bilder viser en nediset flyving (ref. <http://airfactsjournal.com/2016/03/icing-coldhard-air-facts/>), høyre bilder viser negative effekter fra isophopping på en flyving (ref. <http://ercimnews.ercim.eu/en101/r-i/icing-detection-and-protection-for-small-unmanned-aircrafts>)

I stor grad er det formen og størrelsen på strukturelementer som bestemmer hvor fort is kan dannes på overflaten til strukturelementer. I luftfart brukes krumningsradius på forkantlist på ving eller stabilisator som betegnelsen for størrelsen på isophoppingsoverflate.

De komponenter som har store krumningsradier (cockpit, frontruter, tykke vinger, etc.) samler bare en liten prosentandel av skydråper, spesielt når det gjelder de mindre dråpene, og derfor har en lav isophopping virkningsgrad. I motsetning til det vil komponenter som har mindre krumningsradius (antennemaster, tynne vinger, etc.) deformere luftmengden mindre og tillater en høyere andel av dråper av alle størrelser til å bli fanget. Disse komponentene er sagt å ha en høy isophopping virkningsgrad. Når isen begynner å danne blir formen til is opphoppingsoverflate modifisert av isen. Dette resulterer til mindre krumningsradius og dermed høyere isophopping virkningsgrad som tilslutt fører til ytterligere og mer rask isophopping.

Teorien nevnt ovenfor for luftfart gjelder også for bestemte strukturtyper på offshore anlegg. Som beskrevet ovenfor er graden til istilvekst / isophopping virkningsgrad høyst for strukturelementer med mindre diameter. Det anses dermed at følgende elementer kan være veldig utsatte for isophopping:

- Fagverk struktur på kranbom
- Stålkabler til løfteutstyr
- Rørverk med mindre diameter
- Søyler og bjelker til værutsatte struktur
- Substrukturen til helidekk

- Fagverk til avbrenningsbom
- Kabler og kabelgater
- Rekkverk

Strukturer med store diameter eller flate overflater vil generelt ha færre isingsproblemer (ref. [3]).

For å redusere muligheten til isopphoping på strukturelementer som nevnt ovenfor bør man vurdere implementering av passende vinteriseringstiltak som f.eks. noen av de følgende:

- Unngå plassering i værutsatte åpne områder
- Skjerming / plassering i lukkede områder hvis mulig
- Bruk av beskyttet / overdekket «pipe-rack»
- Bruk av beskyttet / overdekket kabelgater
- Bruk av varmekabel (trace heating)
- Bruk av overflatebelegg med høy hydrofobisitet / isfobisitet egenskaper



Figur 7-2 Isopphoping på objekter med mindre diameter på halvt nedsenkbare «Ocean Beauty» (Ref. [3])

7.2.2 Overflateoppvarming vha. varmekabler

Overflateoppvarming vha. varmekabler eller dampslanger kalles «Trace heating» og er en avising / antiising teknikk som anvendes også for frostsikring, kondensforebygging og / eller opprettholdelse av prosessstemperatur. For offshore installasjoner er det mest vanlig å bruke elektriske varmekabler for overflateoppvarming. Følgende tabell viser typiske bruksområder for overflateoppvarming ved hjelp av varmekabler:

Tabell 7-2 Typiske bruksområder for overflateoppvarming vha. varmekabler

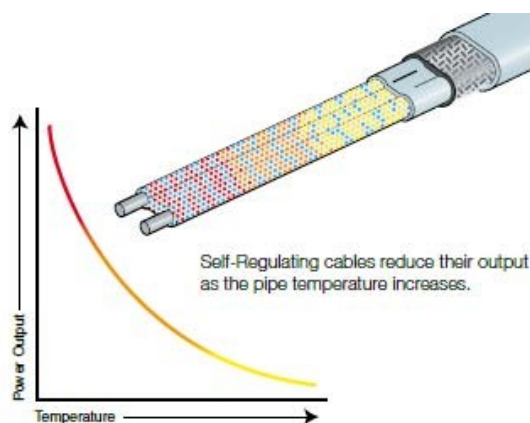
Metoder	Eksempler på bruksområder
Antiising Avising	Rømningsveier / Gangveier Trappeoppgang / stiger / Rekkverk Dører og nødluker (oppvarming av pakninger) Laydown områder / Helidekk Ventilasjonsluftinntak beskyttelse (lufthette) Livbåt davit GPS antenna Instrument vinterisering
Frostsikring av vannholdige systemer	Drikkevann / Avfallsvanns / Brannvann / Borevann / urent vann i lense-system
Kondensforebygging	Kondensforebygging i elektriske motorer
Opprettholdelse av forsvarlig driftstemperatur	Diesel / Smørolje / hydraulikkolje
Gulv oppvarming	I f.eks. bad, lugar, spiserom, kontrollrom

Elektrisk overflateoppvarmings systemer består vanligvis av følgende elementer [21]:

- Varmekabler og termineringskomponenter
- Instrumentering for temperaturkontroll
- Overvåking og alarm fasiliteter
- Kraftfordeling og kretsbeskyttelse fasiliteter

Utforming og installasjon av elektriske overflateoppvarmings systemer skal være bl.a. ihht. til del 1 og 2 i standardene IEC 60079-30 og IEC 62395, samt IEC 60519-10 og IEEE Std. 515. Det er viktig at slike systemer installeres på en slik måte at systemet er beskyttet mot overstrøm og overflatetemperaturen holdes innen sikkert område (f.eks. ikke å forårsake selvtenning i klassifisert områder eller ikke medføre termisk ekspansjon i lukkede rørsegmenter).

Selvregulerende eller selvbegrensende varmekabler tilbyr den høyeste tryggheten mht. overflatetemperatur kontroll men de krever forholdsvis høy startstrøm under lave temperaturforhold. Bruk av «soft starter» løser dette problemet.



Figur 7-3 Effekt fra selvregulerende varmekabler reduseres med økende temperatur slik at f.eks. temperaturkravene ifm. områdeklassifisering blir ivarettatt [21]

I henhold til ref. [22] skal varmekabler for overflateoppvarming være av selvbegrensende typen. Bruk av temperaturkontroll enheter som RTD, termostater, osv. bør være begrenset og være tillatt kun i spesifikke applikasjoner hvor selvbegrensende karakteristisk er uegnet

enten pga. respons eller temperaturbegrensninger. Figurer under illustrerer løsninger for vinterisering vha. varmekabler for noen utvalgte områder:



Figur 7-4 Vinterisering av noen utvalgte områder vha. varmekabler [23], A) og D) Pakninger til dører og luker - vanntette dører/luker krever tilstrekkelig varme til å forhindre ising av tetningene B) og E) trapper, rekkverk og gangveier – varmekabler for anti-ising eller avising av rekkverk og trapper for å sikre personell mot fallulykker C) og F) Væskeholdige røropplegg - antifrysing vha. varmekabel

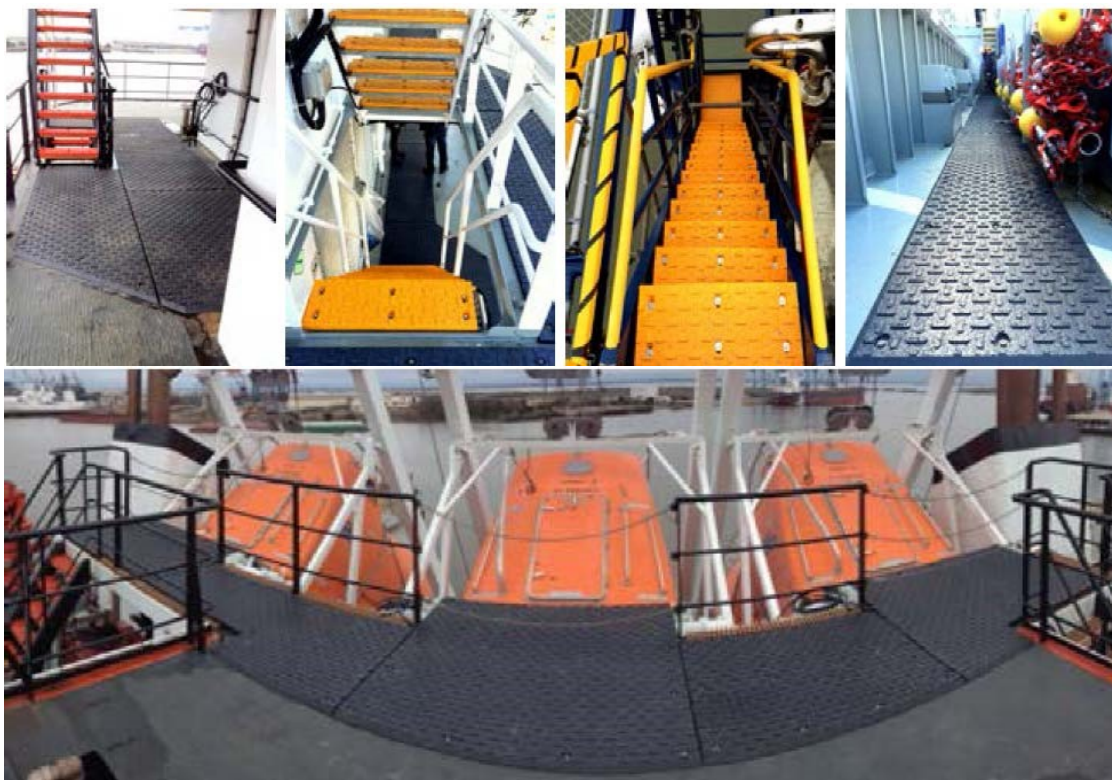
Oppvarmet sklisikker gummimatte for ulike arbeidsområder på boredekk

ARCTIC PAD® er en kraftig oppvarmet gummimatte system som er utviklet for å forbedre dagens Anti-ising og avising metoder, samtidig som det øker sikkerheten ved å gi en varig sklisikker overflate for arktisk og tøffe miljøer. Integrert i kjernen er en "selvregulerende varmekabel" (EHT) løsning. Typiske bruksområder for ARCTIC PAD® er:

- trapper, plattformer og Landinger
- Nødutganger / rømningsveier og mønstringsstasjoner
- Marine & Topside Dekk
- Boredekk
- Landingssoner for Personelloverføringskurv
- Helidekk
- Redningssoner
- Redningsflåte og MOB soner

Under vurderinger for implementering av oppvarmet plater (f.eks. i form av gummimatter eller andre løsninger med sement / kompositt belegget med varmetråder) bør det tas hensyn til effekten av belastninger forårsaket av sjøsprut / bølge sammenstøt på gangveier, som i sin opprinnelige design hadde grated dekk / rister men pga. vinterisering og bruk av varmeplater bygges om til tette dekk. Det har nemlig vært hendelser med tette grater som har blitt slått opp.

Varmekabelløsninger som setter varme direkte på gratingen uten å tette åpninger i gratingen har ikke dette problemet men bør nok utformes slik at de ikke blir ødelagt i utsatte områder.

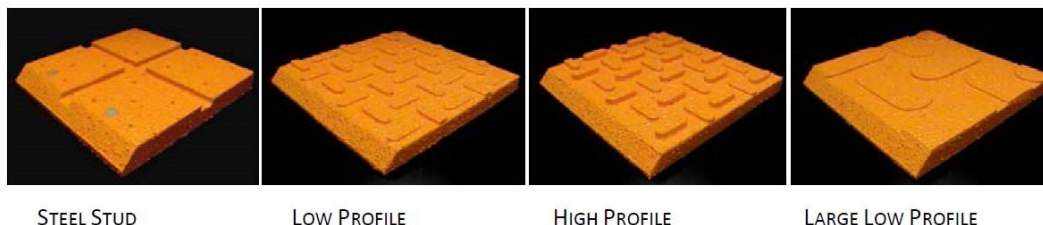


Figur 7-5 Typiske bruksområder for ARCTIC PAD® (ref. AMS, ARCTIC PAD® brochure)

I følge produsenten AMS er den rette trekraft (traction) profilen det viktigste elementet i å gi en sklisikker løsning i værutsatte områder på boreinnretninger. Følgende viser de foretrukne profiltypene for forskjellige områder på en boreinnretning.

Common Profile types:

- Stainless Steel Studs (SSS) – rotary tables, walkways, stair treads, landings
- Low Profile (LP) – walkways, landings, stair treads, catwalks, heli-decks
- High Profile (HP) – stud less option for rotary tables
- Large Low Profile (LLP) – walkways, catwalks and heli-decks



STEEL STUD

LOW PROFILE

HIGH PROFILE

LARGE LOW PROFILE

Figur 7-6 ARCTIC PAD® Profiltyper (ref. AMS, ARCTIC PAD® brosjyre)

7.2.3 Vinterisering av feltinstrumenter

Vær utsatte feltinstrumenter som måleinstrumenter og deres elementer (inkl. signalomformer / transmitter / Instrumenteringsrør) kan svikte eller fryse under ekstremt lave temperaturer. Bruk av skap (enclosure) sammen med interne varmeelementer gir god vinteriserings beskyttelse for slike utstyr.



Figur 7-7 Intertec frittstående skap for felt instrumentering i ekstrem kaldt klima (ref. <http://www.wordsun.com/>)

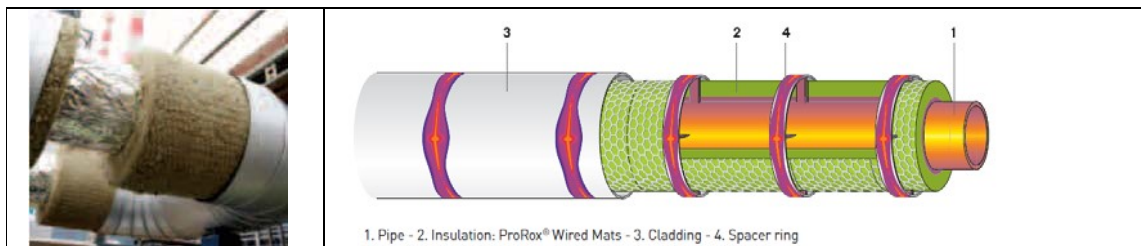
7.2.4 Isolering på rør og utstyr

Formålet med isolering (varmekonservering og frostbeskyttelse) er henholdsvis å redusere varmetap og opprettholde driftstemperaturen for å hindre frysing, stivning eller innvending kondensering. Isoleringstiltak for frostbeskyttelse kan være med og uten bruk av varmekabler. I henhold til ref. [24], skal isoleringssystemer for rør og utstyr møter følgende krav:

- All isolasjon skal dekket med værbeskyttelse for å hindre inntrengning av vann under normal drift gjennom hele levetid
- Isolasjonsmaterialet skal være ikke-brennbar i henhold til NS-EN ISO 1182.
- Isolasjonssystemer skal være ikke-giftig og vanntett.
- Det skal tas hensyn til langsgående utvidelse og sammentrekning hvis rigide isolasjonsløsninger benyttes.
- Løsninger for effektiv drenering skal gjennomføres for isolasjonen
- Kombinert isolasjon og varmekabel løsninger brukt på rør, flenser, ventiler og utstyr skal være innpakket med minimum 0,045 mm aluminiumsfolie for beskyttelse av varmekabler og bedre varmefordeling.
- Skumglass skal anvendes som isolasjonsmateriale for normale driftstemperaturer opp til 180° C

Korrosjon Under Isolasjon (KUI) er en av store utfordringer knyttet til bruk av isolasjon på rør og utstyr. Det er meget viktig at isolasjonsløsninger brukes kun hvis det absolutt er nødvendig. Korrosjonsbestandigheten av metalloverflaten som skal isoleres er en viktig faktor. Generell / grop korrosjon av karbonstål og spenningskorrosjon av austenittisk rustfritt stål er de mest hyppige typene av KUI.

Et annet problem med isolering som vinteriseringstiltak som må unngås er tilstedeværelse av kuldebro mellom rør / utstyr og metallstrukturen som støtter dem. Slike kuldebroer bærer varme ut av det isolerte røret og kan føre til at røret fryser. Grunnen til det er at effekten av isolasjon og elektrisk overflateoppvarming tilsammen ikke gjør opp for det ekstra varmetapet skapt av kuldebroen.



Figur 7-8 Løsning for isolasjon på rør (ref. Roxul, Industrial Insulation Process Manual)

7.2.5 Fall i rørsystemet / eliminering av dødlegger

Fall i rørsystemet er et tiltak mot ansamling av væske i rørsystemet. Anvendelsen av skråning / fall i rørsystemet tvinger væsket til å renne mot det neste lavt punktet i linjen, vanligvis inn i ett eller annet utstyr. Eksempler på mest aktuelle bruk av fall i rørsystemet er rør knyttet til trykk avlastningsventiler og dreneringsrør. Det er likevel en utfordring ifm. drenering vha. fall i rørsystem på flytere. Dette er pga. innretningens hiv og rullebevegelser i bølger og trim mot akterspeil ifm boreskip. Et annet problem relevant til væskeansamling i rørsystemet som skal unngås er «dead legs». Disse er områder i rørsystemet hvor væsken i røret kan bli stillestående under drift eller når systemet ikke er i bruk.

7.2.6 Oppsamling og drenering (tett rigg)

Et mye brukt begrep innen ytemiljø diskusjonen er «tett boreinnretning», altså design og systemer på installasjonen som skal hindre at tilsiktede og utilsiktede utslipp går til sjø.

Dette vil ha høy oppmerksomhet basert på et sårbart klima i Barentshavet sørøst samt at de barske naturlastene (temperatur og nedbør/ising) i området kan medføre en mulig svekkelse av

«tett boreinnretning» designet/systemene. Ptil rapport RNNP: Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet -Akutte utslipp – 2015 viser også at innsatsen for å hindre akutte utslipp krever fortsatt høy oppmerksomhet. Det står det bl.a.:

«De tre siste årene har det inntruffet betydelig flere hendelser i Barentshavet enn tidligere i perioden. Dette gjelder både for akutte råoljeutslipp, tilløpshendelser som kunne gitt større akutte råoljeutslipp og akutte utslipp av kjemikalier. Økningen i antall hendelser faller sammen med økt aktivitet i havområdet. Den økte aktiviteten er hovedsakelig knyttet til leteboring. De aller fleste inntrufne akutte utslipp er kjemikalieutslipp, og en fjerdedel av disse er større enn én kubikkmeter.»

Dreneringssystemet må ha oppvarming (trace heating) i utsatte områder for å hindre ising av sikre åpne dreneringsbokser og -linjer. I tillegg må antall drenepunkter og mulig lokal oppvarming på enkelte store dekksområder utendørs vurderes. Systemet videre nedstrøms, altså håndtering og behandling av drenert væske på forsvarlig måte, anses likt normal praksis på dette området da disse systemene normalt ligger i oppvarmede områder/moduler. Det man derimot må vurdere spesielt er behovet for ekstra lagerkapasitet for drenert væske grunnet avstander og logistikkutfordringer på enkelte lokasjoner.

Første steg for å hindre og begrense lekkasje er på utstyret i seg selv. Vinterisering av utstyr behandles i kapittel 8, 9 og 10. Et moment som derimot kan nevnes er sårbarheten til slanger og slangeforbindelser, noe som er ganske utbredt innen boring da spesielt med tanke på bruk av hydraulikkolje. Her må man vurdere hvilken effekt naturlastene for Barentshavet sørøst vil kunne ha på disse systemene, samt hvilken effekt naturlastene vil kunne ha på eventuelle kompenserende tiltak.

Anvendbare tiltak ved bruk av hydraulikkolje er bl.a. som følger:

- Fysisk skjerming av mulige lekkasjepunkter mot sjø, f.eks. ved hjelp av vegger/plater

- Slange-i-slange løsninger. Her har man gjerne en mulighet for deteksjon i ytre lag. Oppvarming av slike løsninger må vurderes
- Bruk av bio-oljer (grønne kjemikalier), spesielt for utsatt utstyr/systemer der man ikke kan hindre at eventuelle lekkasjer vil gå direkte på sjø.

Design for begrenning av lekkasjer på dekksområder er normalt dryppanner under lekkasjepunkter og oppkanter rundt relevante dekksområder. Slike design bør gjennomgås med tanke på bruk under naturlaster for Barentshavet sørøst. Allerede implementerte tiltak kan få begrenset effekt og/eller bli satt helt ut av spill grunnet f.eks. utstrakt ising og store snømengder, ref. [25].

Et system for oppsamling av lekkasjer på dekksområder slik som f.eks. implementering av vakuumsuger (mulig funksjon) må også vurderes.

7.2.7 Agitasjon / sirkulasjon / resirkulasjon

Agitering av væsker i lager tanker for å sikre pumpbar viskositet (ikke stivner) eller hindre frysing kan gjøres på flere måter som for eksempel:

- Sirkulasjon av væsken via separat rør/pumpe system
- Sirkulasjon av væsken via hovedrør systemet
- Høytrykks injeksjon av noe av væsken (sirkulasjon ved høyt trykk)
- Mekanisk agitasjon ved hjelp av propellere (agitasjon)

Sirkulasjonssystemer er de enkleste med hensyn til vedlikehold og brukes typisk i lager tanker i skrog. Høytrykks agitasjon er i prinsipp et sirkulasjonssystem men væsken pumpes tilbake med høyt trykk. Væskemengde / volum i sirkulasjon er mindre men sikrer likevel at væsken ikke stivner / fryser. Agitering ved hjelp av mekanisk agitasjon brukes mest i aktive system med tilkomst for vedlikehold over tankene.

7.2.8 Innelukking av utstyr med internt varmeelement

For utstyr / system som må beskyttes og ikke er i innelukket rom kan en kle det inn og varme kun utstyret. Det kan være små hus rundt utstyret med varme element.

7.2.9 Innelukking og oppvarming av arbeidsplasser

Følgende inngår / er vurdert:

- Temperatur og påvirkning på personell/utstyr
- Luftmengder og vekslinger
- Gassoppbygging og eksplosjonsovertrykk
- Innbygging/skjerming og oppvarming av områder
- Luftinntak

Normalt er store områder/moduler på en boreinnretning naturlig ventilert, slik som boredekk/boretårn, rørdekk, stigerørdekk og kjellerdekk. Mye utstyr er normalt ikke godkjent for bruk under -20°C og det kan derfor bli behov for å bygge inn/ skjerm, samt varme opp store områder. Mulig konsekvens ved et bortfall av slik oppvarming må også vurderes for utstyret (funksjon/kritikalitet), (ref. [17]).

For å beskytte arbeidstakere mot ekstrem kulde og vind, vil innbygging/skjerming og oppvarming kunne bli vurdert for typiske arbeidsplasser/-operasjoner utendørs. Som basis for risikovurderinger relatert til arbeidsmiljø brukes CFD simuleringer av luftstrøm / ventilasjonsforhold i påkrevde områder for å estimere Wind Chill Temperatur/-Index (WCT/WCI). WCT er en beregnet temperatur som tar hensyn til at kjølingen av en

menneskekropp er mer alvorlig i sterk vind enn i rolige forhold, ref. [26], [27], [28], [29] og [30].

I soneklassifiserte områder er kravet til luftvekslinger høyt. Minimum kravet er 12 luftvekslinger pr. time, noe som vil kreve meget store ventilasjons- og oppvarmingsanlegg. Ulempene med disse store anleggene er at de krever mye plass og er energikrevende. Det er derfor viktig å se på muligheter for å redusere luftmengdene/-vekslingene. Aktuelle tiltak som kan vurderes, og som også vil utfordre regelverk/standarder, er bl.a.:

- Redusere utbredelsen av soneklassifiserte områder med for eksempel bruk av luftgardiner, over-/undertrykk, etc.
- Redusere luftvekslingstall i soneklassifiserte områder i normal operasjon, men at kompensierende tiltak f.eks. kan være at vifter og åpninger aktiveres ved deteksjon av gass i eller utenfor områdene.
- Tilføre «brukt» luft fra sikre områder inn i soneklassifiserte områder for å ta vare på varmen.

En utstrakt skjerming/innbygging av områder vil også kunne ha en negativ effekt på mulig gassoppbygning og eksplosjonsovertrykk. Utvidet mulighet for gassdeteksjon samt implementering av rister og/eller eksplosjonspaneler på boredekk/boretårn vil kunne avhjelpe disse utfordringene, (ref. [31], [17], [32], [27] og [30]).

Ved en utstrakt skjerming/innbygging av områder som vanligvis er naturlig ventilert (åpne) vil man også kunne ha en mulig negativ effekt på kjemikalieeksponering, (ref. [30]). En slik mulig negativ effekt vurderes derimot som liten fordi:

- områdene har/får områdeklasse (sone 2) og krav til høy grad av luftskiftninger
- man håndterer relativt lite kjemikalier i områdene / begrenset eksponering (områder som håndterer mye kjemikalier er allerede innebygget og tilstrekkelig ventilert)

Fastsettelse av temperaturer i de innelukkede områdene er viktig, og dette må gjøres sammen med vurderinger av isolerende tiltak. Det er viktig å isolere vegger og gulv/tak og unngå kuldebroer, slik at man unngår kondensering og isdannelser på innsiden. Samtidig bør man ha kontroll på fuktighetstilførselen i forhold til tilført luftmengde. For lite bruk av isolering i yttervegger vil i tillegg bety is- og snøsmelting på utsiden som også må håndteres.

Konstante ventilasjonsluftmengder er viktig for å opprettholde trykksatte områder samt ha nok ventilasjon til å tynne ut eventuelle gasskonsentrasjoner. Det er derfor viktig at luftinntakene vurderes spesielt slik at de ikke snør eller fryser igjen. Det må også påpekes at Polare lavtrykk kan gi utfordringer utover det som leverandørene har testet tidligere der værutfordringene er mindre krevende.

7.2.10 kjemiske avisingsmidler

Kjemikalier kan være effektive i det marine miljøet så lenge de ikke blir utvannet av bølger og sjøsprøyt. Kjemikalier er tilgjengelige som væsker eller faste stoff og kan anvendes lett til overflater i gangveier, trapper, og arbeidsområder. De kan også brukes til helidekk hvis godkjent av luftfarts myndigheter. Følgende tabeller gir en oversikt over kjemiske avisingsmidler brukt i andre bruksområder enn marine miljø. Detalj informasjon om materialer henvist i tabellene under finnes i ref. [3]. Det skal understrekes at anvendelse av kjemikalier på marine fartøy / innretninger skal være i henhold til gjeldende krav og skal ikke være skadelig for rørsystem, utstyr og ytre miljøet, samt være prisgunstig.

I tabellene under betegner rose farge den faktoren som gjør avisingskjemikalien uaktuell for vinterisering på boreinnretninger i Barentshavet sørøst. Gul betegner alternativer som er ofte dyre men er egnet til sommeroperasjoner og grønne er de alternativene som møter kravene brukt i tabellen, dvs.:

- Være miljøvennlig
- Ikke korrosivt
- Ha effektiv avisings effekt under gjeldende temperatur
- Være prisgunstig

Tabell 7-3 Kloridbaserte avisingsmidler

Navn	formel	Effektiv avisings-effekt	korrosivitet	miljøeffekt	kostnader	Andre merknader
Natriumklorid	NaCl	-7 °C	korrosivt	skadelig for miljø	billigste	det minst effektive salt for smelting av is og snø
Kalsiumklorid	CaCl ₂	-31 °C	Veldig korrosivt	moderate skader på vegetasjon, mindre skadelig for miljø	Omtrent 5 ganger dyrere enn NaCl	hygroskopisk (dvs., tiltrekker seg fuktighet), noe som gir smelting, og det er eksotermt og frigjør betydelig varme mens det smelter inn i is og snø: Dette gjør det mer effektivt ved lave temperaturer. Kalsiumklorid kan legge igjen en glatt rest som er vanskelig å rengjøre.
Magnesium klorid	MgCl ₂	-15 °C	Veldig korrosivt	mindre skadelig for miljø	Billigere enn CaCl ₂	Som ovennevnt for CaCl ₂
Potassium chloride (Kunstig gjødsel)	KCl	-4 °C -13 °C	Veldig korrosivt	mindre skadelig for miljø	Dyrt - Omtrent 3 – 5 ganger dyrere enn CaCl	

Tabell 7-4 Acetatbaserte avisingsmidler

Navn	formel	Effektiv avisings-effekt	korrosivitet	miljøeffekt	kostnader	Andre merknader
Kalsium magnesium acetat	CMA	-8° C	Lite korrosivt	Lite – se ellers under andre merknader	dyrt	høye Biochemical Oxygen Demand (BOD) som medfører redusert oksygeninnivå i overflatevann
Kaliumacetat	KC ₂ H ₃ O ₂ eller KAc	-26° C	Lite korrosivt	Moderat giftighet og ellers som CMA	dyrt	

Navn	formel	Effektiv avisings - effekt	korrosivitet	miljøeffekt	kostnader	Andre merknader
Natriumacetat	$\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	-15° C	Ikke korrosivt	Ikke skadelig	dyrt	har betydelig potensiale for å forårsake alkalisilikat reaksjoner i betong og danne en gel-lignende stoff. Gelen absorberer vann og ekspanderer slik at betongen kan sprekke.

Tabell 7-5 Glykolbaserte avisingsmidler

Navn	formel	Effektiv avisings -effekt	korrosivitet	miljøeffekt	kostnader	Andre merknader
Etylenglykol	$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	-40° C	ikke korrosivt	Veldig gifting	dyrt	Etylenglykol var den primære kjemikalie som ble brukt til å avise flyene inntil ca. 10 år siden. Etylenglykol har blitt erstattet nesten helt av propylenglykol avisningsvæske i USA på grunn av sin giftighet.
Propylenglykol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$	-26° C	ikke korrosivt men kan påvirke komposittmaterialer brukt f.eks. i livflåter	Ikke giftig men har høy BOD	dyrt	Propylenglykol er i dag den viktigste kjemikalien som brukes til avising av fly over hele verden

Tabell 7-6 Andre avisingskjemikalier

Navn	formel	Effektiv avisings -effekt	korrosivitet	miljøeffekt	kostnader	Andre merknader
Natrium- format	HCOONa	-18° C	lite korrosivt	lite skadelig for miljø	forholdsvis dyrt	Brukes i flyplasser for avising av rullebaner i blanding med korrosjonshemmere og andre tilsetningsstoffer som raskt trenger inn i fast snø og islag, løser dem fra asfalt / betong

Navn	formel	Effektiv avisings- effekt	korrosivitet	miljøeffekt	kostnader	Andre merknader
						og smelter dem raskt. (kilde: Wikipedia)
Urea (gjødningsstoff)	CO(NH ₂) ₂	-4° C	lite korrosivt	Miljøskadelig	forholdsvis dyrt	Høy BOD
Sukkerrørbaserte produkter		-32° C	lite korrosivt	lite skadelig for miljø	Ikke dyrt	Blandet med andre kjemikalier som NaCl eller MgCl ₂ Den etterlater seg en leiraktig masse.
Maisbaserte produkter		-40° C -66° C	ikke korrosivt men kan påvirker komposittm aterialer	lite skadelig for miljø	Dyrere enn Sukkerrørbaserte produkter	Den etterlater seg en leiraktig masse.
Alkoholbaserte produkter		-18° C	Veldig lite korrosivt (3% av NaCl)	Ikke noe effekt	Ikke dyrt	Blandet med andre kjemikalier som NaCl eller MgCl ₂

7.2.11 Overflatebelegg med høy hydrofobisitet / isfobisitet egenskaper

Målet med avisings teknologi basert på bruk av overflatebelegg med høy hydrofobisitet / isfobisitet er å få isen til å falle av fra overflater pga. sin egen vekt, dvs. tillater isen å brette lett fra overflater. For at dette skal skje, må adhesjonsstyrken av is på substratet være mindre enn skjærspenningen som isen utøver på grunn av sin egen vekt. Dette betyr at slike belegg i utgangspunktet ikke forhindrer isdannelse men noen leverandører hevder at deres produkter bør betraktes som antiising tiltak på grunn av produktenes super hydrofobisitet egenskaper.

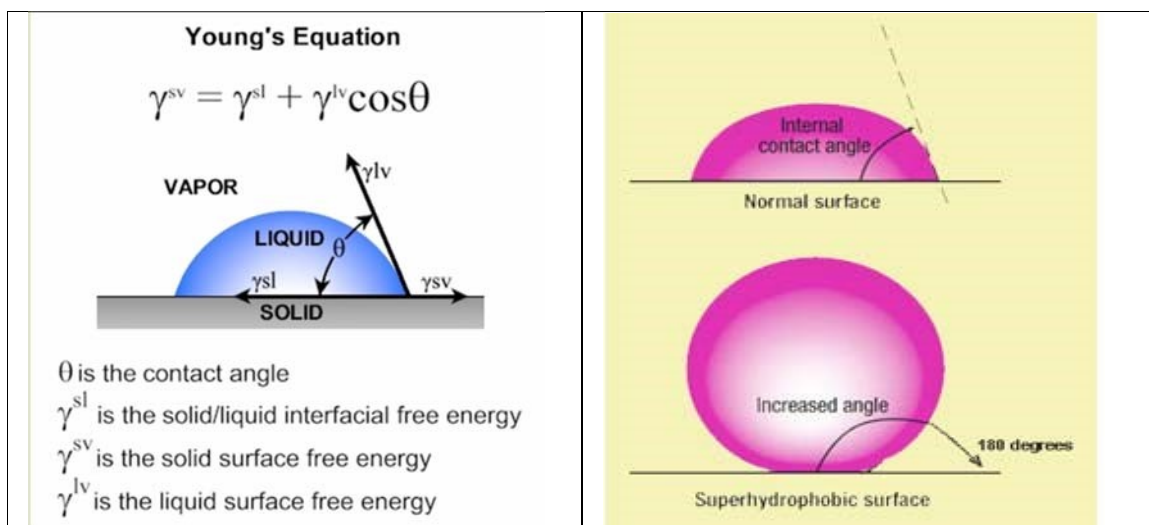
Ifølge YCE, et Italiensk firma som har ingeniørvirksomhet ifm vindkraft, er det sammenvoksing av underkjølte sky vanndråper på blader som er årsaken til isdannelse på blader til vindgeneratorer. Tilveksten av disse innledende underkjølt iskrystallene danner et kaldt substrat som legger til rette de nødvendige forholdene for at stadig større iskrystaller kan slutte seg til, til tross for normale kjølige temperaturer. Etter en viss tid blir istilveksten så utbredt at rotoren stopper pga. vibrasjoner forårsaket av ujevn vektfordeling. For å bote med dette problemet bruker YCE super hydrofobisk anti-ising belegg for å redusere eller forebygge is opphopingen på bladene.



Figur 7-9 Isdannelse og Isbelegg på vindturbiners blader (Ref. <http://www.yceblades.it/en/solution-lab>)

Hydrofobisitet kommer fra det greske ordet Hydro (vann) og fobisitet (frykt) som refererer til den fysiske egenskapen av materialer som frastøter vann. Evalueringen av hydrofobisitet er basert på måling av vann kontaktvinkel med overflaten til underliggende materialet.

Youngs ligning henviser under benyttes for å beskrive samspillet mellom kreftene av kohesjon og adhesjon, og måle hva som er referert til som overflateenergi. En vanddråpe med en kontaktvinkel over 90 ° er hydrofobe. Denne tilstanden karakteriseres ved svak bløtning, svak klebeevne og lav overflate fri energi.



Figur 7-10 Youngs ligning og Hydrofobisitet (ref. Seminar on HYDROPHOBIC AND HYDROPHILIC, MANOJ KUMAR III Semester ME)

Tabell 7-7 på neste side gir en oversikt over overflatebeleggs produkter med høy hydrofobisitet / isfobisitet som er enten tilgjengelige eller under utvikling. Det henvises til referanse [3] for komplett liste over slike produkter.

Tabell 7-7 Overflatebeleggs produkter med høy hydrofobisitet / isfobisitet

produkter med høy hydrofobisitet / isfobisitet	Beskrivelse
Nusil R-2180 NuSil Technology	☐ silikonbasert belegg som skal redusere adhesjon av is til overflater og strukturer. må herdes ved bruk av varme som kan utføres ved bruk av en autoklav eller ovn. Det vil si at den ikke kan benyttes for store gjenstander som ikke passer inn i en autoklav, og ikke motstå høye temperaturer. Da begrenses dens bruk til mindre gjenstander som ventiler, kommunikasjons antenner, brannslukningsutstyr. ☐ (Produsentens webside: https://nusil.com/product/r-2180_ice-phobic-coating)
NASA Shuttle Ice Liberation Coating (SILC)	☐ ble utviklet for å redusere isdannelse og adhesjon på NASA Space Shuttle eksterne drivstofftank. ☐ utfordringen var å finne et beleggmateriale som vil redusere isdannelse og / eller is adhesjon ved kryogenisk temperaturer. ☐ tester viste SILC var effektiv i 30 til 60 dager. SILC var også effektiv for to til tre måneder når den ble brukt på frontruten til biler i vintervær. ☐ har ikke blitt bekreftet å være konsekvent effektiv på normale ising temperaturer. Materialet er lett å påføre med pensel.
ePaint	☐ et dual-virkende belegg ☐ består av et hydrofobt materiale kombinert med et faseforandringsmateriale (PCM) som utvider seg og forårsaker bryting av substrat-is binding. ☐ belegget for US marine ble utviklet for å håndtere topside sjøsprut ising. ☐ belegget kan brukes på kupler, antenner, takoverflater, rekkverk, skott, og gitter strukturer.
Nanosonic HybridShield® Icephobic Nanocomposite Coating NSM-HS-01-ICE	☐ Nanosonic utvikler holdbare hydrofobe belegg med et bredt temperaturområde og iboende anti-ising funksjonalitet. ☐ konseptet er å skape overflateenergien på belegget slik at ikke forbinder seg fysisk eller kjemisk til overflaten. ☐ produktet kan effektivt minimere dråpekontaktområdet og viser et naturlig høyt nivå av vannfrastøtende effekt. Belegget er isfobit og har vist seg å forhindre ising av den belagte overflate under frysende forhold. Beleggene er designet for å være svært holdbare mot ultrafiolette (UV) stråling, slitasje, og løsemidler, med forventet flere års levetid før en ny behandling. ☐ (Produsentens webside: http://www.nanosonic.com/)

7.2.12 Dampsystem for avising

Damp som avisingsmiddel har mange fordeler men også noen bakdelene. Direkte eksponering til trykk satt tørr mettet damp kan forårsake store brannskader og i ytterste konsekvens dødsfall. Det er derfor viktig å ha tilstrekkelige prosedyrer for forsvarlig bruk av utstyret. Dampsystem krever også energi for å generere damp. Diesel som drivstoff er et av alternativene for å varme opp vannet i en dampkjele. For å redusere energiforbruket og dermed logistikkbehovet i Barentshavet sørøst bør man velge systemer som er nøktern mht. drivstoffs forbruk. Et av dampsystemene med høy virkningsgrad er vist nedenfor. Clayton dampgeneratorer krever bare ca. 5 minutter fra kald start til å nå full kapasitet, i motsetning til dampkjeler som kan ta opptil en time for å øke trykket. Dette er absolutt en viktig faktor i drivstoffs økonomi, siden det ikke er nødvendig for å holde utstyret i drift hele dagen. Utstyret kan om nødvendig slås av og etter behov, noe som hindrer bortkast av verdifullt drivstoff under hviletid eller når det ikke er behov for damp.



Figur 7-11 Dampgenerator fra Clayton (ref. <http://www.clayton.mx/offshore.html>)

Rørnettverket til dampsystemet må ha isolering for å hindre varmetap og beskyttelse av mannskapet mot temperaturer over 70 °C.

7.2.13 Infrarød teknologi

Avising basert på infrarød teknologi er allerede i bruk ved flere flyplasser i verden. Flyavinging som innebærer fjerning av is og snø fra overflaten av et fly før takeoff har en avgjørende betydning i flysikkerheten når flyet er i luften. Avising blir vanligvis etterfulgt av antiising prosess for å forhindre ytterligere oppbygging av is i tiden før avgang. Den mest utbredte metoden for flyavinging og antiising er basert på bruken av glykol som avisingsmiddel. Glykol i utgangspunktet er uønsket i luftfart pga. sine miljømessige ulemper ifm. forurensning av grunnvann.

Infrarød avisning basert på infrarød teknologi er en mer miljøvennlig metode sammenlignet med bruk av glykol. Gardemoen flyplass er utstyrt med avisningssystem fra InfraTek Radiant Energy som bruker infrarøde stråler for avisning av fly istedenfor kjemikalier. Dette systemet er effektivt system for avisning men kan på ingen måte erstatte kjemikalier mht. antiising som er kritisk for å forhindre oppbygging av is i tiden før avgang.



Figur 7-12 (Venstre) Infrarød avisning teknologi installert i et fly hangar (ref. http://www.iasa.com.au/folders/Safety_Issues/RiskManagement/infrareddeicing), (Høyre) virkemåten til InfraTek™ Deicing System

I Infrarød teknologi blir varmeelementet ikke plassert direkte på overflaten som f.eks. varmekabler, i stedet blir infrarød energikilden som emitterer IR lys plassert på den motsatte siden med en viss avstand fra målet, den isbelagte overflaten. Infrarød stråling er en del av det elektromagnetiske spektrumet og strekker seg over bølgelengder fra omtrent 0,75 µm til over 1000 µm. Meste parten av den infrarøde energien i IR avisning/antiising teknologi er

utstrålt i medium- til langbølge infrarødt spektrum med bølgelengder mellom ca. 3 til 15 μm . Grunnen til det er at is absorberer energi i dette spektrumet. (Ref. [3])

Metoder brukt for oppvarming av IR emittere til å avgi infrarød energi er enten basert på gassdrevet eller elektriske emittere.

Infrarød teknologi kan brukes for avising / antiising av gangveier, trapper, antenner, kraner og vinsjer, ventiler, brann-/redningsutstyr samt luftinntak. Teknologien er nyttig for alle former for is, og er mest aktuelt for antiising og avising av komplekse objekter. Bakdelen med infrarød teknologi er at infrarødkilden skal ha veldig høy temperatur for å emittere tilstrekkelig IR lys. Denne høye temperaturen er ugunstig for hydrokarbon relaterte anlegg som borerigger fordi det er en reell fare for selvantennelse av gasslekkasjer hvis gassen kommer i kontakt med slike varmeoverflater som har tilstrekkelig høy temperatur. Andre potensielle ulemper kan være:

- Overoppheting og ødeleggelse av materialer kompositter
- IR emittere skal plasseres på steder som er beskyttet mot sjøsprøyt.



Figur 7-13 Elektromagnetisk stråling spektrum (ref. https://snl.no/elektromagnetisk_str%C3%A5ling)

7.2.14 Punktvarme og skrapesystem

Punkt varme er varme coiler (elektrisk eller steam) som blåser varm luft og varmer en gjenstand eller et begrenset område som f.eks. på boredekk.

Skrapesystem er "tailor made for purpose" anordninger som skrapes av isen rundt et objekt, f.eks. løsning vist under; (under smøring av en vaier.)



Figur 7-14 Typiske løsninger for punktvarme og skrapesystem

7.2.15 Manuell fjerning av is og snø

Under manuell snø / is fjerningsarbeid må mannskapet være forsiktig for ikke å ødelegge utstyr / struktur på innretningen. Utstyr brukt for manuell fjerning av is og snø må helst være av den typen som ikke skader innretningen. For å utføre jobben må mannskapet være i god fysisk form og passende påkledd.

Eksempler på manuell snø / is fjerningsutstyr:

- Isskraper
- Treklubbe
- Snøskuffe
- Spade
- Hakke



Figur 7-15 Manuell avising på skipsdekk (venstre ref. [33] høyre ref. [34])

8. BOREUTSTYR OG OPERASJONER

8.1 Innledning

Dette kapitlet beskriver nåværende status, problemstillinger/gap og vurderte tiltak for å løse problemstillinger og kunnskapsgap knyttet til boreutstyr og systemer med hensyn til petroleumsvirksomhet i Barentshavet sørøst.

Det må bemerkes at selv om den geologiske kunnskapen i Barentshavet sørøst fortsatt er relativt begrenset er brønnlengder som skal bores antatt å være lik som på norsk sokkel, og de planlagte brønnnybder vil definere kapasitetskrav til utstyr og systemer. Basert på erfaring fra norsk sokkel kan en anta at boreutstyret/ systemene må kunne bore brønner opp mot 10.000 meters lengde på en effektiv og sikker måte, trippe inn og ut av brønnen raskt og effektivt, samt håndtere BOP og Borestigerør på mellom 200 og 300 meters lengde (ref. [4]). Det er ikke definert noen utfordringer eller gap mot nåværende praksis i denne sammenheng hverken for sommer- eller helårsoperasjon.

Tilnærmingen for å løse problemstillinger og kunnskaps gap knyttet til boreutstyr og systemer for sommer og helårsoperasjoner er basert på å liste opp boreutstyr og system i grupper og drøfte hver gruppe for seg. Følgende er utført:

1. Identifisert de nødvendige aktivitetene og /eller analysene som kreves for å lukke kunnskaps gap.
2. Presentere løsninger for sommer- / helårsoperasjon

8.2 Sommeroperasjon

Typiske problemstillinger for operasjon av boreutstyr og systemer for sommeroperasjon er derfor definert til følgende:

- Bevegelse / hiv
- Kondens i boretårn eller andre høye strukturer (kronblokk, løpeblokk, krok og svivel).
- Drivende isblokker som kan sette viktige deler av brønnkontrollutstyret ute av drift. (riser- og kontroll-linjer til BOP).
- Prosedyrer og analyser ved rask omskiftning av vær
- Prosedyrer / planer for avlastingsboring og mobilisering av kappslingsutstyr
- Lange avstander kan hindre forsyninger av borevæske / tilsetninger og reservedeler (beskrevet i kapittel 14)
- Sommeroperasjon over til ikke planlagt vinteroperasjon / Beredskaps planer for avlastingsboring og mobilisering av kappslingsutstyr

Temperatur og klima

Nåværende praksis / tilgjengelig boreutstyr på markedet har materialsertifikat for -20° C. For sommeroperasjoner, vil dette være fullt ut tilstrekkelig. Dette er således ikke diskutert videre i dette kapitlet.

Det må påpekes at for løsninger beskrevet videre er det tatt hensyn til verste tilfellet, med andre ord dypest vann, laveste temperatur og lengste avstand fra land. Konsekvens av skisserte løsning relatert til type innretning er diskutert i kapittel 16.

8.2.1 Rørhåndtering

8.2.1.1 Vertikal rørhåndtering

Følgende utstyr og systemer inngår / er vurdert.

- Boretårn / Ramrigg/ Mast og Heismaskineri
- Travelling block

- Rørskrumaskin (Topdrive) og Rotasjonsbord (Rotary)
- Boredekksutstyr for rørhåndtering
- Vinsjer for tilkomst / vedlikehold og rørhåndtering
- Heis / trappetårn i Derrik / Ramguide
- Borerers kabin

Utstyret er vurdert samlet for følgende element:

- Frakopling
- Hiv
- Akselerasjoner

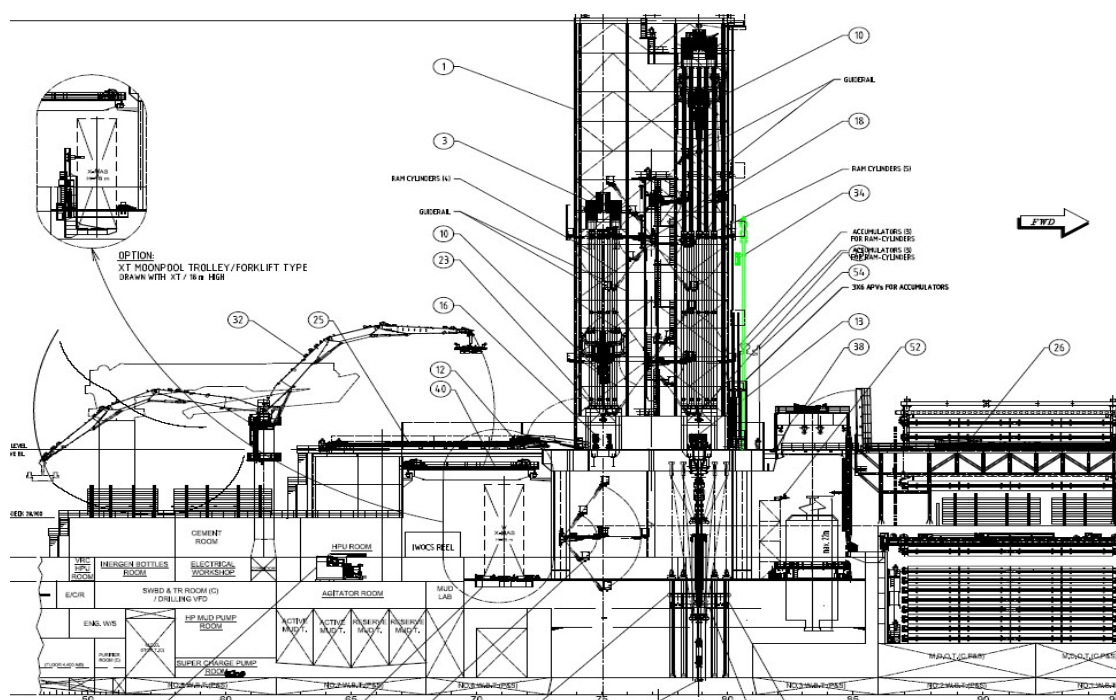
Frakopling / forflytning

Det vertikale rørhåndteringssystemet/ -utstyret er en viktig faktor med hensyn til å kunne operere i brønnen på en sikker måte samt forlate en brønn raskt ved å trekke opp borestreng / kople stigerør fra BOP. Dette for å sikre rask forflytting av boreboreinnretning/fartøy i nødsituasjon ved brønn problem / påventede ekstremt uvær eller forflytning for å komme bort fra drivende is / knult. Svikt i systemet samtidig med at innretningen skal trekke av lokasjon er således ett risikoelement.

I kvantitative risikoanalyser for flyttbare boreinnretninger ligger det inne krav om forflytning til sikker posisjon, eksempelvis i løpet av 5 minutter (DP) eller 7,5 minutter (forankret), i forbindelse med potensiell utblåsning. Det vertikale rørhåndteringssystemet må således kunne sikre at relaterte operasjoner med systemet ikke hindrer en slik forflytning.

Drivis / knult eller varslede ekstreme værforhold i Barentshavet sørøst vil sette krav til raskt å kunne forlate brønnen / lokasjonen, samt at et sårbart miljø vil kreve at utstyrssvikt ikke skal sette boreoperasjonen eller frakoplingsoperasjonen i fare.

For å redusere risiko ved mulig utstyrs- /systemsvikt i parallell med brønn problem og med mulighet for å kunne forlate brønnen raskt, vil det være en fordel med dobbelt vertikalt rørhåndteringssystem som kan betjene samme kjellerdekk / borestigerør. Dobbel derrik / Ramrig løsning (vist i figur 8-1) øker mulighet å kunne kople fra brønn om et av de vertikale rørhåndteringssystemene er ute av drift.

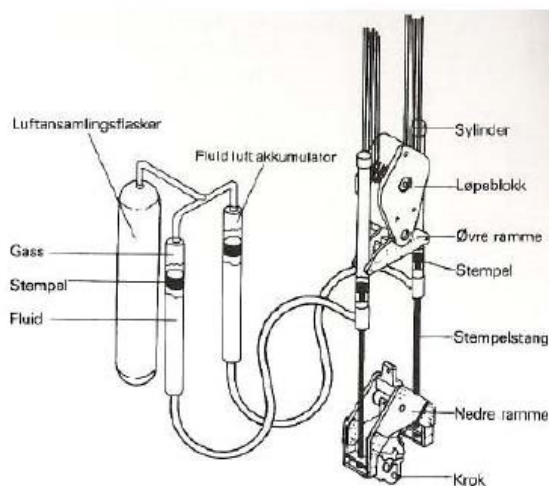


Figur 8-1 MHwirth dobbel ramrigg løsning

Hiv / innretningens bevegelser

Det vertikale rørhåndteringssystemet kompenserer for innretningens bevegelser slik at bore-/foringsrørets bevegelser er tilnærmet upåvirket av fartøyets bevegelser.

Det finnes passive system basert på bruk av pneumatiske fjærer og aktive system som styres av regulerings algoritmer på bakgrunn av måling av innretningens bevegelser. Typisk passiv hiv kompensering er vist i figuren under.



Figur 8-2 Passivt kompenseringssystem (Ref. MHW produktkatalog)

For bruk i Barentshavet er kun aktive system vurdert grunnet de passive systemers store begrensninger mht. å kompensere ved store hiv.

Aktiv hiv kompensering gjøres ved hjelp av kompensasjonssystem ved borestrengs kompensator i boretårnet (topp kompensator), eller ved hjelp av hydraulikk for Ramrigg systemer.

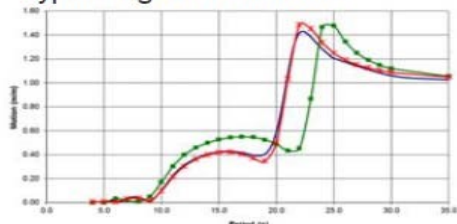
Sammenligning mellom de mest typiske kompenseringssystem er vist i figuren under.

Comparison in heave capacity



The Top Compensator can absorb **+/- 5 meter** vertical motion (heave)

Typical rig characteristics



..we all like to minimize waiting on weather



The new Ram Rig hoisting system can absorb **+/- 15 meter** vertical motion (heave)

Figur 8-3 Hiv kompenseringssystem (ref. MHwirth brosjyre)

Det er også utviklet heisespill (elektrisk drevet) som har innebygget hiv kompensering, dette er vist på figuren under.



Figur 8-4 Hiv kompenserende heisespill (ref. NOV (ref. National Oilwell))

Værforhold i Barentshavet sørøst i sommersesong er sammenlignbare med værforhold på norsk sokkel og dette er nivåer en allerede håndterer bra.

Erfaringsmessig sett gir Ramrigg systemene enklere løsninger enn de konvensjonelle systemene og færre utstyrsenheter å operere. Det må også påpekes at det for operatøren er ønskelig med minimal WoW (Waiting on Weather) og derfor ett kost element å bruke systemer som tar størst mulig hiv.

Sannsynlighet for større hiv enn grenseverdi før en får koplet fra ansees som minimal i sommersesongen. Relatert bevegelse/ konsekvens er også avhengig av selve innretningens bevegelser og er videre vurdert i kapittel 16.

Akselerasjonskrefter

Boretårnet (Derrick)/ Ramguide må være designet for de akselerasjonskrefter som kan oppstå ved transitt og overlevelses modus for fartøyet i Barentshavet sørøst i sommersesongen.

Idet storm, vind og bølger ikke skiller seg vesentlig fra Nordsjøen / Norskehavet ansees utstyr designet for akselerasjonskrefter generelt på norsk sokkel som fullt ut tilstrekkelig.

For sommeroperasjon vil det ikke være behov for å ta hensyn til is oppbygging på systemene.

8.2.1.2 Horisontal rørhåndtering

Følgende utstyr og systemer inngår / er vurdert.

- Borerørslager (Pipedeck)
- Kraner på borerørslager
- System for føring av rør fra borerørslager til boredekk
- Kontroll systemer

Rørlager kapasitet

Rørlager kapasitet for borerør og foringsrør er en viktig faktor med hensyn til å kunne operere i brønnen på en sikker måte (tilstrekkelig med borerør og foringsrør for de planlagte boreoperasjoner / brønn lengder) og derav redusere risiko for skade på ett sårbart miljø.

Typisk horisontalt rørhåndteringssystem for rørlager er vist på figur 8.5.



Figur 8-5 Horisontal rørhåndtering, traverskran borerørslager

Typisk rørhåndteringssystem for mating fra rørlager til boredekk er vist på figur 8.6.



Figur 8-6 Horisontal rørhåndtering, mating til boredekk / Tubular Feeding Machine

Vurderinger med hensyn til kapasitet / størrelse av rørlager er diskutert i kapitel 14 logistikk

8.2.2 Bore prosess systemer

8.2.2.1 Bore hoved prosess

Følgende utstyr og systemer inngår / er vurdert:

- Borevæske system /tanker og pumper / høytrykk standpipe manifold
- Sementerings system / sement manifold
- Bore tørrstoff lager
- Trip tank
- Kill og choke
- Mud-Gas-Separator (MGS)
- Borkaks håndteringssystem
- Kompleteringssystem / Brine
- Tank / Vibrasjonssikter (shale-shakers) / ventilering

Utstyret er vurdert enkeltvis for hvert av systemene.

Det må bemerkes at det meste av boreprosess systemene vanligvis er innebygget i moduler eller i skrog på typiske boreinnretninger som kan brukes i Barentshavet sørøst.

Borevæske systemer

Den geologiske kunnskapen i Barentshavet sørøst er fortsatt relativt begrenset, men brønnlengder som skal bores er forventet like som for Norskehavet / Nordsjøen. Trykk i bergarter som skal bores vil for første boringer være ukjent, men boreanlegg for innretninger brukt til leteboring er dimensjonert for trykk opp til 15.000 psi så dette er ikke ansett som ett problem. Konvensjonell borevæske design / tilsetnings stoffer er anvendbare, mens relaterte mengder /reserve væske kan være større som følge av karstifiserte bergarter (se kap. logistikk).

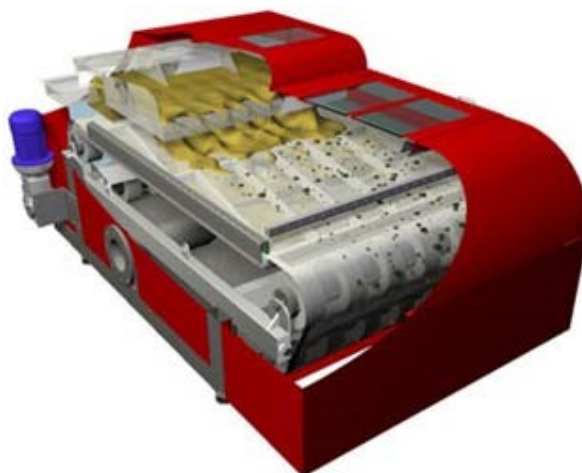
Selv om det er boret flere brønner i området og bergartene er kjent er det også områder en kan anta kan ha andre bergarter/andre problemstillinger mht. tilsetnings stoffer. Dette kan påvirke størrelse på lager for tilsetningsstoffer om bord om en ønsker å ha alt om bord, men idet lager for tilsetningsstoff ikke utgjør store areal / vekt antas de fleste boreinnretninger å ha plass for dette.

Borevæskesystemer er vanligvis atmosfærisk og stort sett lukket grunnet arbeidsmiljø. Åpninger ventileres ved:

- Vibrasjonssikter (Shale shakers), her suges luften ut med mulighet for å skille ut oljen i en væskeutskiller (scrubber)
- Degassing ved shale shakere (treatment tanker)
- Borevæske tank topp (avløftning av tankene).

Alt dette skjer i innelukkede og oppvarmede områder med dagens aktuelle boreinnretninger og det er ikke behov for spesielle tiltak for sommer eller helårsoperasjoner.

Borevæsker bør være godt tilpasset bruk i arktiske områder. For å minimalisere de totale miljøkonsekvenser bør det vurderes bruk av vannbaserte borevæsker der dette er mulig. Det bør også vurderes bruk av teknologi som gjenvinner / sikrer gjenbruk av bore tilsetningsstoffer om bord fremfor transport til land for gjenvinning. Et eksempel på det er Mudcube (Cubility).



Figur 8-7 Mud Cube (ref. mud cube product katalog Cubility)

Typisk borevæske pumpe er vist i figuren under.



Figur 8-8 Borevæske pumpe (ref. MHW produktkatalog)

Sement systemer

Flytende tilsetningsstoffer for sement systemet blir levert i spesial tanker og lagret utendørs. Disse tankene er vanligvis ikke isolert, men har elektriske element for oppvarming ved behov. Dette er tilstrekkelig for utendørs lagring og transport ved sommeroperasjon.

Typisk sement pumpe er vist i figur 8.9.



Figur 8-9 Sement pumpe / elektrisk (ref. DOWEL CPS-300)

Bore tørrstoff

Bore tørrstoff lagres primært i tanker om bord og delvis i sekker (kjemikalie tilsetninger). Typisk tørrstoff tanker er vist i figuren under.



Figur 8-10 Tørrstofftanker (bulk) (ref. NOV)

Dagens praksis på norsk sokkel for design av tørrstoff tanker (bulk tanker) er fullt ut tilstrekkelig for sommeroperasjoner.

Vurderinger med hensyn til kapasitet / størrelse av tørrstofflager (bulk og sekkelager) er diskutert i kapittel 14 logistikk.

Mud Gas Separator / C&K systemer / Trip Tank

Konvensjonelt design av disse systemene er tilstrekkelig for sommeroperasjon og spesielle behov for beskyttelse er ikke definert.

Det anbefales at det monteres skjerming og punktvarme med hensyn til inspeksjon og vedlikehold om utstyret står ubeskyttet.

Typisk Mud Gas Separator er vist i figuren under.



Figur 8-11 Mud / gas separator (ref. DC Mud systems)

Bore avfall / Borkaks

Det genereres i snitt ca. 1.225 tonn borkaks ved en normal brønn (2.500m brønnlengde) (ref. [35]).

I den reviderte forvaltningsplanen for Lofoten–Barentshavet tillates utslipp av borkaks fra vannbasert borevæske (WBM), gitt visse forutsetninger og utførte vurderinger (se momenter presentert under). I tillegg tillates bruk av oljebasert slam (OBM) der det ikke finnes andre løsninger.

Barentshavet sørøst anses som et sårbart miljø og det er spesielt viktig å unngå skadelig utslipp til sjø og/eller havbunns organismer (bl.a. sjøiljer, svamper), Ref. [4].

Når det gjelder vurdering av borkaksbehandling og mulig utslipp til sjø må følgende tas med i betraktningen (ref. [36] og [37]):

- Borkaks fra topphull
- Borkaks fra rest av seksjonene
- Gir havdypet mulighet for å tilbakeføre kaks fra topphull til innretning (f.eks. vha. Riserless Mud Recovery RMR)
- Kan vannbasert (grønn kategori) boreslam benyttes? □ Bunnfauna
- Avstand til land og til avfallsdeponi/håndtering (logistikk)
- Mulighet for bruk av komprimering/behandling/reising ombord
- Det totale miljøregnskapet (kost-nytte verdi)

For å hindre utslipp av borkaks på sjøbunn ved boring av topp hull kan man bruke stigerørsløse borkaks løfteutstyr RMR (Riserless Mud Recovery Systems). Slike system er basert på nedsenkbar suge- og løfte pumpe med slanger opp til boreinnretning / fartøy. Det er noe usikkerhet i forhold til miljøgevinsten ved RMR når bunnfaunaen på lokaliteten ikke er spesielt sårbar. Transporten og behandlingen på land krever energi og gir utslipp til luft, beslaglegger landområder og kan gi utslipp fra deponi. Per i dag finnes det heller ikke gode gjenbruksløsninger for kaks, bortsett fra begrenset gjenbruk som borevæske til topphullet i andre brønner. (ref. [37])

Borkaks fra Syntetiske og Oljebaserte borevæsker (OBM) bør renses og om mulig komprimeres ombord (om mulig gjenbruke borkaks som erstatning for barytt), og restprodukt sendes til land med transport kaks containere eller i spesielle containere. Det er stadig under utvikling nytt utstyr for reising av oljeholdig kaks, hvor den knuste kaksen da

kan slippes ut igjen til sjø. Slikt utstyr er mest aktuelt på en fast installasjon basert på kost/nytte (mengde behandlet kaks og plassbehov).

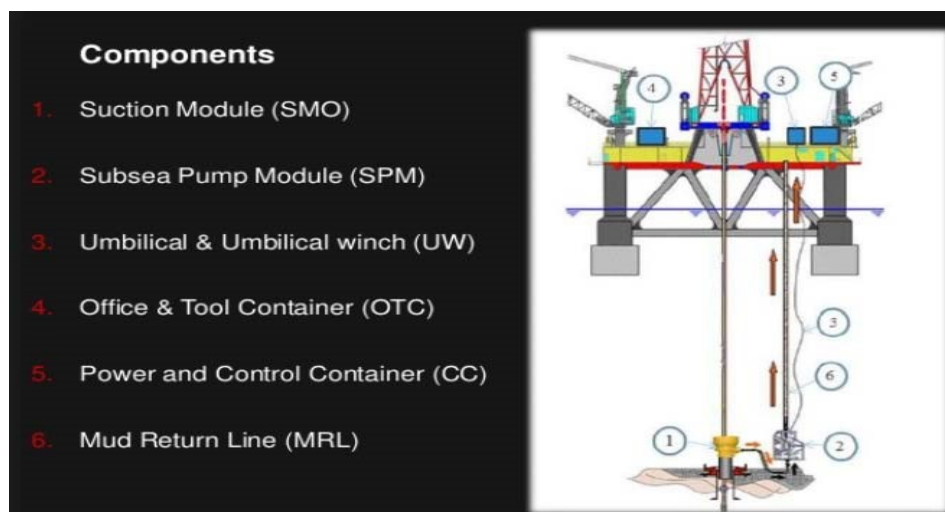
For vannbasert boreslam bør det også vurderes om det finnes system for behandling / komprimering / utvanning som kan minimalisere utslipp til sjø/sjøbunn.

Avfall i forbindelse med vasking/drenering av boreområder (drilling slop) er beskrevet i kapittel 8.2.3.2.

Det er for leteboring antatt at kaks injeksjon i formasjon er økonomisk ugunstig (må ha spesielt brønnhode). For produksjonsboring vil kaks injeksjon være praktisk / økonomisk mulig om det finnes egnede formasjoner.

Problemstillingen rundt borkakshåndtering og -behandling bør vurderes nærmere i videre studier.

Riserless mud recovery system typisk transport (TOTE) tanker, og borkaks lagret i kontainere om bord på forsyningsfartøy er vist på følgende figurer.



Figur 8-12 Riserless mud recovery system (ref. Halliburton)



Figur 8-13 Tote tanker (ref. Halliburton))



Figur 8-14 Borkaks containere (ref. Farstad shipping)

Kompletterings system

Standard kompletterings utstyr og/eller kjemikalie system for norsk sokkel (helårsoperasjon /vinterisert) er fullt ut tilstrekkelig for typisk sommeroperasjon i Barentshavet sørøst. Dette basert på at temperaturer ikke vil komme under temperatur som kan skade anvendte kjemikalier.

Utslipp av kompletteringsvæsker ved eventuell re-komplettering av brønn må unngås og væsken fraktes til land.

Tank / shale-shaker ventilerings

Standard ventileringsystem er anvendbare for sommeroperasjon da risiko for frysing / tetting anses som ikke tilstede.

8.2.2.2 Bore prosess hjelpesystemer

Følgende utstyr og systemer inngår / er vurdert:

- Nitrogen system
- Vannsystemer o Borevann o Sjøvann o Kjølevanns systemer o Varmtvann / varmegæskesystem o Drikkevann o Vaskevann høyt trykk
- Damp system
- Diesel / baseolje system
- Drenerings system
- Sanitært system

Utstyret er vurdert enkeltvis for hvert av systemene.

Luft / instrument luft er vurdert i kapittel 11 Hjelpesystemer.

Nitrogen system

Nyere / siste generasjons boreinnretninger har vanligvis Nitrogen produksjonsanlegg om bord (innebygget og beskyttet). Nitrogen på flasker / flaske bank som transporteres ut og lagres ombord er også vanlig

Standard Nitrogen produksjonsanlegg og lagring av nitrogen flasker ombord som på norsk sokkel er fullt ut tilstrekkelig for operasjon i sommerperioden.

Vannsystemer

Konklusjonene under er gitt basert på at en sommeroperasjon (boreoperasjon) kan gå inn i tidlig vinterperiode med lavere temperatur enn 0 grader.

Borevannstanker i pongtonger, søyler eller skrog vil ikke ha behov for sirkulasjonssystemer ved sommeroperasjon. For distribusjonssystemene / rør bør det vurderes å gjøre dem oppvarmbare og /eller bygget slik at de drenerer tilbake til lager tankene.

Kjølevannssystemene for boreutstyr (AC motorer) og elektriske omformere er basert på ferskvannskjøling og det anbefales kontinuerlig sirkulasjon og deler av rørsystemet som ikke kan dreneres må kunne varmes opp (trace heating).

Drikkevannlagret enten i søyler eller i skroget anbefales utstyrt med varmekolber. Rørsystem som ikke kan dreneres helt må ha mulighet for oppvarming (trace heating).

Rørsystemet til høytrykk vaskevanns bør være oppvarmbart (trace heated) og isolert hvis rutet utenfor oppvarmede områder.

Ingen utfordringer er definert for sjøvannssystemene. Relaterte rørsystemer vil ofte være oppvarmet (trace heated) og isolert hvis rutet utenfor oppvarmede områder på nyere / vinteriserte innretninger.

Damp system

Damp systemer er installert på alle relevante /siste generasjons boreinnretninger og de fleste eldre innretninger, men er ikke påkrevet for sommeroperasjon.

Diesel / Baseolje system

Diesel / baseoljer skiller ut voks ved -10 °C. To egenskaper er da viktige å ha kontroll på. Det ene er *tåkepunktet* (Eng: Cloud Point). Dette er punktet da de første vokskrystallene dannes. Den andre egenskapen er *blokkeringspunktet* (Eng: Cold Filter Plugging Point, CFPP). Det er den laveste temperaturen en kan bruke dieselen.

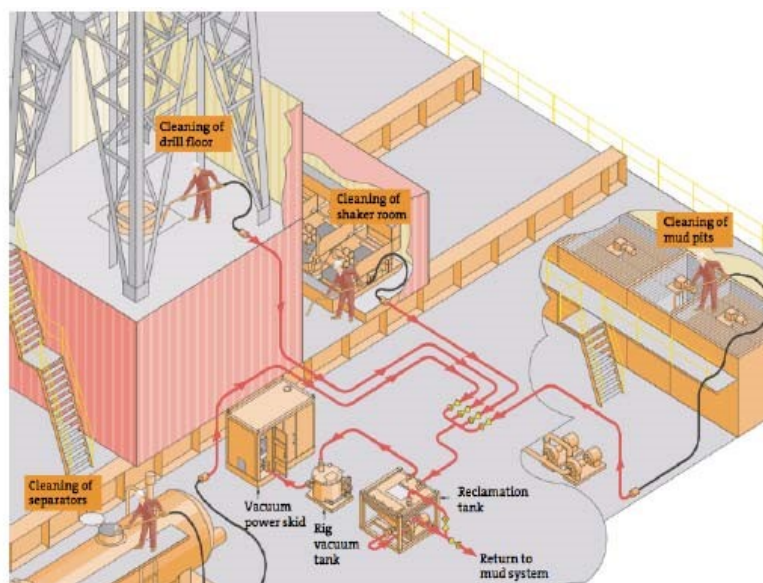
Med angitte temperaturer er standard diesel/ baseolje systemer på markedet fullt ut tilstrekkelig for operasjon i sommerperioden på vinteriserte boreinnretninger.

Drenerings system

Bore dreneringssystemene er delt to åpne systemer, ett ikke hazardous (uklassifisert) og ett hazardous (klassifisert) system. Drenering fra ikke forurensede system kan normalt ledes rett til sjø.

Forurenset drenering må samles i tanker (klassifisert og uklassifisert) og pumpes til Slop /rense håndterings system på boreinnretningen. Renset avløp (ihht. Minimum krav) kan slippes ut i sjø mens avfall må transporteres til land.

Normalt spyles/vaskes områder med høytrykksspyler, og det forurensede vannet samles i drenerings/slop tanker. Enkelte boreinnretninger har også et vakuumsugesystem for oppsamling av forurenset væske. Typisk vakuum rensesystem er vist i figur 8.15.



Figur 8-15 Slope system med vakuu (ref. VCS, Stantec 2009)

Drenerings sluker, rør og systemer som er utenfor oppvarmede områder bør kunne være oppvarmbare (trace heating) for sommeroperasjoner. Det må påpekes at siste generasjons vinteriserte boreinnretninger er utstyrt med trace heating av dreneringssystemene. Det henvises også til drenerings funksjon beskrevet under kap. 9.

Sanitær systemer

Sanitær systemenes tanker og rør må kunne oppvarmes i utsatte ikke isolerte områder. Boresanitærssystemene føres til boreinnretningens / skipets hoved sanitærssystem for videre behandling.

8.2.3 BOP / ventiltre (X-mas-tree) / Borestigerør / Diverter

Følgende utstyr og systemer inngår / er vurdert:

- Blow Out Preventer (BOP)
- Ventiltre (X mas tree)
- Bore stigerør

K&C linjer og BOP kontrollkabler langs

stigerørBorestigerør bevegelses kompenseringssystem

- Diverter (avledersystem)

Utstyret er vurdert enkeltvis for hver utstyrsguppe.

Primær systemer og utstyr for vertikal håndtering av bore stigerør er vurdert i kapittel 8.2.1.

Havdyder

Havdybder i Barentshavet sørøst tilsier stigerør på ca. 200 til 300 meter, og BOP og ventiltre (Xmas tree) bygget for 10-15 K psi. Utstyr / system på de fleste boreinnretninger er bygget / designet for dette.

Relaterte håndteringssystem for stigrør og BOP/ ventiltre er beskrevet i kapittel 8.2.1.

BOP

BOP design:

Konvensjonelt BOP design tilpasset brønnen man skal bore (oppsett og trykk) som for norsk sokkel.

BOP væske system:

Glykolbasert væske benyttes ved trykksetting og aktivering av ventiler og systemer på BOP enheten. Boreinnretningen har system for retur og gjenbruk av denne væsken, men ved BOP testing vil noe væske bli sluppet i sjøen og vil kreve dispensasjon.

Det finnes væsker som er definert som grønne (grønn kategori) / helt uskadelige for miljøet. Kjemikalier i grønn kategori er kjemikalier som står på OSPARs PLONOR-liste. Disse kjemikaliene vurderes å ha ingen eller svært liten negativ miljøeffekt. Kjemikalier i grønn kategori omfatter også vann som inngår i kjemikaliene. Men det er erfart operasjonelle problem med disse. Hvorvidt det bør påbys bruk av grønne væsker kan ikke konkluderes i denne studien.

Generelt velges BOP væsken etter de aktuelle driftstemperaturer i området den skal brukes. Tabellen under representerer et eksempel på typiske BOP væsker. For eksempel, for sommeroperasjon anbefales Erifon CLS 40 idet en sommeroperasjon kan fortsette over i en kaldere periode ved problem med brønn.

Tabell 8-1 Eksempel på typiske BOP væske produkter (MacDermid Offshore Solutions / Erifon CLS Series)

Typical Physical Properties	Erifon CLS 25	Erifon CLS 40	Erifon CLS 60
Climate	Tropical	Mild	Cold
Operational Temperature Range	-10°C to 135°C (14°F to 275°F)	-25°C to 135°C (-13°F to 275°F)	-50°C to 135°C (-58°F to 275°F)
Appearance	Clear, Pale Straw	Clear, Pale Straw	Clear, Pale Straw
Specific Gravity @15.6°C	1.05	1.07	1.09
pH	9.8	9.7	9.5
Pour Point	-10°C (14°F)	-25°C (-13°F)	-50°C (-58°F)
Kinematic Viscosity (cSt)			
-40°C (-40°F)	Solid	Solid	464
-20°C (4°F)	Semi Solid	25	66
0°C (32°F)	6.0	9.2	18
20°C (68°F)	2.8	4.4	7.8

Alternativ BOP løsning / Elektrisk BOP (Ikke i henhold til API)

Firmaet Electrical Subsea& Drilling (ESD) i Norge har under utvikling en elektrisk BOP løsning som vil eliminere behov for hydraulikk væsker og derav ingen kjemikalie utslipp. Forskjell mellom elektrisk BOP og konvensjonell BOP (hydraulisk) er stort sett at lukke mekanismene utløses elektrisk og ikke med hydrauliske system. Bilde av prototype elektrisk BOP under testing (2015 /2016) hos Electrical Subsea& Drilling er vist under.



Figur 8-16 Bilde CCC Elektrisk aktuert BOP prototype (Electrical Subsea& Drilling- ESD)

Elektrisk aktuert BOP medfører også at de hydrauliske kablene langsetter borestigerøret erstattes med elektriske kabler som er tynnere og lettere og derav også mindre kabel tromler på innretningen. Det antas også at elektriske kabler langsetter borestigerøret vil være enklere å beskytte for is / isflak.

Systemet er også forventet å medføre både redusert plassbehov (enklere system / færre element å vedlikeholde) på boreinnretningen samt at selve BOP vil bli lettere. Konvensjonelle BOPs systemer aktuelle for bruk i Barentshavet sørøst veier omlag 450 tonn. Også kommunikasjonen mellom BOPen / kontrollpanelene vil bli enklere samt at systemet gir mye større mulighet for bedre tilstands-overvåking som er ett viktig element i Barentshavet sørøst.

Det må bemerkes at systemet fortsatt er under utvikling og er således ikke ett utprøvd produkt samt at det for studie gruppen ikke er kjent med at andre aktører enn Electrical Subsea& Drilling (Norge) har dette under utvikling nå. Det antas at systemet først kan være aktuelt for bruk offshore i 2020 eller senere.

Det påpekes også at elektrisk BOP ikke møter kravene i dagens API og andre standarder for BOP design så en del justeringer av disse er også påkrevet. Dette er bl.a. relatert til «fail-safe» funksjonen samt reserve kraft som i dag ivaretas med akkumulatorer på BOP stacken og på innretningen. ESD hevder at elektriske batterier med mange fordeler kan erstatte hydrauliske akkumulatorer. Fordelene inkluderer vekt- og tidsbesparelse mht. testing og igangsetting av BOP pakken. Med hensyn til kraftforbruk må behovet til ekstra nødkraft vurderes mht. nødgeneratorens kapasitet. En sammenligning av påliteligheten til elektro-hydraulisk og full elektrisk BOP løsninger er utført i ref. [38] i regi av en mastergrad oppgave på NTNU. Denne referansen oppgir maks effektforbruk til BOP i et område mellom 0,5 -0,7 MW. Dette ekstra kraftforbruket (spiss belastning) må tas hensyn til ved design av nødkraft anlegget om bord vurdert med hensyn til kraft behov for vinteriseringstiltak og andre samtidige mulige operasjoner. Det må legges merke til at BOP kraftforbruket under aksjon er kortvarig og varer kun noen få minutter, men dette forbruket er mye høyere enn det som trengs under oppladning av batterier. Det forventes at konsekvensene for nødkraft må utredes av leverandøren under markedsføring av produktet i markedet.

Men idet det forventes at nye retningslinjer fra Bureau of Safety and Environmental Enforcement (BSEE) med mål å øke sikkerheten og redusere risikoen for en ny Deepwater Horizon-ulykke vil danne ett marked for nye BOP-løsninger og derav forenkle nødvendige justeringer av API og andre BOP standarder. Generelt vil studie gruppen også påpeke at en slik prematur løsning bør først testes på kjente felt (kjent område) før det tas i bruk i Barentshavet sørøst for å sikre at alle barnesykdommer er luket ut. Men når elektrisk BOP fungerer som antatt og er ferdig utprøvd og testet i andre områder (kommersielt tilgjengelig) er det definert at det vil ha store fordeler for bruk i Barentshavet sørøst.

Stack-up håndtering:

Stack-up posisjon til BOP bør være et innebygget/skjermet område grunnet arbeidsoppgaver og varighet av disse selv ved sommeroperasjoner. Muligheten for en delvis oppvarming av området ved gitte arbeidsoperasjoner må vurderes. Se kapittel 8.2.11.

BOP / sjøbunnsinstallasjoner og isfjell:

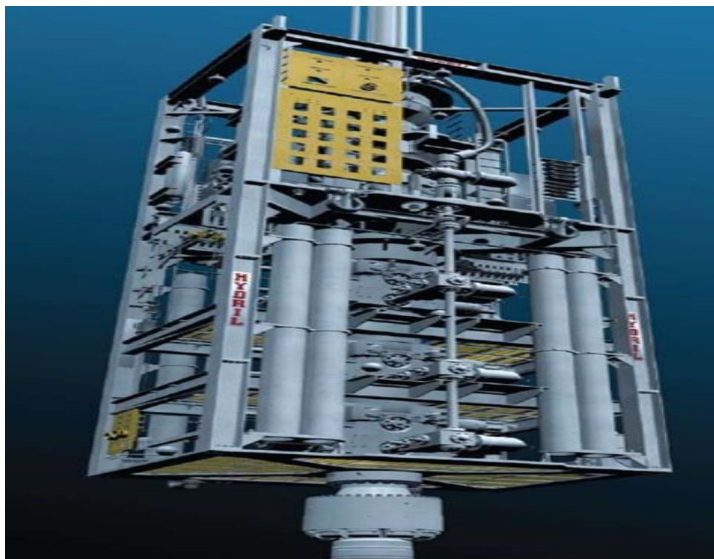
Som presentert i kapittel 5 er det definert stor usikkerhet mht. sannsynlighet for at isfjell driver inn i Barentshavet sørøst ved sommeroperasjon og noe en bør vurderes nærmere.

Følgende antas:

- Sannsynlighet for isfjell som er akkurat dype nok til å subbe sjøbunn og treffe BOP sjøbunnsinstallasjoner ansees som liten
- Sannsynlighet for å oppdage så store isfjell er stor (Ice management)
- Sannsynlighet for ikke å klare å lede det bort er ansett som minimal (Ice management)

Det er usikkert om BOP / sjøbunnsinstallasjoner (templates) treffes av isfjell, tatt i betraktning implementering av Ice Management. Det kan således sannsynligvis forsvares at BOP kan plasseres (forlates) på sjøbunnen uten spesiell beskyttelse mot isfjell for sommeroperasjoner. Dette bør studeres nærmere før endelig konklusjon kan gis.

Typisk BOP (Blowout preventer) montert på brønnhode er vist på figuren under.



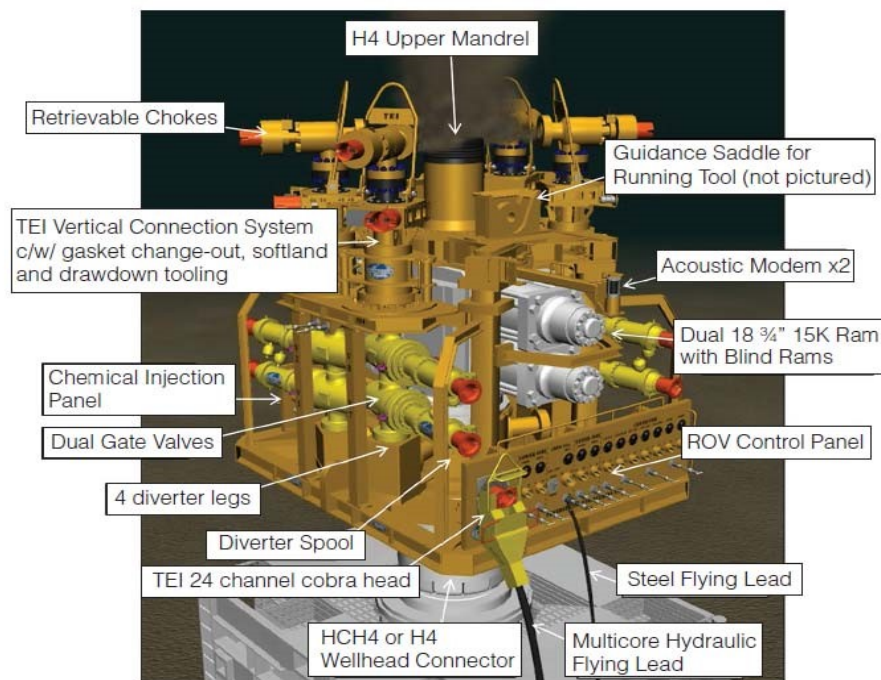
Figur 8-17 Blowout preventer på brønnhode (ref. Hydril)

Capping stack / Domer

Capping stack (reserve BOP) er en reserve ventil (BOP liknende) som kan tas i bruk om den vanlige BOP skulle svikte, men hvor en fremdeles har mulighet for å kople seg til brønnhodet. (Ref. [39]).

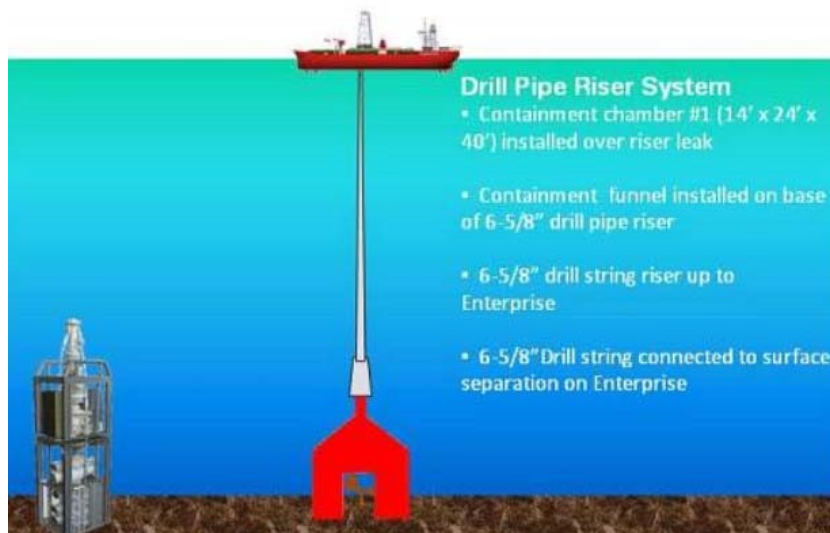
Capping stack kan brukes til å stoppe væskeutstrømming og/eller lede brønnstrøm til boreinnretningen. Ett slikt system vil øke mulighet for oppsamling ved utslipp og redusere skader på miljøet.

Typisk capping stack er vist på figuren under, (ref. [39])



Figur 8-18 Capping – Stack (Macondo) (ref. [39])

Domer har tilsvarende funksjon som capping stacks, men er et enklere system. Domer er basert på en kasse / trakt som senkes over brønnen som en har mistet kontroll over og hvor en ikke kan kople utstyr til brønnhodet. Brønnstrømmen ledes til fartøy ved stigerør eller slange. Eksempel på Dome er vist på figuren under.



Figur 8-19 Dome Deep water Horizon (ref. BP)

Capping stack og Dome system lagres på base ved land og vil kunne være i beredskap for flere boreoperasjoner (operatør samarbeide) i Barentshavet. For denne studien er slike system ansett å være utenfor emnet Egnede boreinnretninger. Det er likevel nevnt idet slike felles beredskapssystemer vil være et viktig element både for sommer- og helårsoperasjon.

Ventiltre (X mas tree)

Ventiltre Stack-up håndtering:

Stack-up posisjon til ventiltre bør være et innebygget/skjermet område grunnet arbeidsoppgaver og varighet av disse. Muligheten for en delvis oppvarming av området ved gitte arbeidsoperasjoner må vurderes. Se kapittel 8.2.11

Ventiltre / sjøbunnsinstallasjoner og isfjell:

Som for BOP konkluderes det med at sannsynligheten for at ventiltre / havbunnsinstallasjoner treffes av isfjell er liten. Men idet dette er installasjoner som skal stå over lengre perioder bør det defineres hvorvidt en bør montere installasjonene i havbunnsbrønner eller bygge beskyttelses strukturer. Se videre diskusjon under kapittel 8.3.4. Typisk ventiltre (Subsea) er vist på figuren under.



Figur 8-20 Ventiltre / Subsea (ref. Cameron)

Bore stigerør

Borestigerørets bevegelseskompensering system er enten basert på hydrauliske sylindre direkte koplet til stigerøret (Direct action) eller på vaiere og hydrauliske sylindre (Wire Tension).

Normalt består systemet av 4 bevegelseskompenserings enheter og disse lokaliseres ofte i utkanten av selve av boredekket, eventuelt nede i skroget. Systemer på siste generasjons innretninger vil kunne operere / klare de bevegelser som kan oppstå ved de værforhold en kan operere under i sommerperioden.

Det påpekes likevel at Wire tension systemene gir mulighet for større kompensering/avdrift av innretningen ved samme størrelse på Kjellerdekk.

Ising på borestigerøret med Kill & Choke og BOP kontroll kabler vil ikke være ett problem ved sommeroperasjoner.

Beskyttelse av stigerør med kabler mot drivis/knult må vurderes og blir videre diskutert i kapittel 16. På bilde 8.21 under er vist ett typisk borestigerør med Kill og Choke linjer.



Figur 8-21 Borestigerør med K&C lines (Aker Solutions)

Diverter

Diverter systemet / utstyret er en viktig faktor med hensyn til å avlaste en ukontrollerbar trykkoppbygging på en sikker måte. Det er ikke definert noen utfordringer eller gap mot nåværende praksis for design av diverter og kontrollsystemer i denne sammenheng. En mer frekvent testing av systemene enn på norsk sokkel generelt må vurderes ved gitte værforhold, for å sjekke at systemene er åpne også ved sommeroperasjoner.

8.2.4 Kjellerdekk utstyr og systemer

Følgende utstyr / systemer i kjellerdekk området inngår / er vurdert:

- BOP kontrollsystem og kabeltromler
- Personell basket
- Underhull guide
- Luker for lukking av kjellerdekk åpning
- Musehull (bunn)
- Tilkopling av C&K slanger
- Riser anti recoil systemer

Borestigerørs kompenseringssystem og BOP / ventiltre håndtering som også er lokalisert i dette området er vurdert i kapittel 8.2.4.

Det vurderes at standard ikke-permanent utstyr og system for norsk sokkel er fullt ut tilstrekkelig for sommeroperasjon i Barentshavet sørøst med hensyn til system design / kapasitet.

Oppvarming og ventilering

BOP kontrollsystemet må ha nødvendig oppvarming i relevant tidsrom for aktivering også ved sommeroperasjon (pre-opppvarming) samt at det er installert system i oppvarmet rom /skrog for nåværende praksis på norsk sokkel er at BOP kontrollsystem er plassert i oppvarmet rom/skrog.

Det er antatt at alle kontrollsystemer er plassert i oppvarmede Local Instrument Room (LIR)/ Local Equipment Room (LER) rom på boreinnretninger

Når det gjelder generell innbygging/skjerming og oppvarming, se kapittel 8.2.11.

8.2.5 Bore relatert / bore tredjeparts utstyr og system

Følgende utstyr og systemer inngår / er vurdert:

- Permanent ombord o Laste stasjoner
 - o Dropp stasjoner (eksplosiver / radioaktive materialer) o Fjernstyrt undervannsfartøy (Remote Operated Vehicle (ROV))
- Tredjeparts utstyr / ikke permanent om bord (utstyr som leies inn og opereres ombord for kortere eller lengre tid) o Kveilerør enheter (Coiled tubing units)
 - o Wireline equipment (Brønn kabelutstyr)

Permanent installert utstyr

Det bør vurderes skjerming/oppvarmet leskur for last anviser (operatør) på lastestasjoner.

Det er også viktig at det er installert system for å tømme / drenere slangene slik at spill / rester ikke droppes til sjø. Dette krever et oppsamlingssystem montert under slangestasjonen koplet til Slope / Vakuum systemet for innretningen.

ROV med parkeringskontainer og vedlikeholdskontainer er på skip lokalisert like ved skrog eller ved separat ROV kjellerdekk. For halvt nedsenkbare boreinnretninger er ROV parkerings og vedlikeholds kontainer ofte plassert på siden av dekket (utbygg). Alle ROV kontainere blir standard levert som oppvarmbare.

Ikke permanent installert

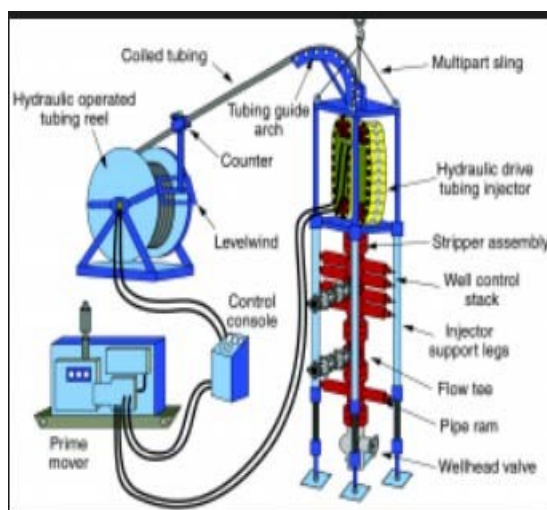
Coiled tubing utstyret / systemet består av mange enkeltenheter som kraftenhet, kontrollenhet, spolemaskin, arbeidsbrakker osv. Alle enheter levers på kontainere / skid montert samt at kontrollenheter leveres ventilerte og oppvarmbare. Plassering av utstyret / kontainere kan være på borerørlager eller annet område på dekk.

Det er ikke definert behov for at relaterte arbeidsplasser skal være innebygget ved sommeroperasjon.

Som for Coiled tubing består Wirelining utstyr / systemet av en rekke enkelt enheter som leveres i kontainere. Kontrollenheter / kontainere er vanligvis ventilerte og oppvarmbare. Plassering av wireline utstyret / kontainere kan være på borerørlager eller annet område på dekk.

Det er ikke definert behov for at relaterte arbeidsplasser skal være innebygget ved sommeroperasjon.

På figuren under er det vist et typisk oppsett for coiled tubing operasjon.



Figur 8-22 Coiled Tubing utstyr (Typical)

På bildet under er det vist en wireline skid



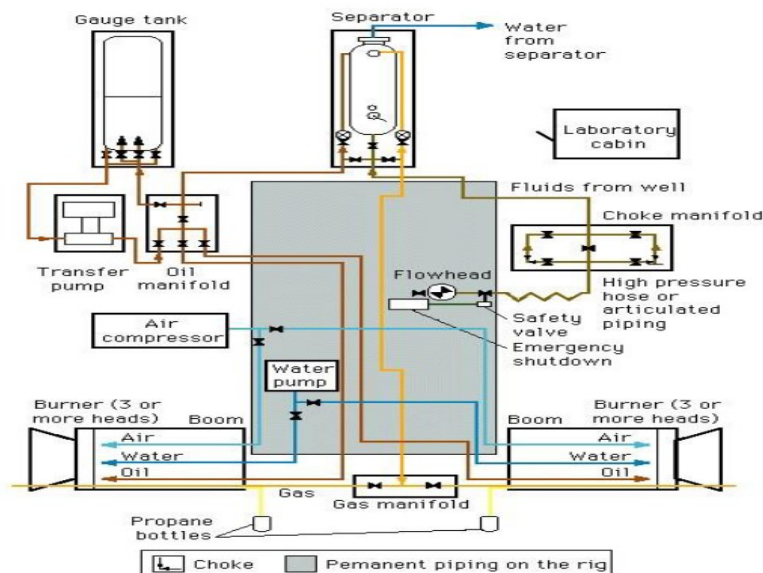
Figur 8-23 Wireline skid (ref. NOV)

8.2.6 Brønntestesystem og utstyr

Følgende utstyr og systemer inngår / er vurdert: □

- Permanent om bord: o Brennerbommer o Brennerhoder o Høytrykks rør fra boredekk til brennerbommer o Kjølesystem /vann spray o Deteksjons systemer
- Ikke permanent om bord o
 - Teste hode (Flow head) (boredekk)
 - o Fordelingsmanifold (Choke / teste manifold) på boredekk o Tanker o Varmervekslere o Test separator, tanker og pumper (kontainere). o Luft kompressor (om ikke fartøyets eget luft system er tilstrekkelig) o Damp enhet (om ikke fartøyets eget damp system er tilstrekkelig)
 - o Data kontainer

Ett typisk oppsett for en brønntest pakke er vist i figuren under:



Figur 8-24 Typisk oppsett for en brønntest pakke (ref. [11])

Permanent installert utstyr

Det er ikke behov for å beskytte brennerhoder og svingmekanismer for bom ved sommeroperasjoner.

I drift / teste posisjon vil det være samme begrensninger for brennerbom systemene som i Nordsjøen relatert til vind og fartøyets bevegelser samt effekt av vannskjold. Strøm, vind og bølger i Barentshavet sørøst ved sommeroperasjon skiller seg ikke vesentlig fra Nordsjøen.

Ikke permanent installert

Plassering av utstyret er vanligvis på fast oppsatte /definerte områder for brønntesting, eventuelt områder der det er plass tilgjengelig alt etter hvilken innretningstype som er aktuell. Hva som inngår i et utstyrs oppsett er også avhengig av hvilket reservoar som skal testes (type hydrokarboner).

Plassering av utstyret / containere kan være på borerørlager eller annet område på dekk.

De forskjellige enheter / moduler kan leveres som ventilerte og oppvarmbare for arktiske miljø.

Utstyret hentes om bord ved behov og involverer en rekke oppkoblinger som kan gjøres utendørs / ubeskyttet som i Nordsjøen ved sommeroperasjon. Operasjonen kan foregå fra typisk 7 dager og opp til 50 dager.

Utstyret bør ha drenerings system (drypp panner etc.) for oppsamling av væsker / spill selv om installert på områder som har separate dreneringssystem.

Utslipp til luft og nedfall fra forbrenning må minimaliseres og brennerhode med så mange brennerdyser som mulig. Et eksempel er EverGreen fra Schlumberger med 12 dyser som vist på bildet i figur 8-25.



Brennerhode med dyser, EverGreen fra Schlumberger

8.2.7 Materialhåndtering og utstyr

Følgende utstyr/ systemer og områder inngår / er vurdert:

- Søylekran / kraner
- Materialhåndteringsutstyr (trucker / vinsjer / mindre løfteinnretninger)
- Lasteområder / dekksluker
- Lager

8.2.7.1 Søylekran / kraner

Høy luftfuktighet og kraftig regn kan skape tilsøring av krankabinsvinduer. Det anbefales oppvarming av vindusglass og bruk av varmekabler for å hindre dugging av overflater.

8.2.7.2 Materialhåndteringsutstyr

Det er ikke definert behov for spesielt utstyr ved sommeroperasjon.

8.2.7.3 Lasteområder (åpent), dekksluker

Det er ikke definert behov for å bygge inn adkomstveier eller beskytte dekksluker spesielt mot snø og gjenfrysing ved sommeroperasjoner. Transport baner/områder bør være oppvarmbare i tilfelle en operasjon strekker seg over i kaldere perioder (ikke planlagt operasjon).

8.2.7.4 Lager og verksteder

Lagerkapasitet for reservedeler og drivstoff for innretningen er en viktig faktor med hensyn til å kunne operere på en sikker måte. Vurderinger med hensyn til kapasitet / størrelse av lager og verksteder er diskutert i kapittel 14 logistikk.

8.2.8 Boreinstrumentering

Generelt kan instrumentering /sensorer leveres for Sone 1 områdeklasse (ref. innretningens sonekart) og sertifisert for bruk i temperaturområdet -40 °C til + 80 °C.

Det mest av boreinstrumentering / sensorer er plassert innelukket i LER skap eller i beskyttet område.

Boreinstrumenter og sensorer plassert i ikke beskyttet område må være designet for bruk i temperatur område ned mot minus 15 °C og sertifisert for området de er plassert i (rett soneklassifisering). Ved eldre innretninger må all instrumentering som ikke er innebygget sjekkes og skiftes ved behov om ikke sertifisert til minus 15 °C og til rett områdeklasse (Ex klasse).

Luft drevne aktuatorer anbefales innebygget og beskyttet. Det henvises videre til kap. 11 hjelpesystemer / pneumatisk system.

8.2.9 Elektrisk / motorer/ kabler / lysarmaturer i boreområdet

Standard motorer (omgivelsestemperatur område fra -20 °C til +40 °C) som anvendt på norsk sokkel er tilstrekkelig også for motorer som ikke er innebygget / beskyttet.

Det må installeres varmeelement (space heaters) for alle motorer over en viss størrelse uansett plassering og temperaturområde.

Standard kabler og elektriske komponenter godkjent for bruk på norsk sokkel er tilstrekkelig for sommeroperasjoner i Barentshavet sørøst. Det vises også til kapittel 9.2.6.7 for utendørs kabler.

Standard lysarmaturer godkjent for bruk på norsk sokkel er tilstrekkelig for sommeroperasjoner i Barentshavet sørøst (Glamox MAX ICE eller tilsvarende).

8.2.10 Generelle operasjonelle vurderinger

Boring (ikke planlagt) over i vinterperiode som følge av problem med brønn er ett område som må vies oppmerksomhet ved planlegging av boreoperasjoner i sommerperioden.

For å redusere risk for at boreoperasjoner (sommer) går over i vinterperiode som for eksempel kan medføre behov for boring av avlastningsbrønn eller operasjoner for å sikre brønn må følgende tiltak iverksettes / defineres.

- Definere seneste tidspunkt for oppstart av boreoperasjon (varighet av operasjon) basert på planlagt varighet av boreoperasjon med margin relatert boreinnretningens type og grad av egnethet for operasjon for lavere operasjonell design temperatur enn $t_w -15^{\circ} \text{C}$.
- Definere operasjonelle begrensninger i siste fase av sommeroperasjon som for eksempel om det kan bores inn i mulig reservoar i siste fase av perioden.

Inntak av avlastnings boreinnretning / beredskaps boreinnretning.

En må ha identifisert type og krav til boreinnretning samt sikret kontrakt med boreinnretninger som eventuelt kan bore en avlastningsbrønn ved uhell (avtale som tilsier at andre selskaper vil frigi sine boreinnretninger) dersom det oppstår problem med brønnen.

Se kapittel 16 for videre vurderinger.

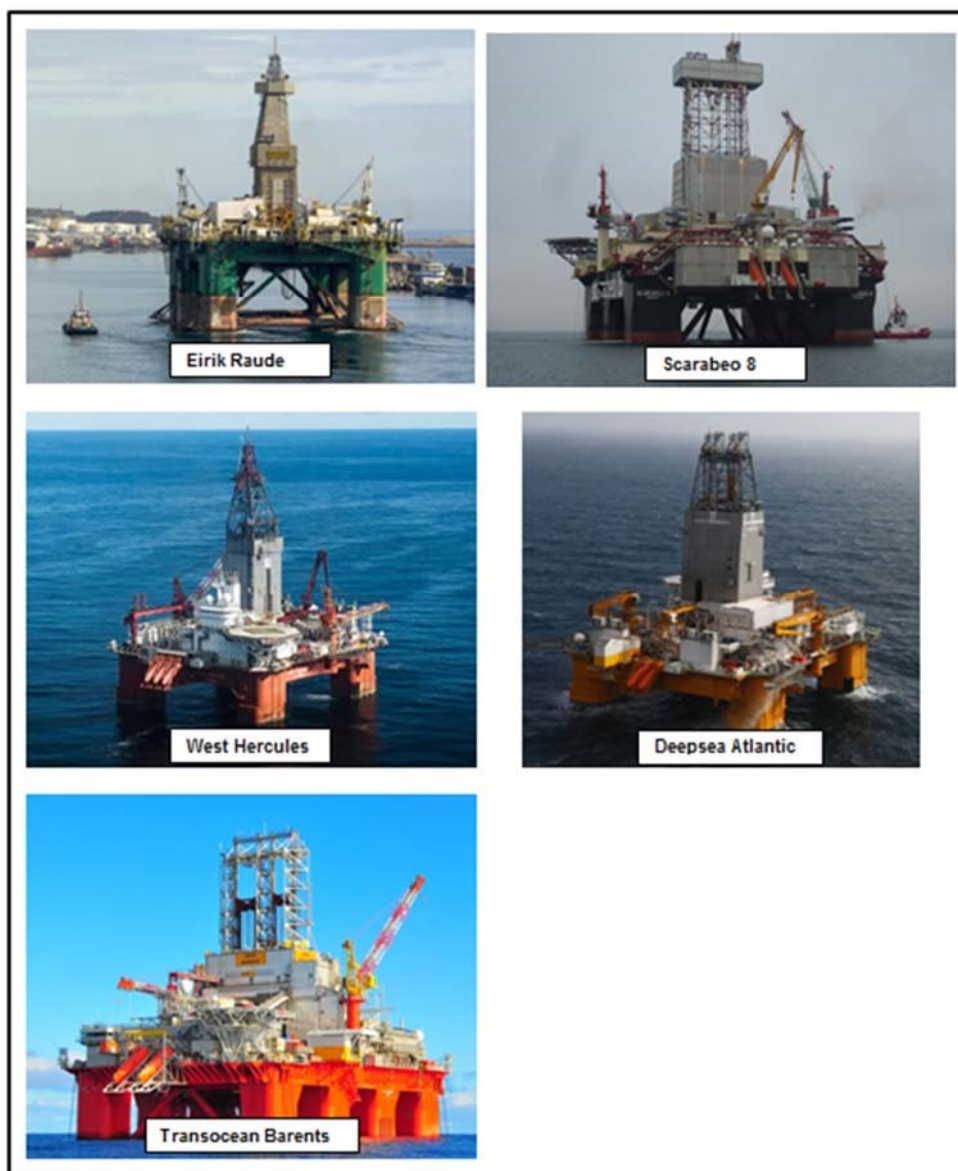
8.2.11 Beskyttelse av område / innbygging (operasjonsområder /arbeidsplasser)

Dette kapitlet omhandler en diskusjon rundt hel eller delvis innbygging/skjerming og oppvarming av boreområder på innretningen under sommeroperasjon, da spesielt relatert til områder som normalt er naturlig ventilerte. Typiske hovedområder som vurderes er følgende:

- Boredekk/boretårn
- Rørdekk
- Bore hovedprosess områder
- Bore hjelpesystem områder
- BOP/Stigerørs områder
- Kjellerdekk området

Diskusjon rundt oppvarming/ventilasjon av containere som kommer som en del av typisk 3.parts utstyr, slik som f.eks. wireline kontroll kabin, behandles som en del av boreutstyr kapittel. 8.2.5

Eksempler på vinteriserte boreinnretninger man tidligere har benyttet til i Barentshavet, ref. Fig. 8.25.



Figur 8-25 Eksempler på flyttbare boreinnretninger tidligere benyttet for sommeroperasjon i Barentshavet: Eirik Raude (Ocean Rig) (ref. <http://www.shipspotting.com/gallery/>), Scarabeo 8 (Saipem) (ref. <https://commons.wikimedia.org/>), West Hercules (Seadrill) (ref. <http://www.ogj.com/>) og Deepsea Atlantic (Odfjell Drilling) (ref. <http://www.odfjelldrilling.com/>), Transocean Barents (Transocean) (ref. <http://www.infield.com>).

Hovedårsaken til en vurdering rundt innbygging/skjerming under sommeroperasjon vil være beskyttelse av personell (arbeidsmiljø) for å sikre en effektiv og sikker drift under alle forhold. Detaljer og basis for vurdering av personell eksponering og vindavkjøling (WCT/WCI – Wind Chill Temperature/-Index), og eventuelle operasjonelle begrensninger, er gitt i [MH-28] og [MH-36]. Beskyttelse av utstyr er beskrevet i kapittel 8, 9 og 10.

I delkapitlene under er det presentert momenter og detaljvurderinger rundt de forskjellige hovedområdene innen selve boremodulene / fasilitetene av boreinnretningene.

8.2.11.1 Boredekk og boretårn

Boredekk med boretårn (boretårn/ramguide) er et stort område med mange oppgaver som involverer personell. Boredekket vil normalt være delvis eller permanent bemannet, mens

boretårnet normalt vil være ubemannet. Hele området har også mye bevegelig utstyr, og er ofte utformet og delvis skjermet/innebygget som en stor og høy pipe, med utlufting (åpning) delvis oppe i boretårnet/ramguiden. For å beskytte personell i området for gitte naturlaster er det anbefalt en relativt stor grad av skjerming/innbygging også ved sommeroperasjon.

På boredekket er det krav om et oppvarmet leskur for personell, (ref. [28]). Ofte er dette et eget mekanisk ventilert og oppvarmet oppholdsrom. I tillegg har boredekket også en mekanisk ventilert og oppvarmet borekontroll bu. For sommeroperasjon må det også vurderes å bruke punktoppvarming (varmluftblåser) på enkelte steder/ for enkelte arbeidsoperasjoner.

Heisespillmaskineriet for konvensjonelle boreinnretninger bør være værbeskyttet (skjermet/innebygget).

Kravet til ventilering av boredekk, og delvis boretårn, er i relevante regelverk/standards satt til minimum 12 luftvekslinger i timen da dette området typisk er sone 2 områdeklasse (ref. [27] og Offshore standard DNVGL-OS-A101). Nåværende praksis er at dette løses med naturlig ventilasjon av dette området, gjerne ved hjelp av begrensede åpninger (rister) på utvalgte steder. Oppnåelse av kravet skal verifiseres, f.eks. ved hjelp av CFD beregninger.

Generelt kan man hevde at når det gjelder nivået på skjerming/innbygging på boredekk/boretårn under sommeroperasjon så er det optimale, tatt i betraktning vindkjølingseffekt, personell eksponering, luftvekslinger og mulige eksplosjonslaster, en skjerming med lettvegger/vindvegger og bruk av rister slik at man ligger tett på kravet til minimum 12 luftvekslinger i timen.

8.2.11.2 Rørdekk

Dette er et stort område med mange oppgaver som involverer personell. Tradisjonelt ligger rørlageret slik til på boreinnretning at området er sterkt eksponert for vær og vind.

Nåværende praksis er noe ulik, men for de fleste relevante boreinnretninger er dette området ikke skjermet/innebygget, eller installert med punktoppvarming eller leskur for personell. En slik praksis/utforming anses for tilstrekkelig for sommeroperasjon i Barentshavet sørøst.

For å beskytte personell i området for gitte naturlaster vil det være en fordel med skjerming/innbygging av deler av rørdekket, i tillegg til eventuell punkt-oppvarming og/eller et oppvarmet leskur for personell på rørdekket.

8.2.11.3 Område for bore hovedprosess

Nåværende praksis er at mye av dette utstyret allerede er innebygget, oppvarmet og ventilert, og dette er vurdert til å være fullt ut tilstrekkelig for sommeroperasjon.

8.2.11.4 Område for bore hjelpesystemer

Nåværende praksis er at mye av dette utstyret allerede er innebygget, oppvarmet og ventilert, og dette er vurdert til å være fullt ut tilstrekkelig for sommeroperasjon.

8.2.11.5 BOP-/ Stigerørsonråde

Stigerørslageret er et stort område med enkelte oppgaver som involverer personell. For å beskytte personell i området for gitte naturlaster vil det være en fordel at deler av stigerørslageret bygges inne/ skjerms. Nåværende praksis er at dette området har begrenset skjerming og ingen innbygging, noe som anses tilstrekkelig for sommeroperasjon i Barentshavet sørøst.

Stack-up posisjon til ventiltre og BOP er et område som av og til har mange oppgaver som involverer personell. Nåværende praksis er at disse områdene er helt eller delvis innebygget/skjermet. Muligheten for en delvis oppvarming av disse områdene ved gitte arbeidsoperasjoner må vurderes.

Ofte har stack-up posisjon til ventiltre og BOP en tett grenseflate mot Kjellerdekk området, se videre vurderinger under Kjellerdekk.

8.2.11.6 Kjellerdekk område

Kjellerdekk er et stort område med mange oppgaver som involverer personell. For skip/bøyer er dette området normalt innelukket mens det for halvt nedsenkbare innretninger er åpning til luft/sjø i selve kjellerdekk. Spesielt er vær og vind eksponeringen rundt kjellerdekk åpningen på en halvt nedsenkbar innretning en kjent problemstilling. Åpningen i kjellerdekk ned mot luft eller sjø kan tettes delvis med luker, men noe må være åpent grunnet nødvendig toleranse rundt bevegelse til borestigerør under operasjon.

For å beskytte personell i området for gitte naturlaster anbefales det at området er helt eller delvis innelukket/skjermet, men nåværende praksis med tanke på skjerming/innbygging anses som tilstrekkelig for sommeroperasjon. Det bør vurderes om området kan deles opp i soner med hensyn til innbygging/skjerming (permanent og temporært), samt punkt-opppvarming.

Kravet til ventilering av kjellerdekk er i regelverk satt til minimum 12 luftvekslinger i timen (i 95 % av tiden) da dette området typisk er sone 2 områdeklasse. Dette løses normalt ved naturlig ventilasjon av dette området, gjerne ved hjelp av begrensede åpninger (rister) på utvalgte steder.

8.2.11.7 Oppsummering

En oppsummering av vurderinger er gitt i tabell 8.2.1.

Tabell 8-2 Oppsummering av vurderte beskyttelsestiltak for boreområder sommeroperasjon

Område	Emne	Vurdering
Boredekk og boretårn	Vind/nedbør	Normal praksis er stor grad av innbygging/skjerming
	Kulde	Vurdere punktoppvarming. Oppvarmet leskur på boredekk er krav ihht. NORSOK S-002.
	Atmosfærisk isoppbygging innvendig (fallende objekter)	Lite aktuell problemstilling for sommeroperasjon. Redusere bruk av høytrykkspyler (f.eks. bruk av vakuumsuger). Tilrettelegge for isfjerning (tilkomst/isnett).
	Snø- og isoppbygging utvendig, inkl. sjøsprøyt	Lite aktuell problemstilling for sommeroperasjon. Beskytte personell for mulig snø/is ras. Tilrettelegge for snø-/isfjerning.
	Min. krav til luftvekslinger (områdeklassifisering)/ Gassoppbygging/ Eksplosjonsovertrykk	Normal praksis for oppnåelse av krav til luftvekslinger er vha. rister/åpninger (naturlig ventiltre). Verifisere vha. CFD beregninger. Evnt. installere eksplosjonspaneler for reduksjon av mulig eksplosjonsovertrykk (basert på risikoanalyse).
	Støy	Evnt. installere mer akustiske absorberer ved økt innbygging (basert på støy prediksjon)
Rørlager	Vind/nedbør	Vurdere delvis skjerming

Område	Emne	Vurdering
	Kulde	Vurdere punktoppvarming og /eller oppvarmet leskur
	Atmosfærisk isoppbygging innvendig (fallende objekter)	Ikke relevant
	Snø- og isoppbygging utvendig, inkl. sjøsprøyt	Lite aktuell problemstilling for sommeroperasjon. Tilrettelegge for snø-/isfjerning.
	Min. krav til luftvekslinger (områdeklassifisering)/ Gassoppbygging/ Eksplosjonsovertrykk	Ikke relevant
	Støy	Ikke relevant
Bore hovedprosess	Vind/nedbør	Nåværende praksis er innbygging. Unntak kan være f.eks. kaks og kjemikalie (TOTE) tank håndtering/ lagring.
	Kulde	Nåværende praksis er oppvarming av områder
	Atmosfærisk isoppbygging innvendig (fallende objekter)	Ikke relevant
	Snø- og isoppbygging utvendig, inkl. sjøsprøyt	Ikke relevant
	Min. krav til luftvekslinger (områdeklassifisering)/ Gassoppbygging/ Eksplosjonsovertrykk	Nåværende praksis er mekanisk ventilerte områder (klassifiserte og ikke-klassifiserte)
	Støy	Ingen nye utfordringer
Bore hjelpesystem	Vind/nedbør	Nåværende praksis er innbygging. Unntak kan være f.eks. nitrogensystem (flasker).
	Kulde	Nåværende praksis er oppvarming av områder
	Atmosfærisk isoppbygging innvendig (fallende objekter)	Ikke relevant
	Snø- og isoppbygging utvendig, inkl. sjøsprøyt	Ikke relevant
	Min. krav til luftvekslinger (områdeklassifisering)/ Gassoppbygging/ Eksplosjonsovertrykk	Nåværende praksis er mekanisk ventilerte områder (klassifiserte og ikke-klassifiserte)
	Støy	Ingen nye utfordringer
Stigerørsområde	Vind/nedbør	Ingen nye utfordringer
	Kulde	Ingen nye utfordringer
	Atmosfærisk isoppbygging innvendig (fallende objekter)	Ikke relevant
	Snø- og isoppbygging utvendig, inkl. sjøsprøyt	Tilrettelegge for snø-/isfjerning
	Min. krav til luftvekslinger	Ikke relevant

Område	Emne	Vurdering
BOP / ventiltre stack-up område	(områdeklassifisering)/ Gassoppbygging/ Eksplosjonsovertrykk	
	Støy	Ikke relevant
	Vind/nedbør	Nåværende praksis er delvis innbygging/skjerming. Vurdere full innbygging/skjerming.
	Kulde	Vurdere lokal oppvarming ved gitte arbeidsoppgaver
	Atmosfærisk isoppbygging innvendig (fallende objekter)	Ikke relevant
	Snø- og isoppbygging utvendig, inkl. sjøsprøyt	Tilrettelegge for snø-/isfjerning
	Min. krav til luftvekslinger (områdeklassifisering)/ Gassoppbygging/ Eksplosjonsovertrykk	Normal praksis for oppnåelse av krav til luftvekslinger er vha. rister/åpninger (naturlig ventilert). Verifisere vha. CFD beregninger. Evt. oppnåelse av krav vha. mekanisk ventilasjon.
Kjellerdekk område	Støy	Ingen nye utfordringer
	Vind/nedbør	Nåværende praksis er delvis innbygging/skjerming. Vurdere full innbygging/skjerming.
	Kulde	Vurdere punktoppvarming og/eller oppvarmet leskur
	Atmosfærisk isoppbygging innvendig (fallende objekter)	Ikke relevant
	Snø- og isoppbygging utvendig, inkl. sjøsprøyt	Lite aktuell problemstilling for sommeroperasjon. Tilrettelegge for snø-/isfjerning.
	Min. krav til luftvekslinger (områdeklassifisering)/ Gassoppbygging/ Eksplosjonsovertrykk	Normal praksis for oppnåelse av krav til luftvekslinger er vha. rister/åpninger (naturlig ventilert). Verifisere vha. CFD beregninger. Evt. oppnåelse av krav vha. mekanisk ventilasjon.
	Støy	Ingen nye utfordringer

8.2.12 Kraft behov boreutstyr og vinterisering av boreområder

Det er ikke identifisert ekstra kraftbehov for sommeroperasjon i Barentshavet sørøst sammenlignet med typisk operasjon av vinteriserte boreinnretninger man tidligere har benyttet i Barentshavet.

8.3 Helårsoperasjon

Tilnærmingen for å løse problemstillinger og kunnskaps gap knyttet til boreutstyr og systemer for helårsoperasjon er basert på å liste opp boreutstyr og system i grupper og drøfte hver gruppe for seg med de nye element som tilkommer utover sommeroperasjon. Utstyrs grupperinger vil således være lik som for sommeroperasjon og repeteres ikke. Helårsoperasjoner diskutert videre i dette kapittel er således relatert de spesielle element som tilkommer i vinterperioden kun.

Følgende er utført:

1. Identifisert de nødvendige aktivitetene og /eller analysene som kreves for å lukke kjente kunnskaps gap.
2. Presentere Vurderinger og løsninger for vinteroperasjon
3. Presentere / skissere løsning der det ikke finnes grunnlag for å løse gapet

Typiske problemstillinger for operasjon i denne perioden av boreutstyr og systemer ifølge Ref. [1], kan være men er ikke begrenset til:

- Utstyr blir utsatt for lavere temperaturer enn det tåler
- Ising / kondens i boretårn eller andre høye strukturer (kronblokk, løpeblokk, krok og svivel)
- Beskyttelse av trykkmanifolier og kontrollslanger i dekkåpninger mht. ising □ Nedising av boreutstyr / systemer på grunn av sterk vind og kulde.
- Islaster på brennerbom med tilhørende utstyr og røropplegg.
- Ising på bevegelse kompensator.
- Lange avstander / værforhold kan hindre forsyninger av borevæske / tilsetninger og reservedeler (vurdert i kapittel 14)
- Drivende isblokker som kan sette viktige deler av brønnkontrollutstyret ute av drift. (riser- og kontroll-linjer til BOP)
- Fartøy for «Ice Management
- Bevegelse / hiv
- Prosedyrer / planer for avlastingsboring og mobilisering av kappslingsutstyr. □ Prosedyrer og analyser ved rask omskiftning av vær

Temperatur og klima

Nåværende praksis / vanlig tilgjengelig utstyr på markedet har materialsertifikat for -20° C. For vinteroperasjoner vil dette i utgangspunktet ikke være tilstrekkelig.

Mulige løsninger kan være:

- Bruke annen stålqualität (ikke standard / dyrere)
- Bygge systemene og utstyret inn / vinterisere / oppvarmbart område
- Montere temperatur følere og ved målt temperatur på utstyr under -20° C vil det settes i verk spesielle tiltak (f.eks. stoppe operasjon/ starte operasjon etter spesielle prosedyrer)

Vurderte løsninger for hver utstyrs gruppe er gitt i de følgende kapitler.

Det må påpekes at for løsninger beskrevet videre er det tatt hensyn til verste tilfellet, med andre ord dypest vann, laveste temperatur og lengste avstand fra land. Konsekvens av skisserte løsning relatert til type innretning er diskutert i kapittel 16.

8.3.1 Rørhåndtering

8.3.1.1 Vertikal rørhåndtering

Utstyr og systemer vurdert er de samme som for sommerperiode og er vurdert samlet for følgende element:

- Temperatur / klima
- Frakopling
- Hiv
- Akselerasjon /design

Diskusjon rundt områdebeskyttelse/innbygging er gitt i kapittel. 8.3.11.

Idet en av arbeidsmiljømessige årsaker bygger inn / beskytter arbeidsplasser er følgende utstyr ansett som beskyttet.

- Heismaskineri
- Rotasjonsbord (Rotary)
- Boredekks utstyr for rørhåndtering
- Vinsjer for tilkomst / vedlikehold og rørhåndtering
- Børers kabin

Følgende utstyr er vanligvis kun delvis beskyttet

- Boretårn / Ram guide / Mast
- Ram sylinders
- Travelling block
- Crown block
- Wire systemer

Det må vurderes å innebygge og/eller oppvarme områdene. Om ikke innebygget/oppvarmet bør det monteres temperaturfølere på utstyret og ved målt temperatur under -20° C:

- Startes operasjoner etter spesielle oppstarts prosedyrer
- Vurderes å stoppe operasjon om drifts temperatur kommer under -20° C

Heis / trappetårn i Derrik, Ramguide er beskrevet i kapitel 8.3.11 område beskyttelse mens Hydraulikksystemer er beskrevet i kapitel 11.

Frakopling / forflytning

I kvantitative risikoanalyser for flyttbare boreinnretninger ligger det inne krav om forflytning til sikker posisjon, eksempelvis i løpet av 5 minutter (DP) eller 7,5 minutter (forankret), i forbindelse med potensiell utblåsning. Det vertikale rørhåndteringssystemet må således kunne sikre at relaterte operasjoner med systemet ikke hindrer en slik forflytting.

Drivis / knult eller varslede ekstreme værforhold i Barentshavet sørøst vil sette krav til raskt å kunne forlate brønnen / lokasjonen, samt at et sårbart miljø vil kreve at utstyrssvikt ikke skal sette boreoperasjonen eller frakoplingsoperasjonen i fare.

For å redusere risiko ved mulig utstyrs- /systemsvikt i parallell med brønn problem og med mulighet for å kunne forlate brønnen raskt, vil det være en fordel med dobbelt vertikalt rørhåndteringssystem som kan betjene samme kjellerdekk / borestigerør. rørhåndteringssystemene er ute av drift.

Hiv / fartøyets side bevegelser

Værforhold i Barentshavet sørøst i vintersesongen er sammenlignbare med værforhold på norsk sokkel (bølgehøyde ekstremt signifikant 14 meter, enkelt 26 meter) og således er dette nivåer en allerede håndterer på norsk sokkel. Det er derfor ikke definert ytterlige krav til Hiv / bevegelses kompenseringssystem ved vinteroperasjon i Barentshavet sørøst enn ved operasjon i Nordsjøen /Norskehavet.

Hiv / bevegelses kompenseringssystemene må således kunne håndtere opp mot 15 meter vertikal hiv men over noe lengre perioder enn for sommeroperasjon for å minimalisere WOW (venting på vær). For operatøren er det ønskelig (kost element) med minimal WOW.

Sannsynlighet for bølger (over 20 meter) som vasker over innretningen (ikke varslet) ansees mulig i vinterperioden. En slik over-vasking vil ikke bety noe for selve hiv kompenseringssystemet, men en må ta hensyn til dette ved design av dekk og generelle beskyttelse på innretningen. Risiko for skader på brønn / nedihulls systemer er også tilstede.

Enkelte innretninger er mer utsatt for skader som følge av store bølger som vasker over enn andre der spesielt avstand mellom sjø og underside dekk (air gap) er en viktig faktor. Dette er diskutert videre i kapittel 16.

Akselerasjon /design

Boretårnet (Boretårn) eller Ramguide og relatert boreutstyr må være designet for de akselerasjons krefter som kan oppstå ved transitt og overlevelsens modus for fartøyet i Barentshavet sørøst i vintersesongen. Men idet vind og bølger ikke skiller seg vesentlig fra Nordsjøen /Norskehavet ansees utstyr designet for akselerasjonskrefter generelt på norsk sokkel som fullt ut tilstrekkelig.

Økt innbygging / skjerming spesielt i boretårn/ramguide, vil medføre større laster på designet. Ved nybygg vil dette medføre noe ekstra stål vekt (og kostnader) mens ombygging / innkledning av eksisterende boretårn/ ramguide design (ikke innebygget fra før) må vurderes om mulig for hver enkelt boreinnretning.

For vinteroperasjon vil det kunne bygges opp is på innkledning (mest vertikal) og på horisontale stag der det ikke er innkledning. Men generelt er is (snø) laster en nesten ubetydelig faktor for design av Ramguide / Boretårn og det er antatt at slike laster ikke vil påvirke designet av betydning.

8.3.1.2 Horisontal rørhåndtering

Utstyr og systemer vurdert er de samme som for sommerperiode og er vurdert samlet for følgende element:

- Temperatur / klima
- Lager kapasitet

Idet en av arbeidsmiljømessige årsaker bygger inn / beskytter arbeidsplasser er følgende utstyr ansett som beskyttet.

- Kontroll kabiner

Følgende utstyr kan være uten innbygging, delvis innebygget eller innebygget

- Kraner på borerørslager
- System for føring av rør fra borerørslager til boredekk

Hvis utstyr er ubeskyttet / delvis innebygget, så må det vurderes å montere temperatur følere på utstyret og ved målt temperatur under -20° C:

- Startes operasjoner etter spesielle oppstarts prosedyrer
- Vurderes å stoppe operasjon om drifts temperatur kommer under minus 20

Innbygging / beskyttelse av selve det horisontale rørlageret mht. snø og isoppbygging er beskrevet i kapittel 8.3.11 områdebeskyttelse, mens hydraulikk systemer er beskrevet i kapittel 11.

Rørlager kapasitet

Avstand fra base på land kombinert med at is / ising og/eller ekstreme værforhold i vinterperioden som kan hindre at forsynings fartøy når frem i tide. Dette vil øke sannsynlighet for at frekvens for levering ikke kan opprettholdes. Dette er videre diskutert i kapittel 14 logistikk.

8.3.2 Bore prosess systemer

8.3.2.1 Bore hoved prosess

Utstyr og systemer vurdert er de samme som for sommerperiode og er vurdert samlet for temperatur/ klima samt enkeltvis for hvert av systemene.

Systemer / utstyr er enten helt eller delvis bygget inn i skrog, dekk og søyler/pongtonger er dette basis for den videre vurdering.

For utstyret antas derfor følgende:

- Innebygde områder er oppvarmet / oppvarmbare der utstyr er montert.

Borevæske systemer

Ved vinteroperasjon kan det over tid antas at en generelt har etablert noe bedre kunnskap til bergartene / reservoarforståelse enn ved sommeroperasjoner.

Ved første gangs helårsboring i ett nytt område av Barentshavet sørøst antas som for sommeroperasjon at den geologiske kunnskapen fortsatt vil være relativt begrenset. Det antas derimot at brønnlengder og -trykk i bergarter som skal bores er tilnærmet lik som på tilsvarende andre områder av Barentshavet som allerede er boret, og nåværende praksis for borevæske design / tilsetnings stoffer og lager behov er anvendbare.

For vinteroperasjon, er det definert behov for isolering / oppvarming (trace heating) av høytrykks rør som ikke er innebygget / oppvarmet.

For lavtrykksrør på retur system er det ikke behov for isolasjon og oppvarming idet de fleste av slike rør er innebygget og om ikke oppvarmet vil væske i retur være varm. Konsekvens for valg av rør materialer er diskutert i kapittel 15.

For vinteroperasjon kreves bruk av borevæsker som er tilpasset bruk i arktiske områder.

Lager for borevæske er en viktig faktor med hensyn til å kunne operere i brønnen på en sikker måte (borevæske for å sikre brønn), og derav redusere risiko for skade på et sårbart miljø. Om borevæske tanker er lokalisert i boreinnretningens søyler (vanligvis ikke oppvarmet) bør de kunne varmes (f.eks. med varmtvannssystemer) samt holdes i sirkulasjon med agiteringssystemer.

Det anbefales at borevæske manifold (standpipe manifold) er isolert og er oppvarmbar (trace heated) om ikke montert i fullt innkledt område og at den dreneres godt (blåses ren) før perioder den ikke er i bruk.

Sement system

For vinteroperasjon er det definert behov for isolering / oppvarming (trace heating) av høytrykks sement rør som ikke er innebygget / oppvarmet.

Det må vurderes at sement manifold (sement standpipe) dreneres godt (blåses ren) før perioder den ikke er i bruk.

Faste tilsetningsstoffer for sement systemet blir levert i sekker og lagret beskyttet om bord og diskuteres ikke nærmere her.

Flytende tilsetningsstoffer for sement systemet blir levert i spesial tanker og transportert utendørs på forsynings fartøy og vanligvis lagret utendørs på boreinnretningen. Disse tankene er vanligvis ikke isolert, men kan leveres med elektriske element for oppvarming ved behov. Noen av stoffene blir ødelagt ved temperaturer under minus 25 °C.

For å redusere risiko for lav temperatur og derav skade på tilsetningsstoffene samt at det er en arbeidsplass (midlertidig) der disse tømmes over til boreinnretningens permanente system, anbefales det at lagerplass for disse tankene beskyttes for snø og is og er oppvarmbar. Det anbefales også at tankene bestilles med varmeelementer montert og i bruk ved transport ut til innretningen (om mulig) og ved tømme /lager område om bord på boreinnretningen om det ikke er ett oppvarmbart område.

Bore tørrstoff systemer

Dagens praksis uten spesielle oppvarming av tørrstoff tanker (bulk tanker) er fullt ut tilstrekkelig for helåpoperasjoner. Se Materialvalg kap. 15 for valg av stålqualität.

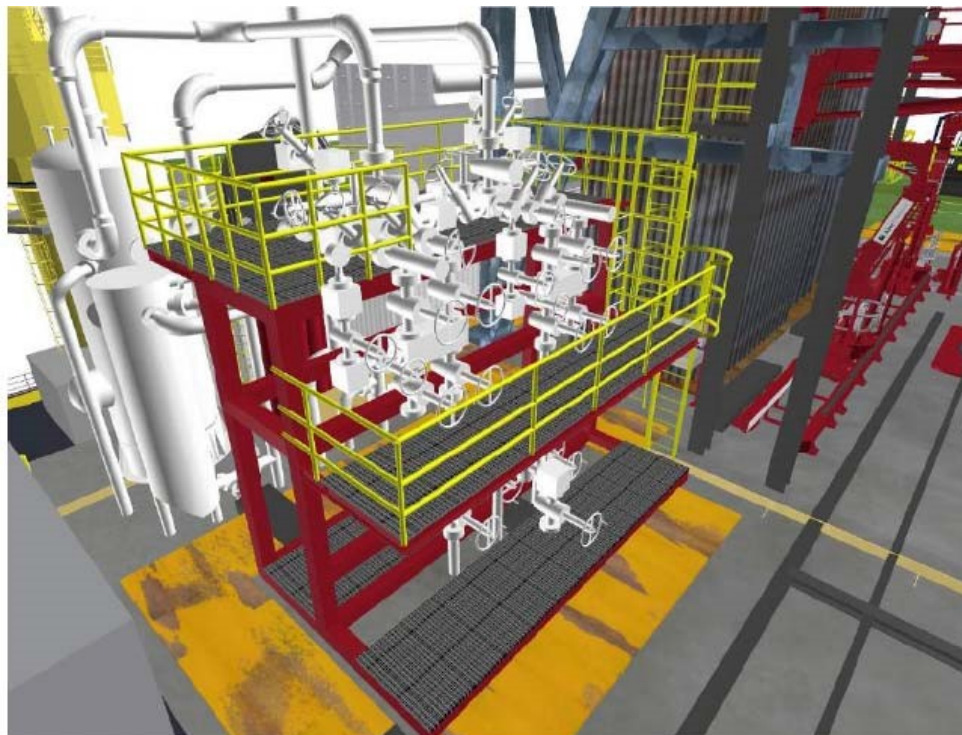
Vurderinger med hensyn til kapasitet / størrelse av tørrstofflager (bulk og sekkelager) er diskutert i kapittel 14 logistikk

Mud Gas Separator / Kill & Choke (C&K) systemer / Trip Tank

Det anbefales rett rørlop (dvs. uten bend) på utlop fra MGS (Mud-Gas-Separator) og at utlopet (lokalisert over boretårnet / ramguiden) arrangeres / beskyttes slik at det ikke fryser / tettes av snø og is. Det anbefales at MGS er innebygget / oppvarmbar for å hindre frysing av vann / borevæske.

Konvensjonelt design av Kill & Choke systemene er tilstrekkelig for vinteroperasjon. Det anbefales Kill & Choke manifolder levert i henhold til API (-29 °C til +177 °C) for vinteroperasjoner, samt at de bør innebygges / beskyttes for is og snø samt at området bør være oppvarmbart med hensyn til manuell kontroll og vedlikeholds arbeider.

Typisk Kill & Choke manifold er vist i figuren under.



Figur 8-26 Kill & Choke manifold (ref. MHW produktkatalog)

Når det gjelder Trip Tank vil konvensjonelt design være tilstrekkelig for vinteroperasjon.

Bore avfall / Borkaks

Hvis bruk av stigrørsløse borkaks løfteutstyr (Riserless Mud Recovery Systems) for å redusere utslipp på havbunn ved boring av topp hull er beskyttelse av slanger for dette systemet mot drivis ett svært viktig element men dette vil være installasjonsavhengig og er beskrevet i kapittel 16.

Transport containere (kaks fra olje og syntetisk basert borevæske) behøver ikke beskyttes mot lave temperaturer om tankene tåler at borkaks fryser og ekspanderer. Transport containere bør isoleres og oppvarmes for å sikre at de kan løftes idet tankene ikke tåler å flyttes om de er frosset.

I vinterperioden er det stor risk for at lossing av borkaks (olje og syntetisk basert borevæske) til forsyningsfartøy må stoppes grunnet restriksjoner på bruk av kran. Om det da ikke er lagerkapasitet om bord for mellomlagring (fartøysavhengig) må boreoperasjonen stoppes i påvente av at lossing kan startes igjen.

Mottakssystemer som i dag finnes på land må vurderes med hensyn på kapasitet for mottak av større mengder boreavfall / borkaks som vil genereres ved en helårsoperasjon.

Avfall fra vasking/drenering av boreområder (drilling slop) er beskrevet i kapittel 8.3.3.2.

Kompletteringssystem

Standard kompletteringsutstyr og / eller kjemikaliesystem for norsk sokkel er fullt ut tilstrekkelig om systemet /utstyret bygges inn og er oppvarmbart.

For vinteroperasjon, er det definert behov for isolering / oppvarming (trace heating) av kompletterings rørsystemer som ikke er innebygget / oppvarmet.

Tank / shale-shaker ventilering

Ventileringssystemet (rør) må isoleres og være oppvarmbare (trace heated). Utløp bør være arrangert slik at ikke snø og is kan tette systemene.

8.3.2.2 Bore prosess hjelpesystemer

Utstyr og systemer vurdert er de samme som for sommerperiode og er vurdert samlet for temperatur/ klima samt enkeltvis for hvert av systemene.

Luft / instrument luft er vurdert i kapittel 11 Hjelpesystemer.

Systemer / utstyr er enten helt eller delvis bygget inn i skrog, dekk og søyler/pongtonger er dette basis for den videre vurdering. For utstyret antas derfor følgende:

- Innebygde områder er oppvarmet / oppvarmbare der utstyret er montert.

Nitrogen system

Nitrogen prosess anlegg er innebygget og oppvarmbart og ingen spesielle tiltak behøves. Nitrogen flasker/flaske bank om bord bør plasseres slik at de ikke snør/ ises ned. Det er ikke definert behov for oppvarming. Typisk Nitrogen flaske bank er vist i figuren under.



Figur 8-27 Nitrogen flaske bank (ref. AGA)

Vannsystemer

Borevannstanker i søyler, pongtonger eller skrog vil ha behov for sirkulasjonssystemer idet temperatur antas å kunne synke til under 0 grader. Distribusjonssystemene / rør anbefales å være isolert og oppvarmbare samt bygget slik at de drenerer tilbake til lager tankene.

Tank størrelser må vurderes mht. aktuelle behov for brønnene og avstand til land (forsynings regularitet i vinterperioden).

Kjølevannssystemene for boreutstyr (AC motorer) og elektriske omformere er basert på ferskvanns kjøling (bortsett fra Topdrive som vanligvis er direkte luftkjølt) og må ha mulighet for kontinuerlig sirkulasjon og deler av rørsystemet som ikke kan dreneres må kunne varmes opp (trace heating).

Drikkevannstanker i søylene eller i skroget anbefales utstyrt med varmekolber. Rørsystem som ikke kan dreneres helt må ha være isolert og ha mulighet for oppvarming (trace heating).

Rørsystemet til høytrykk vaskevann bør være isolert og oppvarmbart (trace heated) hvis rutet utenfor oppvarmede områder.

Sjøvanns rørsystemer er isolert og oppvarmet (trace heated) hvis rutet utenfor oppvarmede områder på nyere innretninger aktuelle for vinteroperasjoner i Barentshavet sørøst.

Varmevæskesystemene er tilsatt relevant mengde av Triethylene glycol (TEG) og ingen vinterisering / innbygging er nødvendig. Operasjonelle prosedyrer dikterer hyppigheten for sjekking av TEG konsentrasjon og kvalitet.

Dampsystem

Tilgang til damp for avising bør være inkludert for vinteroperasjoner.

Avising system kan enten være basert på damp eller alternative system som punktvarme/ infravarme, bruk av kjemikalier etc. som beskrevet i kapittel 7 og bør vurderes for hver enkelt lokasjon ombord samt vil være noe avhengig av boreinnretningstype

Vanlig system for avising er dampsystemer og slike er installert på alle siste generasjons boreinnretninger og de fleste eldre boreinnretninger. Damp generator kan være sentralt plassert med uttak fra sentralt system eller mindre separate system med egne generatorer på følgende områder.

- Kjellerdekk
- Borerørslager
- Stigerørslager

- X-mas og BOP lager
- Ved gangveier / arbeidsområder utendørs
- Utendørs områder der en skal fjerne is og snø
- Boredekk
- Boretårn /Ramguide

Sentral dampgenerator i kontainer er vist på figur 8.28 under.



Figur 8-28 Damp enhet i kontainer for Sakhalin (ref. Hurst Boiler)

Relaterte rørsystemer bør være isolert og oppvarmbare (trace heated) hvis rutet utenfor oppvarmede områder.

Det finnes også alternativer til damp systemer som varmekabler, avising med kjemikalier etc. som beskrevet i kap. 7.

Diesel / Baseolje systemer for borevæske tilsetning

Det finnes diesel /baseoljer på markedet med tåkepunkt ned mot - 40 °C, men mer vanlig er tåkepunkt på - 22 °C. Ved valg av diesel / baseoljer for vinteroperasjoner må tåkepunkt og blokkeringspunkt (Cold filter plugging point (CFPP)) tilpasses den temperatur / periode en skal operere over.

For å sikre at diesel/baseolje ikke stivner bør lagertanker ha mulighet for sirkulering av diesel. Rørsystemet må være lett drenerbart tilbake til lagertankene, og være isolert og oppvarmbare om rutet utenfor oppvarmet område.

Lagertank størrelser (ekstra tanker) må vurderes mht. aktuelle behov for brukere / brønnen, avstand til land, og risiko for at forsyningsfartøy ikke kommer frem som planlagt. Dette er diskutert videre i kapittel 14 logistikk.

Dreneringssystem

Drensluker, tanker og rørsystemer som er utenfor oppvarmede områder må være isolerte og oppvarmes (trace heating) for vinteroperasjoner.

Antall sluker (drain punkter), mulig helling på dekk, og varmepunkter/ lokal heat trace må vurderes utenfor oppvarmede områder. Dette for å sikre god mulighet for fjerning av snø/is på store dekksoområder. Ref. [10].

Det bør også vurderes behov for ekstra slop tank(er) til drenering. Dette må ses i sammenheng med supply båt tilgjengelighet og lagerkapasitet på boreinnretning, se også kapittel 7.2.5 og 14.

Sanitærssystemer

Sanitærsystemenes tanker og rør må være isolerte og kunne oppvarmes når lokalisert utenfor oppvarmede områder.

8.3.3 BOP / ventiltre (X-mas-tree) / Borestigerør / Diverter

Utstyr og systemer vurdert er de samme som for sommerperiode og er vurdert samlet for temperatur/ klima og havdybder samt enkeltvis for hvert av utstyr / system gruppene.

Primær systemer og utstyr for vertikal håndtering (inntrekning / utsetting) av borestigerør er vurdert i kapittel 8.2.3.

BOP og ventiltre er utstyrsenheter som installeres / opererer under vann og installert er de således aldri utsatt for lave temperaturer.

Om bord på boreinnretningen er BOP / ventiltre antatt lagret beskyttet (oppvarmet) som følge av definert arbeidsplass ved trykktesting og vedlikehold og påvirkes ikke av vinteroperasjons temperaturer. Se også kapittel 8.3.11 for detaljer.

Borestigerørets øvre del og borestigerørs kompenseringssystem kan bli utsatt for temperatur lavere enn minus 20 °C (innretningsavhengig). Det anbefales montert temperaturfølere og når målt temperatur på utstyr nærmer seg minus 20 °C må nødvendige tiltak iverksettes. Det må bemerkes at temperaturfølere må monteres inn i sylindere, akkumulatorer, isolasjons- og recoil ventiler noe som er komplisert og således vil innretninger som har disse systemene innebygget ha store fordeler ved vinteroperasjoner. Se kapittel 16 for videre detaljer.

Diverter leveres vanligvis med sertifikat for -20 °C, som i utgangspunktet ikke er tilstrekkelig for vinteroperasjoner. Det anbefales at diverter systemet designes for operasjon ned til -30 °C (material sertifikat for -40 °C) idet dette er et sikkerhetskritisk system som vanligvis ligger åpent og sjelden er i bruk.

Havdyder

Som for sommeroperasjoner.

BOP

BOP væske systemet:

For BOP væske for helårsoperasjon (vinter) bør Erifon CLS 60 eller tilsvarende vurderes (se tabell 8.1 sommeroperasjon).

Stack-up håndtering:

Stack-up posisjon til BOP bør være et innkledd og oppvarmet område grunnet arbeidsoppgaver og varighet av disse. Se kapittel 8.3.11 for videre detaljer.

BOP / sjøbunnsinstallasjoner (templates) og isfjell: Se vurderinger i kap. 8.2.3

Det man også må vurdere er behovet for et forbedret BOP system, tatt i betraktning muligheten for støt, men kanskje aller mest muligheten for at man må forlate BOPen i en lang tidsperiode. Her er det flere løsninger på markedet, der mange av løsningene er rettet mot et slags tillegg

BOP system som plasseres mellom den tradisjonelle BOPen og brønnhodet. Eksempler her er Chevron/Camron sin AWKS (Alternative Well Kill System), Trensetter Engineering sin MCD (Mudline Closure Device) og ConocoPhillips sin ASID (Auxiliary Safety Isolation Device) (ref. [17]).

Hvis det er planlagt silo installerte ventiltre/ produksjon innretninger på sjøbunnen anbefales disse bygget dype nok til at BOP kan stå helt beskyttet inne i denne silo strukturen, se avsnitt ventiltre (X mas tree) for nærmere beskrivelse av sjøbunns silo struktur.

Ventiltre (X mas tree)

Ventiltre Stack-up håndtering:

Stack-up posisjon til ventiltre bør være et innkledd og oppvarmet område grunnet arbeidsoppgaver og varighet av disse i vintersesongen.

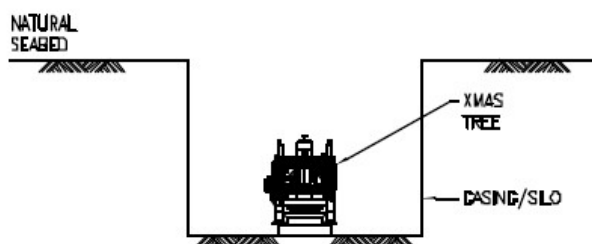
Ventiltre (X-mas tree) / sjøbunnsinstallasjoner (templates) og isfjell:

Det er usikkert om ventiltre / havbunnsinstallasjoner kan bli truffet av isfjell, men idet dette er installasjoner som skal stå over lengre perioder bør det defineres hvorvidt en bør montere installasjoner i havbunnsbrønner eller bygge beskyttelses strukturer. For denne studien er emnet utenfor primæroppgaven, men mulige beskyttelses løsninger nevnes kort som følger:

Havbunnsbrønn

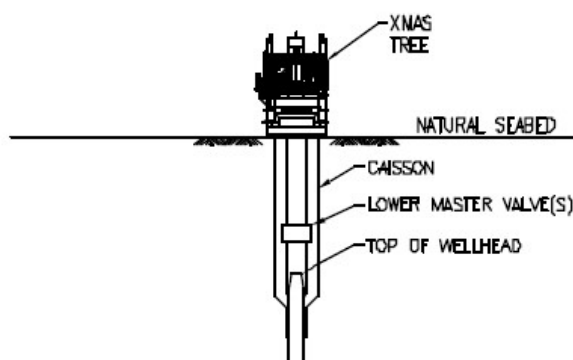
Sjøbunnsinstallasjoner kan være montert i silo (havbunnsbrønn) nedsenket / gravd ned ved hjelp av pumpesystem i sjøbunn(ref. [40], [41],). Slike siloer er bl.a. anvendt på Tordis / Vigdis og ble designet av Kværner for Tordis / Vigdis Subsea utbyggingen.

Silo kan være laget av stål eller betong og som vist på figuren under.



Figur 8-29 Submud line silo (ref. [42])

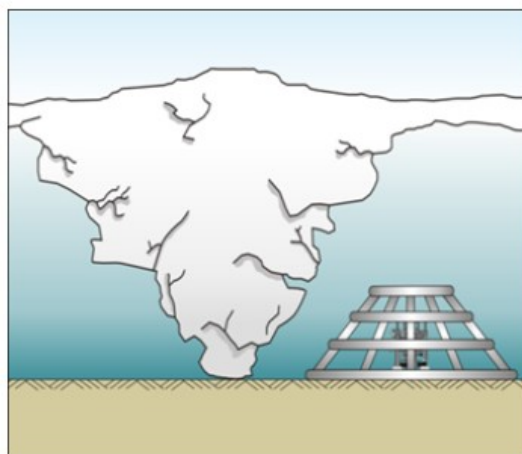
Brønnhode med master ventiler senket ned i sjøbunn som vist på figur 8.30.



Figur 8-30 Nedsenket brønnhode (ref. [42])

Beskyttelses struktur over havbunn.

Stål struktur rundt Ventiltreet er vist på figur 8.31 under (ref.[MH-46])



Figur 8-31 Stålstruktur rundt ventiltre (ref. C-Core SIRAM, Canada)

For helårsoperasjoner i Barentshavet sørøst bør sannsynlighet for støt av isfjell mot BOP og /eller sjøbunnsinstallasjoner vurderes videre og eventuelle beskyttelsesløsninger konkluderes.

Bore stigerør med kompensator system

Systemer på siste generasjons innretninger vil kunne operere / klare de bevegelser som kan oppstå ved de værforhold en kan operere under i vinterperioden.

Direct Acting Tensioner systemet er vanligvis montert slik at snø ikke kommer til i nevneverdig grad. Et problem kan bli is oppbygging på sylinder stengene. Her kan det monteres løsninger for å hindre isoppbygging f.eks. isskarper.

Wire Tension systemer er derimot mer utsatt for snø og isoppbygging. Sylindrerne med skivene står utsatt til. Her kan isdannelse på skiver, wire, og/eller målesystem lede til problemer av forskjellig karakter. Det anbefales at tensioner enhetene er innenfor værbeskyttelsen rundt drillfloor og eventuelt oppvarming av hele tensioner systemet (sylinder, skiver, målesystem) må vurderes.

Ising med påfølgende vektøkning på borestigerøret med Kill & Choke liner og BOP kontrollkabler vil kunne være ett problem ved halvt nedsenkbare innretninger. Løsninger for å fjerne is / hindre is oppbygging må vurderes f.eks. nedsenkbar punktvarme og/eller nedsenkbart skrapesystem.

Videre vil beskyttelse av stigerør med liner/kabler mot drivis/knult være nødvendig ved halvt nedsenkbare innretninger ved vinteroperasjoner, ref. [10]. Se også kapittel 16 for videre detaljer.

Diverter

Det er ved gitte klimatiske forhold under vinterperiode en mulighet for at utløp kan tettes av is og snø og derav hindre fri strøm av brønnvæsker og gasser selv om fartøyets bevegelser i de fleste tilfeller vil hindre at det tettes helt. Spesielle utløpsarrangement samt oppvarming (trace heating) av siste bit av utløpet kan være en løsning, men generelt antas at en liten oppsamling av snø/ is vil bli blåst ut av diverteren ved en relief operasjon.

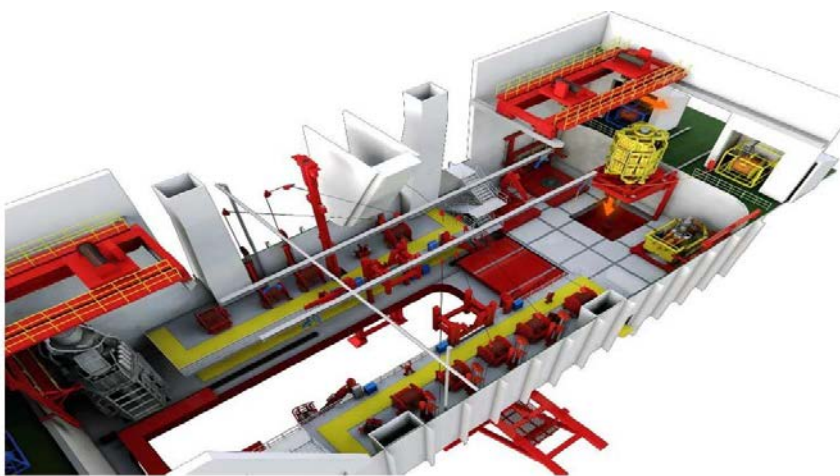
For vinteroperasjon må det vurderes med mer frekvent testing av relevante ventiler enn på norsk sokkel for å sjekke at systemene er åpne.

8.3.4 Kjellerdekk utstyr og systemer

Utstyr og systemer vurdert er de samme som for sommerperiode og er vurdert samlet for temperatur/ klima.

- Borestigerørers kompenseringssystem/-utstyr og BOP / ventiltre håndteringsutstyr som også er lokalisert i dette området er vurdert i kapittel 8.3.3.
- Ved vinteroperasjon kan utstyr / system i kjellerdekk bli utsatt for temperatur lavere enn - 20 °C for halvt nedsenkbare innretninger, mens det for skip og bøye innretninger vil være ett beskyttet område slik at temperatur ikke er ett problem.
- For kjellerdekk området på halvt nedsenkbare innretninger må det vurderes å bygge dem helt eller delvis lukket samt oppvarmet / ventilert.
- Det anbefales montert temperaturfølere og når målt temperatur på utstyr nærmer seg - 20 °C må nødvendige tiltak iverksettes.
- Systemdesign av utstyr / kapasitet som for norsk sokkel er vurdert som tilstrekkelig.
- BOP kontroll systemet må ha nødvendig oppvarming i relevant tidsrom for aktivisering ved operasjon (pre-opppvarming) og således bygges inn og være oppvarmbart. System for oppvarming av riser anti-recoil systemet (hardware) må også være installert.
- Det må installeres punktoppvarming for arbeidsstasjonene for å sikre ett godt arbeidsmiljø om ikke kjellerdekk er helt innelukket og oppvarmbart.
- Innbygging / oppvarming av Kjellerdekk generelt er diskutert i kapittel 8.3.11 mens løsninger for innbygging av Kjellerdekk på halvt nedsenkbare enheter er diskutert i kapittel 16.

Typisk arrangement av Kjellerdekk området på en halvt nedsenkbar boreinnretning er vist på figur 8.32.



Figur 8-32 Kjellerdekk område nedsenkbar innretning (ref. MHwirth)

For skipsskrogløsning vil det være utfordringer med hensyn til å håndtere temperatur og luftfuktighet fra et kontinuerlig havspeil i et innebygget kjellerdekk område også ved sommeroperasjon. Dette er nærmere diskutert i kapittel 16.

8.3.5 Bore relatert / bore tredjeparts utstyr og system

Utstyr og systemer vurdert er de samme som for sommerperiode og er vurdert samlet for temperatur/ klima og enkeltvis for permanent og ikke permanent installert utstyr/system.

Idet en av arbeidsmiljømessige årsaker bygger inn / beskytter arbeidsplasser er følgende utstyr ansett som beskyttet / innebygget.

- Kontroll kabin for ROV

- ROV garasje / vedlikeholds container
- Kontroll kabin / operatør kabin for laste stasjoner

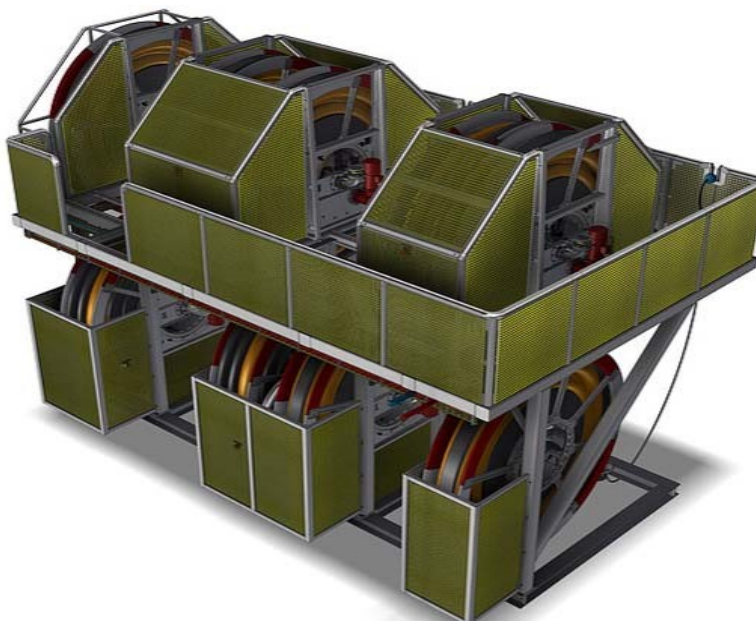
ROV med tilhørende systemer opereres i vann og er kun veldig kort tid eksponert for lave temperaturer (ved inn/utsetting), og således kan standard ROV system for norsk sokkel benyttes.

Dropp stasjoner (eksplosiver / radioaktive) bør leveres med materialsertifikat for temperatur lavere enn - 30 °C og beskyttes mot snø og is oppbygging.

Det er uklart med hensyn til hvilke temperaturer annet tredjepartsutstyr er designet for å operere innen, men det antas at en kan tilpasse utstyret og / eller bygge det inn. Dette er et emne som en bør se nærmere på.

Permanent installert utstyr

Lastestasjoner anbefales med opptrekkbare slanger på elektriske eller hydraulisk drevne tromler for å sikre at de er beskyttet når ikke i bruk. Typisk trommel system er vist på figur 8.33 under.



Figur 8-33 Typisk slangetrommel (ref. Hymek)

Som for sommeroperasjon anbefales installert system for å tømme / drenere slangene slik at spill / rester ikke droppes til sjø, f.eks. ved å kople til Slope / Vakuum systemet på innretningen.

For vinteroperasjoner bør også selve slangestasjonen ha tak / overbygg og delvis beskyttelse fra sidene slik at den ikke iser / snør ned. Punktoppvarming må også vurderes.

Installere skjerming/ oppvarmet leskur for last anviser (operatør) av laste stasjonene da det periodevis er en arbeidsplass.

ROV parkerings container og vedlikeholds container må være oppvarmbare for vinteroperasjoner om de ikke er plassert innelukket i oppvarmet område.

Vaier / kabler for ROV operasjoner vil på halvt nedsenkbare innretninger være utsatt for at is / knult støter inn i disse, samt oppbygging av is i sprut sone ved havflate ved lengre tids operasjoner. Løsning med ekstern varme (trace heated kabler) i sprut sone for å beskytte

mot ising bør vurderes. Løsning for å beskytte mot drivis er innretningsavhengig og er vurdert i kapittel 16.

Dropp stasjoner der de eksplosive og radioaktive containere er plassert bør ha ett takoverbygg og det må sikres at dropp funksjonen ikke fryser / behov for trace heating av tipp systemet.

Ikke permanent installert

Det anbefales at Coiled tubing enheter slik som operatørenhet og arbeids/verkstedsbrakker leveres ventilerte og oppvarmbare. Spoleenheten må være beskyttet mot nedising og snø, men behøver ikke være oppvarmbar. Alle relaterte arbeidsplasser anbefales innebygget og oppvarmet om de ikke er på ett område som fra før er innebygget/oppvarmet.

Føring av selve tubing inn i innelukket / vinterisert boretårn / ramguide kan gjøres via luker for innføring av tubing ved innelukket boretårn / ramguide og spoleenhet plassert utenfor.

Lukket / oppvarmet og ventilert Coiled tubing operatørkabin med åpen trommel er vist på figuren under.



Figur 8-34 Lukket og oppvarmet Coiled tubing operatør stasjon med trommel (NOV)

Ved nybygg av boreinnretning bør det legges til opp at så mye som mulig av coiled tubing utstyret kan stå under tak / innebygget.

Som for Coiled tubing består Wirelining utstyr / systemet av en rekke enkelt enheter som leveres i containere. Kontroll enhet / kabin leveres innebygget og oppvarmbar. Alle relaterte arbeidsplasser må vurderes å bli innebygget og oppvarmet om de ikke er på ett område som fra før er innebygget/oppvarmet. Ved nybygg av boreinnretning bør det legges opp til at så mye som mulig av wireline utstyret kan stå under tak / innebygget.

8.3.6 Brønntestesystem og utstyr

Utstyr og systemer vurdert er de samme som for sommerperiode og er vurdert samlet for temperatur/ klima og enkeltvis for permanent og ikke permanent installert utstyr/system.

Nåværende praksis og tilgjengelig utstyr på markedet som er permanent ombord har materialsertifikat / kan leveres med sertifikat for -20° C.

Det er mulig å bruke annen stål kvalitet, men det antas at det vil fordyre en god del samt at innbygging ikke er mulig for brennerbommer/brennerhoder og deler av rørsystemet. Således må det vurderes at rørsystemet isoleres og er oppvarmbare (trace heated) og at det monteres temperatur følere på brennerbommene / svingsystemene og ved målt temperatur under -20° C:

- Startes ikke operasjon om stål temperatur er under -20° C

Det er uklarhet med hensyn hvilke temperaturer utstyr som leies inn og opereres ombord for kortere eller lengre tid er kan designes for.

Av arbeidsmiljømessige årsaker / system tekniske årsaker er det anbefalt å bygge inn / skjerme temporært utstyr som:

- Test separator, tanker og pumper (kontainere)
- Tanker
- Varmevekslere
- Luft kompressor (om ikke fartøyets eget luft system er tilstrekkelig)

Material sertifikat / system design for standard utstyr og system for Nordsjøen vil således være tilstrekkelig.

Permanent installert utstyr

Det må vurderes å montere tak / skjerming av brennerhoder i parkert posisjon og svingmekanismer for bommene.

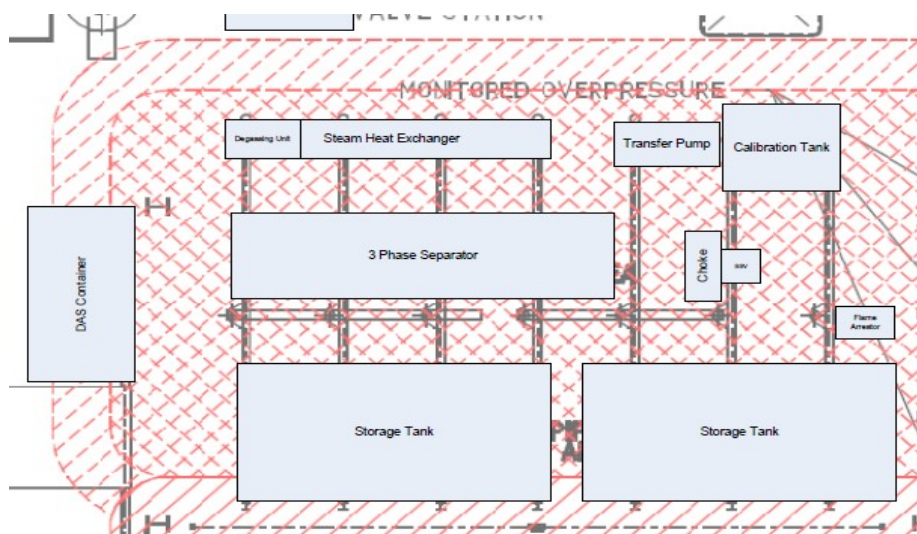
I drift / teste posisjon vil det være samme begrensninger for brennerbom systemene som i Nordsjøen relatert til vind og fartøyets bevegelser samt effekt av vannskjold. Dette basert på at strøm, vind og bølger i Barentshavet sørøst ved vinteroperasjon ikke skiller seg vesentlig fra Nordsjøen.

Effekt av varmeskjold / eventuelt behov for varmeskjold i perioder med lave temperaturer er ikke vurdert og må vurderes i videre studier. Konsekvens av vann fra varmeskjold som følge av nedising langs boreinnretningen må også studeres nærmere (se også brannvann i kap. 9). Men idet en brønntest kan planlegges og settes til en mer passende periode og disse element er således ikke definert som sikkerhets kritiske.

Ikke permanent installert

Som ved sommeroperasjon hentes utstyret om bord ved behov og involverer en rekke oppkoplinger som bør gjøres beskyttet ved vinteroperasjoner. Således må det vurderes at utstyr som separasjoner, kompressorer, manifold, kontainere, tanker etc. installeres om bord slik at det kan beskyttes mot snø og ising om mulig inne i lukket borerørlager eller annet område på dekk som kan lukkes og oppvarmes for å hindre frysing, for høy viskositet og eller dannelse av hydrater.

Det kreves drenerings system (drypp panner etc.) for oppsamling av væsker. Typisk plassering av brønntest anlegg på borerørlager er vist på figuren nedenfor.



Figur 8-35 Typisk plassering av brønntest anlegg på borerørslager

De forskjellige enheter / moduler kan også leveres (spesial tilpasset) som ventilerte og oppvarmet for arktiske miljø om ikke innebygget om bord.

I forbindelse med brønntesting vil det være mulighet for gass/olje lekkasje fra selve hovedutstyret og fra rør/slanger som fører brønnstrøm til testområdet. Området rundt brønn testanlegg får typisk en sone 2 områdeklasse. Ved helt innbygde områder vil det bli stilt strenge krav til gass/lekkasje deteksjon for å minimalisere risiko ved et potensielt utslipp. I tillegg vil man måtte vurdere mulighetsrisiko forbundet med eksplosjonsovertrykk i innebygget/skjermet område.

8.3.7 Materialhåndtering og utstyr

Utstyr og systemer vurdert er de samme som for sommerperiode og er vurdert samlet for temperatur/ klima og enkeltvis for søylekran / kraner, materialhåndteringsutstyr, lasteområder og lager /verksteder.

For kraner og annet ikke-innebygget løfteutstyr må designet med stål kvalitet vurderes slik at det tilpasser den temperaturen de er tenkt operert under. For vinteroperasjoner i Barentshavet sørøst vil dette således være ca. - 30 °C. Relevante standarder er for eksempel Norsok M-120, EN 10025 355 NL eller EN 10025 420 ML. Det må påpekes at det finnes også standarder som kan være like gode som disse.

For allerede installerte kraner / ikke-innebygget løfteutstyr som ikke er designet for slike lave service temperaturer bør følgende vurderes:

- Montere temperaturfølere og sette i verk tiltak ved målt temperatur under grensetemperatur (stoppe operasjoner)

Dette vil gi stopp i operasjoner og må således vurderes mot utskifting av eksisterende kraner / løfteutstyr med ny tilpasset operasjon ned til ca. minus 30 °C.

8.3.7.1 Søylekran / kraner

Snø og is kan skape følgende problemer for driften av søylekraner / kraner:

- Tilsløring av krankabinsvindu
- Kald krankabin
- Hindre bevegelige deler av kran fra å operere som tiltenkt

- Påføre ekstra last på kranstruktur
- Nedising i krankomponenter (talje, trinser)

Følgende må således vurderes:

- Oppvarming av vindusglass (varmekabler) for å hindre nedising
- Innelukking og skjerming av utsatte bevegelige krankomponenter (talje, trinser)
- Ekstra isolering og oppvarming av krankabiner / operatørkabiner
- Varmekabler i dørpakning (ved utsatte dører)

Det må også vurderes tilgang og mulighet for å komme til langs kran med damp for avising i parkert posisjon.

8.3.7.2 Materialhåndteringsutstyr (wincher/ taljer/ trucker/ transportbord)

Utstyr som Trucker og hjulgående transport innretninger bør lagres/parkeres innendørs (oppvarmbart område) når de ikke er i bruk.

8.3.7.3 Lasteområder (åpent), dekksluker

Det må vurderes installert skjerming/ oppvarmet leskur for last anviser (operatør). Transport baner/områder bør være oppvarmbare i områder der de ikke er bygget inn / helt beskyttet (trace heated) for å hindre oppbygging av is og snø. Luker må sikres mot gjenfrysing ved hjelp av varmekabler / punkt oppvarming.

8.3.7.4 Lager og verksteder

Lagerkapasitet for reservedeler og drivstoff for innretningen er en viktig faktor med hensyn til å kunne operere på en sikker måte. Avstand fra base på land kombinert med at is / ising og/eller ekstreme værforhold i vinterperioden som kan hindre at forsynings fartøy når frem i tide. Dette vil øke sannsynlighet for at frekvens for levering av reservedeler ikke kan opprettholdes. Vurderinger med hensyn til kapasitet / størrelse av lager og verksteder er diskutert i kapittel 14 logistikk.

Det må vurderes at åpninger inn til lagerrom også har luftgardiner for å hindre for store varmetap idet operasjonell erfaring tilsier at dører ofte blir stående oppe i lengre perioder. Luftgardin vi også redusere slitasje på lukkemekanismer og dører.

8.3.8 Boreinstrumentering

Boreinstrumenter og sensorer plassert i åpent (ikke oppvarmet) område må være designet for bruk i temperatur område ned mot ca. - 30 °C og sertifisert for området de er plassert i (korrekt soneklassifisering). Ved eldre innretninger må all instrumentering som ikke er innebygget sjekkes og skiftes ved behov om ikke sertifisert til - 30 °C og til rett områdeklasse (Ex klasse).

Luftdrevne aktuatorer anbefales skjermet/innebygget. For aktuatorer anbefales rustfritt stål eller aluminium, se kapittel 14 for detaljer.

8.3.9 Elektrisk / motorer/ kabler / lysarmaturer i boreområdet

De fleste elektriske motorer i boreområdene er plassert i moduler eller innebygget så standard motorer (omgivelsestemperaturområde fra -20 °C til +40 °C) som anvendt på norsk sokkel er tilstrekkelig.

For motorer plassert ubeskyttet (topdrive/wincher) må det vurderes å bruke motorer sertifisert for operasjon i temperatur ned mot - 30 °C (elektriske motorer kan leveres med minimum service temperatur ned mot - 45 °C).

Det må installeres varmeelement (space heaters) for alle motorer over en viss størrelse uansett plassering og temperaturområde.

For kabler og elektriske komponenter innebygget eller beskyttet, og som ikke er i bevegelse, er utstyr godkjent for bruk på norsk sokkel tilstrekkelig for vinteroperasjoner i Barentshavet sørøst.

For ubeskyttet / ikke innebygget kabel må det velges brann resistent, flamme resistent, brann retarderende og borevæske resistent kabel som kan operere i temperaturer fra +90 grader til -35 grader (Draka). Det vises også til kapittel sikkerhetsutstyr, utendørskabler.

Lysarmaturer utendørs og ubeskyttet leveres normalt for temperaturområdet -30 °C til + 45 °C og for sone 1 (f.eks. Glamox MAX ICE). Glamox har også led lysarmaturer beregnet for kalde områder (Glamox Ice Led) som kan operere i området +50 til -41 °C. For vinteroperasjoner anbefales armatur av type Glamox Ice Led eller tilsvarende.

8.3.10 Generelle operasjonelle vurderinger

Inntak av avlastningsboreinnretning / beredskapsboreinnretning.

Som for sommeroperasjoner må en ha identifisert type og krav til egnet boreinnretning, samt sikret kontrakt med innretninger som eventuelt kan bore en avlastningsbrønn ved uhell (avtale som tilsier at andre selskaper vil frigi sine boreinnretninger dersom det oppstår problem med brønnen). Dette er videre vurdert i kapittel 16 Boreinnretningforflytning.

8.3.11 Område beskyttelse / innbygging (operasjonsområder og arbeidsplasser)

Dette kapittelet omhandler en diskusjon rundt hel eller delvis innbygging/skjerming og oppvarming av boreområder på innretningen under helårsoperasjon (vinteroperasjon), da spesielt relatert til områder som normalt er naturlig ventilerte. Typiske hovedområder som vurderes er følgende:

- Boredekk/boretårn
- Rørdekk
- Bore hovedprosess områder
- Bore hjelpesystem områder
- BOP/Stigerørs områder
- Kjellerdekk området

Diskusjon rundt oppvarming/ventilasjon av containere som kommer som en del av typisk 3.parts utstyr, slik som f.eks. wireline kontroll kabin, behandles som en del av boreutstyr kapittel 8.3.5.

Naturlastene mht. vær og temperatur vil være mer ekstreme og barskere for en helårsoperasjon i Barentshavet sørøst sammenlignet med velkjente helårsoperasjoner i f.eks. Norskehavet og andre lokasjoner i Barentshavet, jf. kapittel 5. Det betyr at vurderingen rundt behovet for innbygging/skjerming og oppvarming vil være ulikt det man tidligere har utført rundt dette, og at de tiltakene man tidligere har gjennomført relatert til f.eks. vinteriserte boreinnretninger ikke nødvendigvis vil være tilstrekkelige eller relevante. I fig. 8.36 er det presentert eksempler på boreinnretninger med en utvidet innbygging for barskere klima, og utvidet vinterisering- og/eller isklasse notasjon, (ref. [10] og [19]).



Figur 8-36 Eksempler på boreinnretninger med variasjoner av vinteriserings og/eller isklasse notasjon, Songa Enabler (Songa) [ref. <http://maritimt.com/batomtaler/nye-omtaler/songa-enabler.html>], Polar Pioneer (Transocean) [ref. <http://www.psa.no/news>], COSL Prospector (COSL) [Ref. <http://www.cosl.com.cn>], Stena Icemax (Stena Drilling) [Ref. <http://www.stena-drilling.com>]

Årsak til økt behov for innbygging/skjerming og oppvarming under helårsoperasjon vil være beskyttelse av personell og utstyr for vær (vind, nedbør) og temperatur, altså behovet for å sikre en effektiv og sikker drift under alle forhold. Som basis for risikovurderinger relatert til arbeidsmiljø brukes CFD simuleringer av Wind Chill Temperatur/-Index (WCT/WCI). WCT er en beregnet temperatur som tar hensyn til at kjølingen av en menneskekropp er mer alvorlig i sterk vind enn i rolige forhold, ref. [28], [MH-35], [MH-28], [MH-36] og [MH-37]. Beskyttelse av utstyr er beskrevet i kapittel 8, 9 og 10.

I delkapitlene under er det presentert momenter og detaljvurderinger rundt de forskjellige hovedområdene innen selve boremodulene / fasilitetene av boreinnretningene for helårsoperasjon. Det sentrale emnet i kapitlene under er vinteroperasjon, og man har forsøkt ikke å gjenta momentene som er like både for sommer- og helårsoperasjon (jf. kapittel 8.2.11).

Generelle vurderinger og utfordringer mht. innbygging, ventilering, områdeklasse, oppvarming og varmegjenvinning er presentert i kapittel. 7.2.8.

8.3.11.1 Boredekk og boretårn

For å beskytte personell i området for gitte naturlaster under en helårsoperasjon (vind, nedbør, temperatur) må det vurderes en stor grad av innbygging/skjerming også av boretårnet/ ramguiden, samt generell områdeoppvarming og/eller implementering av punktoppvarming på enkelte steder/ for enkelte arbeidsoperasjoner.

Skal man varme opp og holde på temperatur må man kle inne hele og eventuelt også isolere boretårn/ ramguide. Kun oppvarming på boredekk med f.eks. «varmevifter», med naturlig utlufting i topp av et helt eller delvis innebygget boretårn, vil medføre utfordringer med kondensering (kondenseringsregn) og isdannelse oppover i boretårnet/ramguiden. Dette forsterkes av at man på boredekk ofte bruker høytrykksspyler for vasking.

Oppbygning av is/snø på innsiden av boretårnet /ramguide medfører et farepotensiale med hensyn til personell i områdene under (fallende objekter). Fjerning av is/snø oppe i boretårnet byr på store utfordringer med hensyn til tilkomst og bruk av utstyr, ref. [6], [28]. I tillegg medfører fjerning av snø/is stopp i operasjonen. Det er vanskelig å installere beskyttelsestiltak i et boretårn, slik som f.eks. isnett, grunnet alt bevegelig utstyr under en operasjon.

Ved full innbygging og generell områdeoppvarming må mekanisk ventilering implementeres for å sørge for minimum 12 luftvekslinger. Mekanisk ventilering av boredekk/boretårn området vil skape behov for mye HVAC utstyr, mye kraft, og muligens utstyr i høyden. En slik oppvarming av området på innsiden kan også medføre isdannelser på utsiden av innbyggingen. Termisk isolasjon og/eller oppvarming av selve innbyggingen/kledningen må vurderes.

Innbygging vil også medføre is- og snø dannelse på utsiden, med potensial for fallende is/snø («takras») som kan treffe personell og/eller sensitivt utstyr, ref. [MH-37]. Termisk isolasjon og/eller oppvarming av selve innbyggingen/kledningen som definert over, samt bruk av vertikal kledning, vil kunne hindre dette.

En stor grad av innbygging av boredekk/boretårn vil kunne medføre andre krav mht. eksplosjonssikring (Ex grad) av eksisterende utstyr, spesielt utstyr inne i/ i tilknytning til boretårnet.

En utstrakt skjerming/innbygging av boredekk og boretårn/ramguide vil ha også kunne ha en negativ effekt på mulig gassoppbygging og eksplosjonsovertrykk. En brønnlekkasje/utblåsning med påfølgende eksplosjon/brann på boredekk vil normalt være en dimensjonerende ulykkeslast i forbindelse med en boreinnretning. Tradisjonelt har man i kvantitative risikoanalyser antatt at vindvegger rundt boredekk/boretårn/ramguide «brytes» (avlaster eksplosjonsovertrykket) ved typisk 0,05-0,1 bar. Det er ikke sikkert at en slik antagelse er riktig hvis man skal designe for is/snølaste og polare lavtrykk (værkledning må kanskje tåle mer enn dagens), samt mulighet for at is/snø legger seg som et ekstra lag på utsiden av kledningen. I tillegg må man ta høyde for mer bruk av akustiske absorbenter og termisk isolasjon. Implementering av eksplosjonspaneler på vegger/kledningen vil kunne avhjelpe disse utfordringene. [Ref. MH-9].

Utfordringer rundt bruk av eksplosjonspaneler er også behandlet i kapittel 7.2.8.

Fra tilgjengelig litteratur observeres at brønnlekkasjer/utblåsninger på boreinnretninger med tilhørende konsekvenser (brann/eksplosjon) blitt viet liten oppmerksomhet mht. CFD simulering sammenlignet med integrerte anlegg med borefasiliteter. Dette er mye grunnet utblåsningens natur (stor rate, store krefter), og et forenklet konsekvensbilde grunnet boredekkets / områdets lokasjon høyt på installasjonen, med begrenset innbygging. Dette bildet endrer seg med mer innbygging av områder, færre luftvekslinger pr time, mer bruk av støyabsorbenter/isolasjon, og en værkledning/innbygging som må designes for relevante naturlaster.

Området innehar mange støykilder og utvidet innbygging/skjerming medfører en «katedraleffekt» som kan forsterke støybildet. Normalt løses dette med støyabsorbenter som festes på vegg/værkledning på innsiden.

En utvidet innbygging (helt eller delvis) av boretårn/ramguide skaper en utfordring mht. vindlaste på hele boreinnretningen, og noe som må tas høyde for. Se kapittel 8.3.2

8.3.11.2 Rørdekk

For å beskytte personell i området for gitte naturlaster under en vinteroperasjon må det vurderes innbygging/skjerming av store deler eller hele rørdekket, Ref. [43], [28]. Basert på oppgaver og eksponeringstid av personell på tradisjonelt rørdekk må man vurdere en generell områdeoppvarming og/eller implementering av punktoppvarming på enkelte steder/for enkelte arbeidsoperasjoner. Som et ledd i dette bør man vurdere å implementere et oppvarmet leskur for personell på rørdekket.

Innbygging og oppvarming på deler av/ hele rørdekket vil også være en klar fordel relatert til problemstilling rundt nedising/snø på gjenger til lagrede rør (tine av), og relatert til krav om tilgjengelighet av rør i en brønnkontrollsituasjon.

Mulige snø/is laster på taket av en slik innbygging av rørdekket må vurderes. Likeledes må man vurdere metode for fjerning av is/snø på deler av rørdekk som ikke er innbygd.

En kjent utfordring når man vurderer å bygge inn et rørlager helt eller delvis, er håndtering av rør fra forsyningsbåt og til lagringsplass på rørlageret. Normalt utføres denne håndteringen av rør av plattformkran, i kombinasjon med rørlager-kran(er). Grenseflater mellom disse, og transport inn/ut av et helt eller delvis innebygget rørlager, er en utfordring da spesielt med tanke på å unngå blindsoner i forbindelse med løfte operasjoner, ref. [14] og [MH-9].

Rørlageret ligger naturlig i tett grenseflate mot boredekk og kjellerdekk. En utfordring her er mulig gass-spredning og områdeklassifisering. Hvis rørlager bygges helt inn mot boredekket og/eller kjellerdekk området, og er helt-/delvis innebygget, vil rørlageret kunne bli sone 2 områdeklasse uten iverksatte tiltak. Det medfører krav til min. 12 luftvekslinger pr. time. Intensjonen i regelverk er å sørge for at soneutbredelsen (mulighet for gas spredning) blir så liten som praktisk mulig. En mulig utvidelse av områdeklasse må også vurderes mot luftinntak f.eks. til ventilering av krankabin(er) og bruk av eksplosjonssikkert (Ex) utstyr.

Det er stor usikkerhet for stor gassoppbygging på et innebygget rørlager som skal kunne gi noen eksplosjonslast av signifikant størrelse. Uansett, dette må vurderes relativt til typisk prinsippløsninger for dette området.

8.3.11.3 Område for bore hovedprosess

Nåværende praksis er at mye av dette utstyret allerede er innebygget, oppvarmet og ventilert.

Håndtering og lagring av kaks kan være en utfordring under helårsoperasjon. Her må man vurdere innbygging/skjerming og oppvarming av utstyret for kakshåndtering, der dette ligger utenfor innebygget/oppvarmet område. Håndtering av kaks til forsyningsbåt kan også være en utfordring hvis innbygging av lagret kaks er påkrevd. Normalt vil også lagret kaks kunne være utslippskilde (gass) med hensyn til områdeklasse, og farepotensialet med hensyn til innbygging må vurderes.

Kjemikalie (TOTE) tanker for sementoperasjoner er normalt plassert utendørs og vinteriserte (mulighet for oppvarming). Det må vurderes om dette lagringsområdet trenger skjerming for naturlaster under helårsoperasjon, se også kapittel 8.3.3.

8.3.11.4 Område for bore hjelpesystemer

Nåværende praksis er at områder der dette utstyret er montert allerede er innebygget, oppvarmet og ventilert.

Det må vurderes skjerming/værbeskyttelse av nitrogensystem og flasker for å unngå snø/isoppbygging under helårsoperasjon.

8.3.11.5 BOP-/ Stigerørsområde

Stigerørslageret er et stort område med enkelte oppgaver som involverer personell. For å beskytte personell i området for gitte naturlaster under vinteroperasjon anbefales det en innbygging/skjerming av deler eller eventuelt hele stigerørsdekket/lageret. Man bør også vurdere oppvarming av deler eller hele området. Oppvarming vil være en klar fordel for personell under arbeidsoppgaven inspeksjon av stigerør. Mulige snø/is laster på taket av en slik innbygging av lageret må vurderes. Transport inn/ut av et helt eller delvis innebygget stigerørslager er en utfordring da spesielt med tanke på å unngå blindsoner i forbindelse med løfte operasjoner, ref. [14] og [MH-9].

Stigerørslageret ligger naturlig i tett grenseflate mot boredekk, og en innbygging vil medføre utfordring med hensyn til områdesone klassifisering og mulighet for gassoppbygging ved storulykke. Se foregående diskusjon i del-kapittelet Rørdekk.

Stack-up posisjon til ventiltre og BOP er et område som av og til har mange arbeidsoppgaver med relativt lang varighet. Nåværende praksis er at disse områdene er helt eller delvis innebygget/skjermet. Under vinteroperasjon anbefales det at man implementerer mulighet for hel eller delvis oppvarming av disse områdene ved gitte arbeidsoperasjoner, f.eks. ved bruk av habitat, ref. [14].

8.3.11.6 Kjellerdekk område

For å beskytte personell i området for gitte naturlaster under vinteroperasjon anbefales det en stor grad av innbygging, samt at det må vurderes generell områdeoppvarming og/eller implementering av punktoppvarming på enkelte steder/ for enkelte arbeidsoperasjoner.

Området er utfordrende mht. ventilering og oppvarming idet det vanskeliggjøres av kjellerdekk som er åpen på halvt nedsenkbare innretninger og utfordringer mht. mulig innelukkning og temperatur/kondensering. Spesielt er vær og vind eksponeringen rundt kjellerdekk åpningen på en halvt nedsenkbar innretning en kjent problemstilling. Åpningen i kjellerdekk ned mot luft eller sjø kan tettes delvis med luker, men noe må være åpent grunnet nødvendig toleranse rundt bevegelse til borestigerør under operasjon. Sannsynligvis bør det installeres mekanisk ventilering i området grunnet behovet for innbygging og oppvarming.

For skip/bøye innretninger kommer «pumpeeffekt» av vannets bevegelser som en annen utfordring med hensyn til design av HVAC anlegget. I ett tett kjellerdekk vil bølger også gi utfordringer fordi store luftvolumer settes i bevegelse som igjen er utfordrende med hensyn på trykkoppbygging, oppvarming og ising på ytterveggs åpninger/-rister.

Mulige snø/is laster på taket av en innbygging av kjellerdekk må vurderes om det ellers ikke er lokalisert under andre dekk. Det meste av området ligger under boredekket og vil ha dette som «tak», mens enkelte områder kan komme på «utsiden» av boredekket, og må da sannsynligvis ha en overbygging.

En innbygging av kjellerdekk vil ha en negativ effekt på mulig eksplosjonsovertrykk (se vurdering angående dette under del-kapittelet Boredekk/boretårn over).

8.3.11.7 Oppsummering

En oppsummering av vurderinger er gitt i tabell 8.3.1.

Tabell 8-3 Oppsummering av anbefalte beskyttelsestiltak for boreområder - vinteroperasjon

Område	Emne	Vurdering
Boredekk og boretårn	Vind/nedbør	Tilnærmet full innbygging/skjerming (inkl. tak)
	Kulde	Punktoppvarming. Evt. isolering og områdeoppvarming (mekanisk ventilert). Oppvarmet leskur på boredekk er krav ihht. NORSOK S-002.
	Atmosfærisk isoppbygging innvendig (fallende objekter)	Redusere bruk av høytrykksspyler (f.eks. bruk av vakuumsuger). Beskyttelse for personell mht. snø/is ras. Tilrettelegge for isfjerning (tilkomst/isnett). Evt. kontroll på luftfuktighet (mekanisk ventilert).
	Snø- og isoppbygging utvendig, inkl. sjøsprøyt	Designløsninger for å hindre oppbygging av snø/is (vertikale vegger, skrå tak, tilføre varme, osv.). Beskyttelse for personell mht. snø/is ras. Tilrettelegge for snø-/isfjerning.
	Min. krav til luftvekslinger (områdeklassifisering)/ Gassoppbygging/ Eksplosjonsovertrykk	Oppnåelse av krav til luftvekslinger vha. rister/åpninger (naturlig ventilert). Verifisere vha. CFD beregninger. Evt. oppnåelse av krav vha. mekanisk ventilasjon. Vurdere installasjon av eksplosjonspaneler for reduksjon av mulig eksplosjonsovertrykk (basert på risikoanalyse).
	Støy	Evt. installere mer akustiske absorberer ved økt innbygging (basert på støy prediksjon)
Rørleger	Vind/nedbør	Delvis evt. full innbygging/skjerming (inkl. tak). Innbygging/skjerming av rørdekk er en utfordring mht. håndtering av rør fra supply båt til rørdekk (unngå løft i blindsoner).
	Kulde	Punktoppvarming. Evt. isolering og områdeoppvarming (mekanisk ventilert). Vurdere installasjon av oppvarmet leskur om ikke innebygget.

Område	Emne	Vurdering
	Atmosfærisk isoppbygging innvendig (fallende objekter)	Redusere bruk av høytrykksspyler (f.eks. bruk av vakuumsuger). Tilrettelegge for isfjerning (tilkomst). Evt. kontroll på luftfuktighet (mekanisk ventilert).
	Snø- og isoppbygging utvendig, inkl. sjøsprøyt	Designløsninger for å hindre oppbygging av snø/is (vertikale vegger, skrå tak, tilføre varme, osv.). Tilrettelegge for snø-/isfjerning.
	Min. krav til luftvekslinger (områdeklassifisering)/ Gassoppbygging/ Eksplosjonsovertrykk	Krav mht. luftvekslinger avhengig av design/nærhet til boredekk og/eller Kjellerdekk. Økt innbygging kan medføre områdeklasse (sone 2) også på rørdekk. Oppnåelse av krav til luftvekslinger vha. rister/åpninger (naturlig ventilert). Verifisere vha. CFD beregninger. Evt. oppnåelse av krav (eller soneskilte) vha. mekanisk ventilasjon.
	Støy	Evt. installere akustiske absorberer ved innbygging (basert på støy prediksjon)
Bore hovedprosess	Vind/nedbør	Nåværende praksis er innbygging. Unntak kan være f.eks. kaks og kjemikalie (TOTE) tank håndtering/ lagring. Her må man vurdere innbygging/ skjerming.
	Kulde	Nåværende praksis er oppvarming av områder. Unntak kan være f.eks. kaks og kjemikalie (TOTE) tank håndtering/ lagring. Her må man vurdere oppvarming (ved innbygging).
	Atmosfærisk isoppbygging innvendig (fallende objekter)	Ikke relevant
	Snø- og isoppbygging utvendig, inkl. sjøsprøyt	Tilrettelegge for snø-/isfjerning
	Min. krav til luftvekslinger (områdeklassifisering)/ Gassoppbygging/ Eksplosjonsovertrykk	Nåværende praksis er mekanisk ventilerte områder (klassifiserte og ikke-klassifiserte)
	Støy	Ingen nye utfordringer.

Område	Emne	Vurdering
Bore hjelpesystem	Vind/nedbør	Nåværende praksis er innbygging. Unntak kan være f.eks. nitrogensystem (flasker). Her må man vurdere skjerming.
	Kulde	Ikke relevant
	Atmosfærisk isoppbygging innvendig (fallende objekter)	Ikke relevant
	Snø- og isoppbygging utvendig, inkl. sjøsprøyt	Tilrettelegge for snø-/isfjerning
	Min. krav til luftvekslinger (områdeklassifisering)/ Gassoppbygging/ Eksplosjonsovertrykk	Nåværende praksis er mekanisk ventilerte områder (klassifiserte og ikke-klassifiserte)
	Støy	Ingen nye utfordringer
Stigerørsområde	Vind/nedbør	Delvis evt. full innbygging/skjerming (inkl. tak). Innbygging/skjerming av stigerørsområdet er en utfordring mht. håndtering av rør fra supply båt til stigerørslager (unngå løft i blindsoner).
	Kulde	Punktoppvarming. Evt. isolering og områdeoppvarming (mekanisk ventilert). Vurdere installasjon av oppvarmet leskur om ikke innebygget.
	Atmosfærisk isoppbygging innvendig (fallende objekter)	Tilrettelegge for isfjerning (tilkomst). Evt. kontroll på luftfuktighet (mekanisk ventilert).
	Snø- og isoppbygging utvendig, inkl. sjøsprøyt	Designløsninger for å hindre oppbygging av snø/is (vertikale vegger, skrå tak, tilføre varme, osv.). Tilrettelegge for snø-/isfjerning.
	Min. krav til luftvekslinger (områdeklassifisering)/ Gassoppbygging/ Eksplosjonsovertrykk	Krav mht. luftvekslinger avhengig av design/nærhet til boredekk og/eller Kjellerdekk. Økt innbygging kan medføre områdeklasse (sone 2) også på stigerørsområdet. Oppnåelse av krav til luftvekslinger vha.

Område	Emne	Vurdering
		rister/åpninger (naturlig ventilert). Verifisere vha. CFD beregninger. Evt. oppnåelse av krav (eller soneskilte) vha. mekanisk ventilasjon.
	Støy	Evt. installere akustiske absorberer ved innbygging (basert på støy prediksjon)
BOP/ventiltre stack-up område	Vind/nedbør	Delvis, evt. full innbygging/skjerming (evt. også mot Kjellerdekk)
	Kulde	Nåværende praksis er at disse områdene er delvis innebygget/skjermet. Områdene bør være helt eller delvis oppvarmbare ved gitte arbeidsoppgaver, f.eks. ved bruk av habitat.
	Atmosfærisk isoppbygging innvendig (fallende objekter)	Redusere bruk av høytrykksspyler (f.eks. bruk av vakuumsuger). Tilrettelegge for isfjerning (tilkomst). Evt. kontroll på luftfuktighet (mekanisk ventilert).
	Snø- og isoppbygging utvendig, inkl. sjøsprøyt	Designløsninger for å hindre oppbygging av snø/is (vertikale vegger, skrå tak, tilføre varme, osv.). Beskyttelse for personell mht. snø/is ras. Tilrettelegge for snø-/isfjerning.
	Min. krav til	Oppnåelse av krav til luftvekslinger vha.
	luftvekslinger (områdeklassifisering)/ Gassoppbygging/ Eksplosjonsovertrykk	riste/åpninger (naturlig ventilert). Verifisere vha. CFD beregninger. Evt. oppnåelse av krav vha. mekanisk ventilasjon.
	Støy	Evt. installere mer akustiske absorberer ved økt innbygging (basert på støy prediksjon)

Område	Emne	Vurdering
Kjellerdekk område	Vind/nedbør	Tilnærmet full innbygging/skjerming
	Kulde	Punktoppvarming. Evt. isolering og områdeoppvarming (mekanisk ventilert). Vurdere installasjon av oppvarmet leskur om innebygget.
	Atmosfærisk isoppbygging innvendig (fallende objekter)	Redusere bruk av høytrykkspyler (f.eks. bruk av vakuumsuger). Tilrettelegge for isfjerning (tilkomst). Evt. kontroll på luftfuktighet (mekanisk ventilert).
	Snø- og isoppbygging utvendig, inkl. sjøsprøyt	Designløsninger for å hindre oppbygging av snø/is (vertikale vegger, skrå tak, tilføre varme, osv.). Beskytte personell for snø/is ras. Tilrettelegge for snø-/isfjerning (inkl. evt. sjøsprøyt som fryser).
	Min. krav til luftvekslinger (områdeklassifisering)/ Gassoppbygging/ Eksplosjonsovertrykk	Oppnåelse av krav til luftvekslinger vha. rister/åpninger (naturlig ventilert). Verifisere vha. CFD beregninger. Evt. oppnåelse av krav vha. mekanisk ventilasjon.
	Støy	Evt. installere mer akustiske absorbenter ved økt innbygging (basert på støy prediksjon)

8.3.12 Kraft behov boreutstyr og områder

Dette kapitlet handler om kraftbehov for å operere boreutstyr. Det vises også til kapittel 9 hoved og nødkraft som handler om kraftproduksjon generelt på en boreinnretning.

Det økte kraftbehovet en flyttbar boreinnretning vil få under en helårsoperasjon er en utfordring med tanke på kapasitet og plassbehov, men den største utfordringen er nok først og fremst med tanke på påvirkning mot ytre miljø (utslipp til luft). Dette er belyst i ref. [44] og [32].

Det vil være store oppvarmingsbehov og utfordringer med hensyn på øket behov for drivstoff til oppvarming, med påfølgende konsekvenser for ytre miljø (forurensning fra eksos).

Aktuelle tiltak kan likevel være:

- Varmegjenvinning på ventilasjonsluft
- Varmegjenvinning fra varmt slam (mud fra borehullet)
- Varmegjenvinning på utslipp til luft og vann
- Varmepumpe (utfordrende med lave temperaturer på sjøvann og luft) □ Andre energisparetiltak som isolering, bruk av vindfang, etc.

Det må i denne sammenheng påpekes at varmegjenvinning er ofte ikke funnet lønnsomt i offshore prosjekter hittil fordi utstyret er arealkrevende, men dette bør studeres nærmere idet potensialet for besparelser er stort.

Klimaforholdene i Barentshavet sørøst vil kreve robuste løsninger for ventilering og oppvarming samtidig med at det skal være gjennomførbart med hensyn kost/nytte, da spesielt relatert til plass energibehov og utslipp av forbrenningsgasser. Følgende bør derfor vurderes ved inntak / nybygg av boreinnretningen.

- Ventilasjon og oppvarming av områder
- Bruk av alternative ventilasjonsprinsipper, f.eks. utnyttelse av «brukt» og oppvarmet luft fra sikre områder
- Utstrakt bruk av isolasjon i vegger og gulv
- Optimale temperaturkrav og tilførsel av fuktighet
- Varmemedium i isolasjonen
- Varmegjenvinning, kost/nytte i forhold til areal og energisparing, behov for lagring av fyringsolje, forurensning, etc.

Det må også påpekes at Polare lavtrykk kan gi utfordringer utover det som leverandørene har testet tidligere der værutfordringene er mindre krevende.

Detaljer rundt enkelte av disse emnene (varmegjenvinning/ varmemedium i isolasjon, alternative ventilasjonsprinsipper etc.) bør således utredes nærmere i videre studier med hensyn til tilgjengelig teknologi, utslipp og kost / nytte effekt.

9. SIKKERHETSKRITISKE FUNKSJONER OG SYSTEMER

9.1 Innledning

Funksjonaliteten til sikkerhetsutstyr og systemer vil bli påvirket negativt av klima- og beliggenhetsforholdene i Barentshavet sørøst hvis tilstrekkelige vinteriserings- / beskyttelsestiltak ikke implementeres i design og deres tilstand/status ikke oppfølges under drift. Dette kapitlet handler om klima- og beliggenhetsproblemstillinger knyttet til aktuelle sikkerhetskritiske funksjoner og systemer som finnes ombord på boreinnretninger. Figuren under fra ref. [45] viser omfanget av nedising og is opphopning på noen av vær utsatte utendørs utstyr / områder med ingen form for vinteriseringstiltak.



Figur 9-1 Nedising og is opphopning problematikk i arktisk område (Ref. [45])

9.1.1 Sikkerhetsfunksjoner ifølge Innretningsforskriften

I følge Ptils IF. §8 om sikkerhetsfunksjoner (ref. [46]) skal innretninger være utstyrt med nødvendige sikkerhets-funksjoner (barrierer mot fare- og ulykkessituasjoner) som til enhver tid kan

- a) oppdage unormale tilstander,
- b) hindre at unormale tilstander utvikler seg til fare- og ulykkessituasjoner,
- c) begrense skadene ved ulykker.

I tillegg krever ref. [46] at det skal fastsettes krav til ytelsen for sikkerhetsfunksjoner.

For permanent bemannede innretninger krever ref. [46] at følgende hovedsikkerhetsfunksjoner opprettholdes ved en ulykkessituasjon:

- a) **hindring av eskalering** av ulykkessituasjoner slik at personell som er utenfor den umiddelbare nærheten av ulykkesstedet, ikke skades,
- b) **hovedbæreevnen i bærende konstruksjoner inntil innretningen er evakuert,**

- c) **beskyttelse av rom** som er **av betydning for bekjempelse av ulykkeshendelser** slik at de er operative **inntil innretningen er evakuert**,
- d) **beskyttelse av** innretningens **sikre områder** slik at disse er **intakt inntil innretningen er evakuert**,
- e) **minst én evakueringsvei fra et hvert område** der personell kan oppholde seg **inntil evakuering** til innretningens sikre områder **og redning av personell er gjennomført**.

9.1.2 Sjøfartsdirektoratets krav ifm. operasjon i områder med temperaturer vesentlig lavere enn 0 °C

For innretninger som ønskes å kunne operere i områder med daglig middeltemperatur under 0 °C krever forskriften (ref. [27]) at det må kunne dokumenteres at innretningen kan operere sikkert under de aktuelle miljøforholdene. Der skal foreligge teknisk dokumentasjon som dekker følgende aspekter:

1. **Konstruksjon av innretningen** som sådan. (f.eks. skrog, kraner, boretårnfundament, helikopterdekk, osv.)
2. **Systemer og utstyr for daglig normal drift** av innretningen. (f.eks. kraner, ballastsystem, oppankringssystem, ferskvannssystem, luftsystem, ventilasjon, osv.)
3. **Systemer og utstyr for drift under nødsituasjoner**. (f.eks. alarmsystem, nødlys, redningsutstyr, brannvann, hurtigutløsning av ankervinsjer osv.)
4. **Styrkemessige konsekvenser av oppbygging av islast på komponenter og utstyr**. (f.eks. under helikopterdekk, på kranbom, rørgater, ledningsgater osv.)
5. **Estimat av maksimal antatt islast** samt lastforholdene med islast inkludert. Resultatet skal stabilitetsmessig tilfredsstillende den aktuelle KG-grenseverdien
6. **Arrangement og utstyr for å holde visse områder av innretningen isfri**. (f.eks. avisingssystem for rømningsveier, redningsutstyr, arbeidsområder osv.)
7. **Beskyttelse for å forhindre utvikling av kritiske arbeidsmiljøforhold** (f.eks. vindskjermer eller levegger, oppvarming)
8. **Utstyr for å kompensere for risikomessige konsekvenser innbygging representerer**. (f.eks. gassvarslingssystemer, ventilasjonssystemer o.l.)
9. **Materialanvendelse** i utstyr og systemer. (f.eks. kuldekritiske materialer i ankervinsjer og mottiltak f.eks. oppvarming)
10. **Boreteknisk utstyr**

I tillegg krever ref. [27] at det skal utarbeides operasjonsinstrukser for tiltak som er nødvendige for forsvarlig drift i områder med en daglig middeltemperatur under 0 °C. Instruksene skal sette klare grenser for når **operative tiltak** bør iverksettes, f.eks. ved lav temperatur over lengre tid, eller lav temperatur kombinert med stor luftfuktighet (fare for isdannelse), mv.

Operasjonsinstruksene skal også angi nødvendige tiltak dersom designkriteriene skulle overskrides, f.eks. større isdannelse enn forutsatt i stabilitetsberegningene eller lavere temperatur enn innretningen er dokumentert for.

9.1.3 Typiske væreksponte sikkerhetssystemer og funksjoner på en borerigg

Typiske sikkerhetssystemer og funksjoner på en borerigg kan bl.a. ha følgende væreksponte feltutstyr:

1. Hoved lastbærende struktur
 - Søylar, bjelkar, dekkplatar, lastbærende veggar
2. Hoved Rømningsveier og mønstringsområdet (henvises til kap. 7 og 10)
 - Rømningsveier, trapper
3. Rom med sentral rolle i nødsituasjoner (værbeskyttet - trenger oppvarming)
 - Sentralt kontrollrom
 - Sentralt / lokalt utstysrom
 - Drillers cabin
4. Nød evakueringsystemer (henvises til kap. 10)
 - Helidekk og helikopter
 - Livbåtstasjon og livbåtar
 - Evakueringsstasjon for redningsstrømpe og oppblåsbar redningsflåte
5. Navigasjon og nødkommunikasjonssystemer
 - Antenner
 - navigasjonslys
 - tåkehorn
 - Nød kommunikasjonutstyr som f.eks. radioutstyr, nødtelefoner
6. Varslings og alarm system
 - Manuelle meldere
 - Nødavstengnings trykknapper
 - Brannslukningsaktiverings trykknapper
 - PA høyttalere
7. Brann og gass deteksjonssystem
 - Optiske infrarøde flammedetektorer
 - Hydrokarbon optiske punkt- og linedetektorer (f.eks. i hydrokarbon områder, i ventilasjons luftinntak)
 - H2S punktdetektorer (vibrasjonssikter område, Slamtank område, Boredekk, Over eller i slamstrømnings ledning)
8. Brannskiller og passiv brannbeskyttelse (PBB)
9. Brannslukningssystemer
 - Overrislingssystem, vannkanoner i hydrokarbonområder, som f.eks. boredekk, brønn test området, boreslam modul
 - Nøytralgass slukningssystem (f.eks. CO2, Argonite) i maskineri rom
 - Vanntåkesystem i maskineri rom
 - Vann/skum kanoner for helidekk
10. Nødavstengningssystem / BOP (henvises til kap. 8)
 - Blowout preventer
 - Frakoplingssystem / LMRP
11. Avledningssystem (diverter) (henvises til kap. 8)
12. Trykkavlastningsventiler og passive / aktive eksplosjonspaneler

13. Nødkraft og UPS

- Forbrennings luftinntak
- Ventilasjon luftinntak
- Smørljesystem
- Drivstoff / Diesel system
- Batterier (f.eks. i livbåter)

14. Nødlis

15. Boreslam og sementerings system (henvises til kap. 8)

16. «Kick choke & kill» funksjon / ventiler (henvises til kap. 8)

17. Posisjoneringssystemer

- Dynamisk posisjoneringssystem
- Forankeringssystem

18. Ballasteringssystem

19. Mekanisk ventilasjon / HVAC

20. Dreneringssystem, vannlås

21. MOB båt og riggens søylekraner for mobiliserings av MOB båt (henvises til kap. 10)

Følgende underkapitler drøfter problemstillinger og utfordringer knyttet til operasjon av sikkerhetsutstyr og funksjoner under sommer og helårsperiode i Barentshavet sørøst.

9.2 Sommeroperasjon

For å imøtekomme kravene nevnt i ref. [46] og [27] ifm operasjon av boreinnretninger i Barentshavet sørøst bør følgende faktorer bl.a. tas i betraktning slik at tilgjengeligheten til sikkerhetsutstyr under alle vær og beliggenhetsforhold kan sikres:

- I. Introduksjon av tilstrekkelig robusthet i utforming og materialvalg mht. dimensjonerende laster, miljøfaktorer, redundans, kapasitet, osv.
- II. Implementering og opprettholdelse av tilstrekkelig vinteriseringstiltak under driften av anlegget

Viktig at «on-demand» sikkerhetssystemer testes hyppigere slik at mannskapet kan oppdage svikt eller bortfall av sikkerhetsbarrierer før en uønsket hendelse inntreffer under ekstreme værforhold -Vedlikeholdsprogram med tettere / værbasert inspeksjonsregime for å sikre funksjonsdyktigheten til sikkerhetsfunksjoner.

- III. Riktig preservering av utstyr når sikkerhetsutstyret ikke er i bruk

9.2.1 Virkningen av kulde på sikkerhetssystemer

Sommeroperasjon ifølge kap. 5 i denne rapporten er tidsperioder i året når boreinnretninger med en design service temperatur (vinteriserings temperatur) t_w på -15°C har tilstrekkelig robusthet for trygd boreoperasjon i Barentshavet sørøst. Det er forutsatt at temperaturen vil nå

-15°C i denne perioden, men vind, storm og bølger er generelt som i Nordsjøen eller mildere enn vinterperiode i Norskehavet.

Følgende forutsettes som de viktigste aspektene i utforming av værutsatte sikkerhetssystemer som kan påvirkes av kulde:

Tabell 9-1 Aspektene i utforming av sikkerhetssystemer som kan påvirkes av kulde

	Sårbare Design / tekniske aspekter	Bemerkninger
1	Materialvalg mht. lav temperatur - Materialets motstand mot sprøbrudd	Materialvalg mht. utstyr som trengs å operere i værutsatte utendørsområder på en boreinnretning i kulde bør være slik at støttestrukturen og materialet til utstyret (inkl. bolter, flenser, rørklemmer, osv.) har tilstrekkelig motstand mot sprøbrudd i den oppgitte design temperaturen.
2	Smørolje og smøroljesystem inkl. pumpe, lagringstank, osv. brukt i f.eks. brannvannspumpe enheter eller nødgeneratorpakke	Smørolje system og smøroljen som brukes i f.eks. brannvanns pumpepakke eller nødgenerator bør være vinterisert slik at både smøroljen og pumper og andre enheter kan fungere i kulde uten å bli skadet. Det er vanlig at hele pakken blir vinterisert ved å plassere den i skroget til innretningen eller i en oppvarmet uavhengig dedikert container.
3	Hydraulisk olje og hydraulikksystem inkl. pumpe, lagringstank, osv. som f.eks. i BOP funksjonen	Hydraulisk system og hydraulikkoljen som f.eks. brukes i BOP funksjonen skal være tilstrekkelig vinterisert. (Det henvises også til kap. 8)
4	Drivstoffsystemer for dieselmotorer for nød- og normalkraft inkl. pumpe, lagringstank, osv.	Drivstoff systemer for dieselmotorer for nød- og normalkraft produksjon skal være tilstrekkelig vinterisert. Det er vanlig at hele pakken blir vinterisert ved å plassere den i en skjermet dedikert modul. Voksing eller gelatinering er den store utfordringen med å bruke diesel som drivstoff i miljøer med lave temperaturer. Dermed er det viktig med å bruke riktig diesel kvalitet for forskjellige temperaturområder. (Det henvises også til kap. 8)
5	Drivstoffsystem for helikopter inkl. pumpe, lagringstank, osv.	Flydrivstoff har et ganske lavt flytepunkt som gjør den egnet til sommeroperasjonsperioden men hele drivstoff systemet trenger vinterisering ifm. helårsoperasjoner
6	Luftinntak for forbrenning og ventilasjon	Kald luft kan forårsake vanskeligheter i å starte dieselmaskiner. Bruk av en forvarmer som en del av vinteriseringstiltak vil være nødvendig. Luftinntak kan også bli blokkert hvis de blir utsatt for snø og isopphoping. Vinterisering av luftinntak bør vurderes. Sannsynligheten for at dette inntreffer i sommer perioden er minimal men tiltaket må vurderes som «good practice».
7	Vannholdige slukningssystemer, f.eks. brannvann	Sjøvann kan fryse i både brannvannssystem og utenfor etter anvendelse i utendørs områder hvis det er vedvarende kuldegrader. Sjøvann fryser ved ca. -1.9 °C avhengig av saltinnhold og ekspanderer i volumet. Alle vannfylte og værutsatte deler i brannvannssystemet skal ha vinterisering. Sannsynligheten for at brannvann fryser etter anvendelse i sommerperioden er minimal.

	Sårbare Design / tekniske aspekter	Bemerkninger
8	Skum for brannslukning	Skum må være egnet til bruk i lav temperatur. I tillegg bør skumsystemet være vinterisert.
9	Kabler	Værutsatte Kabler skal være av den type som er spesifisert for bruk under lave temperaturer
10	Drenering	Vann / væske kan fryse i dreneringsrør/ -kammer og føre til blokkering og ødeleggelse av dreneringssystemet. Vinterisering av alle værutsatte deler bør vurderes.
11	Elektrisk, elektronisk utstyr	Utendørs elektrisk og elektronisk utstyr som trykk og temperatur transmittere, brann & gass detektorer, multipleksere, felt I/Oer, koplingsbokser, osv. bør være av den typen som er egnet til å operere i kulde eller at de er skjermet / plassert i beskyttet områder.
12	Epoksy baserte PBB isolering	Ved glassovergangstemperatur vil polymer-bindemidlet i epoksy-basert PBBer oppføre seg som en glassaktig solid med tendens til å knipse enn å rive. Denne faktoren må vurderes ifm. valg av PBBer i kulde utsatte områder.
13	Nødllys	Lav temperatur kan redusere effekten fra (innebygde) batterier i nødllysarmaturer. I tillegg er det fare for nedising av glassvinduet til armaturer. Disse faktorene bør tas hensyn til ifm. valg av utendørs lysarmaturer.

9.2.2 Virkningen av snø- isopphopping / nedising på sikkerhetssystemer

Det forutsettes at i tidlig og senfase av sommerperioden kan man se nedbør i form av snø eller atmosfærisk ising med følgende nedising av utstyr eller snø isopphopping. Følgende forutsettes som de viktige aspektene i utforming av sikkerhetssystemer som kan påvirkes av snø- isopphopping / nedising (for luftinntak se punkt 6 i tabellen ovenfor):

Tabell 9-2 Aspekter i utforming av sikkerhetssystemer som kan påvirkes av snø- isopphopping / nedising

	Sårbare Design / tekniske aspekter	Bemerkninger
14	Antenner og radarutstyr	Værutsatte navigasjon- og kommunikasjonsutstyr bør beskyttes mot nedising og snø- / isopphopping. De skal være plassert i oppvarmede kupler eller ha spesielle overflatebelegg eller varme elementer for å hindre nedising.
15	Ekspljosjonspaneler og trykkavlastningsventiler	Nedising og opphopping av snø på eksplosjonsavlastningspaneler og trykkavlastningsventiler skal hindres vha. tilstrekkelig vinterisering, f.eks. varmekabler. Sannsynligheten for at dette inntreffer i sommer perioden er minimal men det må vurderes som «good practice». Materialet til eksplosjonspaneler skal ha en MDT som kan forhindre sprøbrudd ved aktivering.
16	Vinsjer, løfteutstyr	Vinsjer, løfteutstyr og bevegelige mekaniske deler som er vær utsatte kan kile seg fast hvis de blir eksponert til snø og isopphopping. Vinterisering av alle slike værutsatte deler bør vurderes.

	Sårbare Design / tekniske aspekter	Bemerkninger
17	Brann & gass detektorer	Detektorer plassert utendørs er meget værutsatte utstyr bør være av den typen som aviser og hindrer snø / isopphoping.
18	PBB isolering	Vanninntrenging under PBB isolering kan føre til korrosjon på substratet. PBB på struktur bør være egnet til å tåle snø og isdannelse. Snø og isopphoping på isolerte rørapplegg bør hindres ved plassering i skjermet område.

9.3 Helårsoperasjon

Boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst i vinterperiode bør ha et vinteriseringsnivå som kan håndtere kulde i vinterperiode, så vel som store mengder av snø og is. Alle punkter som er listet opp under kap. 9.2 for sommeroperasjon er også gjeldende for innretninger som skal operere gjennom hele året i dette området. Imidlertid bør man ta hensyn til at i vinterperioden er klimaet barskere. I forbindelse med vinteriseringstiltak skal løsninger håndtere større nedbør mengder og en design service temperatur (vinteriseringstemperatur) t_w på $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

9.4 Sikkerhetssystemer / -funksjoner med behov for vinterisering

9.4.1 Hovedbærende struktur

I følge IF § 7 om hovedsikkerhetsfunksjoner er hovedbæreevnen i bærende konstruksjoner definert som hovedsikkerhetsfunksjone som skal opprettholdes inntil innretningen er evakuert i en ulykkessituasjon. Forskriften krever at:

- Anlegg, systemer og utstyr som inngår som elementer i realiseringen av hovedsikkerhetsfunksjoner skal som et minimum utformes slik at dimensjonerende ulykkeslaster eller dimensjonerende naturlaster med årlig sannsynlighet større enn eller lik 1×10^{-4} , ikke medfører tap av en hovedsikkerhetsfunksjon.
- Bærende konstruksjoner skal ha tilfredsstillende sikkerhet i bruks-, brudd-, utmattings- og ulykkesgrensetilstandene.

For boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst bør følgende aspekter vurderes mht. kapasiteten til hoved bærende struktur i ulykkesituasjoner:

Tabell 9-3 Forhold i Barentshavet sørøst som kan påvirke kapasiteten til hoved bærende

Ulykkeslaster	Problemstilling	Beskrivelse
Skip kollisjonslast	Større forsyningsfartøy	Typiske verdier for ulykkeslaster for skipkollisjon er knyttet til forsyningsfartøy med størrelser på 5000 tonn. Hvis større fartøy velges fordi det er større avstand fra land og det er større behov for forsyning av materialer, så skal dette tas hensyn til i risikovurderinger og designen av boreinnretning. Det antas at denne problemstillingen er mer aktuelt til vinterperioden pga. større behov for drivstoff logistikk og større ankomstfrekvens for forsyningsfartøy.
Ekspløsjons-	Innelukking /	Full eller delvis innkledning av boredekk og boretårn

Ulykkeslaster	Problemstilling	Beskrivelse
last	innkledning av områder	reduserer luftvekslingen vha. naturlig ventilasjon, så vel som avlastning av eksplosjonstrykk. Dette vil føre til høyere eksplosjonslaster hvis ingen kompenserende tiltak sette i verk. Bruk av aktive eksplosjonspaneler og mekanisk ventilasjon kan bl.a. redusere eksplosjonslaster. Det antas at resulterende eksplosjonslaster er noe lavere for boreinnretninger egnet til sommeroperasjoner fordi de delvis er innkledd.
Naturlast	Ekstremt lave temperaturer	Ekstrem lav temperatur under design temperatur kan føre til sprøbrudd i karbonstål som konstruksjonsmateriale. Det antas at denne problemstillingen vil være gjeldende for vinterperioden i helårsoperasjoner. For videre utdyping av dette vises det til kap. 15, materialvalg.
Naturlast	Større snø / is laster	Større snø / is laster er viktige både mht. konstruksjonens integritet og innretningsstabilitet. Ekstra vekt og skjev fordeling av vekt på dekket er ugunstige faktorer mht. integritet og stabilitet til boreinnretninger. Det antas at denne problemstillingen vil være gjeldende for vinterperioden i helårsoperasjoner.

9.4.2 Utendørs navigasjon og kommunikasjonsutstyr

Utendørs utstyr som radarer og antenner knyttet til navigasjon og kommunikasjonssystemer må beskyttes mot nedising og opphoping av snø. Opphoping av is og snø på antenner kan forstyrre eller fører til bortfall av radar og kommunikasjonssignaler. De ekstreme lave temperaturer og vedvarende høy vindhastigheter i Barentshavet sørøst krever at utendørs antenner, integrerte elektroniske forsterkere og signalbehandlings utstyr beskyttes med passende vinteriseringstiltak som f.eks.:

- Plassering av utstyr i kupler
- Supplere kupler med innvendig oppvarming eller varmluft tilførsel ved ekstremt lave temperaturer
- Konstruere kupler av materialer som hindrer ising men også samtidig ikke medfører store signaltap
- Bruk av tynne varmeelementer / -plater som f.eks. «Conflux» på overflaten til antenne paraboler og radarer for antiising og avising. Oppvarming teknologien er brukt i jernbane og luftfart og kan tas i bruk i alle slags miljø med riktig valg av innkapsling / belegg. Se figur 9.3.
- Bruk av hydrofobisk / isfobisk beleggsystemer på antenner / radarer som beskrevet i forrige kapittel.



Figur 9-2 Venstre) Bilde av nediset kommunikasjonsutstyr (Ref. [33]), (Midten) værekspont antenner, (Høyre) Antenner plassert i kupler (Ref. Infonet Thailand webside)



Figur 9-3 Flexible heater (Ref. http://conflux.se/flexible_heater.html)

9.4.3 Brann og Gass deteksjon

9.4.3.1 Gass deteksjon

I følge ref. [47], skal hydrokarbon gassdetektorer installeres i følgende områder på en boreinnretning:

- o Avtrekk fra rom for vibrasjonssikter
- o Luftinntak til rom for vibrasjonssikter
- o Boredekk
- o Luftinntak til borers kabin
- o Avtrekk fra klassifiserte områder i bore- og slammoduler
- o Luftinntak til klassifiserte områder i bore- og slammoduler
- o Luftinntak til ikke klassifiserte områder i bore- og slammoduler

I tillegg skal gassdeteksjonsfunksjonen implementeres for følgende områder:

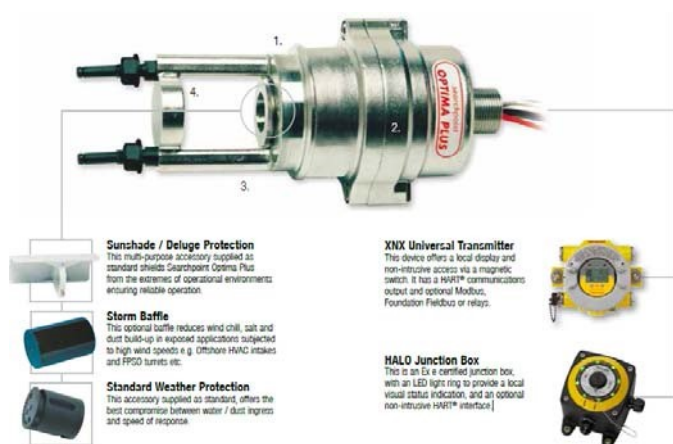
- o Luftinntak til hoved generatorer
- o Luftinntak til nødgenerator
- o Luftinntak til dieselmotorer for brannvannspumper
- o Luftinntak til kraner
- o Luftinntak til HVAC anlegg for boligkvarter og øvrige mekanisk ventilerte områder

Generelt er gassdetektorer meget vær utsatt utstyr når de blir installert utendørs i åpne områder. I slike tilfeller skal gasslinjedetektorer som består av sender og mottaker enheter

ha oppvarmet optikk for å minimere oppbygging av fuktighet, kondens, snø eller is på deres glassvinduer som tilslører deres optikk under ekstreme værforhold.

Hvis boredekk på boreinnretninger er delvis eller helhetlig vær beskyttet, er gassdetektorer mindre utsatt for nedbør. Imidlertid er faren for å bli overdekket av snø eller is for utendørs punkt gassdetektorer plassert foran luftinntakene til ventilasjonsanlegg stor. For å redusere slik eksponering bør det vurderes å plassere detektorene inne i ventilasjons luftinntak nedstrøms f.eks. sjalusispijldet.

Detektorer, særlig deres elektronikk, kan også bli påvirket av lav temperatur hvis de ikke er godkjent for å fungere i det ekstreme lav temperaturforholdet som oppleves i Barentshavet sørøst. Nedenfor er et eksempel på et produkt som er sertifisert i å virke under ekstreme lave temperaturer.



Figur 9-4 Honeywell Searchpoint Optima Plus er en infrarød punkt gassdetektor som er sertifisert for å operere i temperaturer fra -40° til +65° (CU-TR-EX- XTC Versjon, sertifisert for temperaturer mellom -60°C og + 65°C) (Ref. <http://www.honeywellanalytics.com/en/products/Searchpoint-Optima-Plus>)

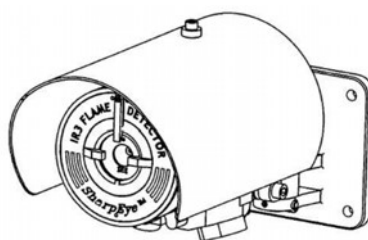
9.4.3.2 Branndeteksjon

I følge ref. [47] skal flammedetektorer installeres i følgende relaterte områder på en boreinnretning:

- o Boredekk o MGS rom o «Shale shaker» rom o Aktiv slamtank rom
- o Rom for sementeringsenhet

I tillegg hvis boreinnretningen er utstyrt med drivstoffsystm for helikopter operasjon, så bør det være branndeteksjonsutstyr for overvåking av området for lagring og tilførsel av drivstoffet.

Generelt kan snø, regn, kondensering og nedising på flammedetektorer tilsløre glassvinduer til branndetektorens optikk og dermed medfører svikt og feil i deres funksjonalitet. For å eliminere eller minimere oppbygging av fuktighet, kondens, snø eller is på det optiske vinduet bør bruk av detektorer med innebygd oppvarmede optikk og plassering i skjermet området eller ekstra deksel for værbeskyttelse vurderes. På boreinnretninger er flammedetektorer generelt godt beskyttet mot vær eksponering siden de er plassert i innelukkede moduler / rom i bore- og slammodulen.



Figur 9-5 Oppvarmet optiske vindu og værbeskyttelsesdeksel forbedrer ytelsen av flammedetektorer mot nedising, snø opphoping og kondensering på vinduet. Spectrex Sharp eye detektor er sertifisert for å operere i temperaturer bortimot -55° C (Ref. brukerveiledning til Spectrex Sharp eye 40/401 Triple IR (IR3) flamme Detektor med værbeskyttelses deksel)

Detektorer er også sensitive når det gjelder vibrasjon forårsaket av f.eks. sterk vind. Solide festeanordninger kan bøte med dette problemet.

9.4.4 Nødavstenging

Nødavstengingssystem på en borerigg kan utføre bl.a. en eller flere av følgende aksjoner:

- Utkopling av tennkilder
- BOP funksjon – Det viktigste feltutstyr relevant til NAS funksjon på boreinnretninger er BOP utstyret som er utredet i forrige kapittel.

Generelt bør utendørs elektrisk og elektronisk utstyr som trykk og temperatur transmittere, brann & gass detektorer, multipleksere, felt I/O'er og koplingsbokser være av den typen som er egnet til å operere i kulde eller at de er skjermet / plassert i beskyttet områder.

BOP-systemet plassert på havbunnen bruker hydraulikk eller elektrisk-hydraulikk arrangement for aktivering. Hydraulikksystemet, så vel som kontrollpanelet for BOP aktivering må beskyttes mot miljø stressfaktorer som kulde og atmosfærisk ising. Det refereres også til kap. 8 ifm. boreutstyr og BOP funksjon.

9.4.5 Hoved og nødkraft

9.4.5.1 Generelt

IMO MODU code (2009) krever at enhver innretning skal være utstyrt med minst to generatorsett som hovedkilde til elektrisk kraft. Generert kraft fra disse generatorsettene bør være slik at det fortsatt er mulig å sikre behovet for funksjoner som er nødvendige for å opprettholde innretningens normal drift (med unntak av kraftbehovet for boreoperasjoner), hvis en av de to generatorsettene blir satt ut av drift. Det er to kraftforsyningsrelaterte feilsituasjoner som er av interesse, særlig ifm boreinnretninger som skal operere i fjerne områder i Barentshavet sørøst:

- «Dead ship condition»: tilstand hvor hoved framdriftsanlegg ikke er i drift på grunn av tap av den viktigste kilden til elektrisk kraft, og i tillegg i å gjenopprette fremdrift antas det at den lagrede energien for å starte framdriftsanlegget vha. hoved og annen essensiell kraft ikke er tilgjengelig.
- «Black-out»: tilstand hvor hovedkrafts forsyning faller bort.

For boreinnretninger som skal operere i det fjerne Barentshavet sørøst området er det viktig at risikoen til slike feilscenarier minimeres til et så lavt som mulig nivå.

I følge Ptils Innretningsforskrift, § 38 Nødkraft og nød belysning, skal innretninger ha et pålitelig, robust og enkelt nød kraftsystem som sikrer tilstrekkelig krafttilførsel til utstyr og systemer som skal fungere dersom hovedkraften faller ut.

Ved svikt i kraftproduksjon starter innretningens «power system management» utførelse av en forhåndsdefinert logikk for «load sharing / load shedding» basert på hva er nød, essensielle og ikke-essensielle kraftforbrukere. Målet er å kople ut alle ikke-essensielle kraftforbrukere og tilføre kraft til de øvrige så lenge det er mulig. Hvis boreoperasjon er i gang, så bør det være nok kraft for å avslutte boreoperasjonen på en trygd måte. I denne sammenheng er det viktig å identifisere hvilke av kraftkrevende vinteriseringstiltakene skal betraktes som nød, essensielle og ikke-essensielle kraftforbrukere.

Videre iht. IMO MODU code (2009) bør nødgeneratorer være i stand til lett oppstart under kald tilstand i temperaturer ned til 0 °C. Hvis dette ikke er mulig, eller hvis lavere temperaturer trolig vil inntreffe, så bør det vurderes å implementere en oppvarming anordning som kan sikre oppstarten uproblematisk. I utgangspunktet er hoved og nødkraft systemene helt eller delvis bygget inn i skrog og dekk, eller containere / moduler og da er de beskyttet mot været. Utover dette bør følgende problemområder vurderes mht. operasjon i Barentshavet sørøst.

9.4.5.2 Blokkering av luftinntak (for forbrenning og ventilasjon)

Opphopning av snø og is foran luftinntak eller sjøis eksponering kan blokkere luftstrømmen til kraftgeneratorer. Plassering og utforming av luftinntak er meget viktig i å hindre blokkering og inntrenging av vandrdåper i slike maskinerier. Andre tiltak kan være bruk av snøhette / skjerm, vertikalt innløp, overløpskant og drenering i luftinntaket, luftfilter, isolering og varmekabler. Det henvises også til kap. 9.4.6 angående motsvarende problemstilling knyttet til HVAC luftinntak og eksempler på løsninger.



Figur 9-6 Løsninger for å hindre snø/isoppbygging på luftinntaket til hovedgeneratorer (venstre: Luftinntak til generatorer på Pirazlomnaya plattform (ref. Gasprom netside), høyre: vinterisering av luftinntak vha. varmekabler fra Veotec)

Lav lufttemperatur forårsaker også oppstart problemer for dieselmotorer. Dieselmotorer vil ha nytte av en forvarmer mht. vanskeligheter med oppstart.

9.4.5.3 Lav temperatur effekt på diesel

Voksing eller gelatinering er den store utfordringen ved å bruke diesel som drivstoff i miljøer med lave temperaturer. Voks er en viktig komponent i diesel som drivstoff pga. sin høye cetan verdi. Under normale temperaturforhold er voks i væskeform, men hvis temperaturen synker til diesel tåke punkt begynner diesel til å utvikle faste vokspartikler som gir et skyet utseende til

drivstoffet (dette er en krystallisering prosess). For å bøte med dette problemet finnes det en rekke alternativer for å forbedre egenskapene til diesel og senke dens driftstemperaturgrense. Det kan f.eks. utføres ved å tilsette følgende tilsetningsstoffer:

- flytforbedrende tilsetningsstoffer
- Voks anti-sedimenterings tilsetningsstoffer
- Tåke punktnedsettende tilsetningsstoffer
- Avisings tilsetningsstoffer

Det anbefales at «vinterdiesel» brukes for sommeroperasjoner (-25°C) og «Arktisk diesel» i vinterperioden for helårsoperasjoner (-40°C) i Barentshavet sørøst.

Andre tiltak som kan vurderes er følgende:

- Isolering og bruk av varmekabel beskyttelse på dieseltank og diesel rør
- Innbygging / Plassering av systemet i oppvarmet / innelukkede moduler
- Bruk av elektrisk varmer i diesel lagringstank
- Sirkulasjon av diesel

9.4.5.4 Større lagringsplass for diesel

Det forutsettes at diesel forbruket øker parallelt med større behov for krafttilførsel. En slik økning er bl.a. pga. følgende:

- Implementering av omfattende kraftkrevende vinteriseringstiltak
- Utvidet belysning i mørketiden

For å sikre driften av boreinnretninger under alle forhold, både normale og uforutsigbare nødsituasjoner, bør større lagringsplass vurderes for diesel slik at alle kritiske forbrukere kan forsynes i perioden til nytt forsyningsfartøy når innretningen.

9.4.5.5 Kjølesystemer for dieselmotorer

Lukket ferskvann systemer som sørger for kjølingen av dieselmotorer skal være skjermet mot eventuelle frostfarer. Disse som øvrige hjelpesystemer blir ofte plassert i det samme rommet som generatorsetet og tilhørende dieselmotoren med tilpasset oppvarmet romtemperatur. Det er likevel viktig at rommene er vinterisert og ventilasjonssystemer til slike rom greier å opprettholde romtemperaturen over frysepunktet til vann. Bruk av glykol i ferskvannskrets bør rådføres med dieselmotor leverandører.

For å fjerne varme fra ferskvannskrets kan man enten bruke luftkjøling vha. vifter (ofte finnes på landanlegg) eller sjøvann i en ferskvann / sjøvanns varmeveksler (offshore). Ved bruk av sjøvann skal tilførsel av sjøvann til ferskvanns varmevekslere sikres vha. påkrevde vinteriseringstiltak på sjøvannssystemet.

9.4.5.6 Definisjon av nødkraft forbrukere

Både nødkraft og UPS (avbruddsfri strømforsyning) forbrukere utfører viktige og kritiske funksjoner når en nødsituasjon inntreffer om bord på en borerigg eller hvis hovedkraft faller bort. Sære forhold i Barentshavet sørøst bør betraktes når nødkraft og UPS forbrukere defineres for boreinnretninger som skal opererer i det nordligste området i Barentshavet sørøst.

Alle scenarier og uønskede hendelser som krever funksjonaliteten og tilgjengeligheten til nødkraft og UPS forbrukere bør identifisere og evalueres. I denne sammenheng bør avhengigheten som ligger mellom funksjonaliteten til de kritiske systemene og tilgjengeligheten til deres tilhørende vinteriseringstiltak evalueres.

9.4.5.7 Nødllys

Nødllys plassert utendørs kan enten forsynes fra en sentral batteribank, eller fra lokale batterier i lysarmaturen. Lav temperatur kan redusere effekten fra (innebygde) batterier i nødllys armaturer. Moderne lysteknologi generer lite varme og det er da fare for nedising av glassvinduet til lysarmaturer da det ikke er nok varme for å smelte isen. Disse faktorene bør tas hensyn til ifm.

valg av lysarmaturer som skal plasseres utendørs. Følgende er et eksempel på lysarmatur beregnet for lav omgivelsestemperatur.

	Utendørs Ex-e, IP 67 lysarmatur fra Glamox for områder med lav omgivelsens temperatur (helt ned til 41°C) – Lysarmaturer kan ha eksterne eller integrerte nød reservebatterier av NiCd type
---	--

Figur 9-7 Nødllys for operasjon i områder med lav omgivelsestemperatur (ref. <http://glamox.com/gmo/products/explosion-proof-outdoor-2#Description>)

9.4.5.8 Større UPS batteribank

IMO MODU code (2009) krever at innretninger forsynes med en overgangs kraftkilde som har 30 min. kapasitet for å forsyne følgende forbrukere:

- Nødllys
- Internt nødkommunikasjonssystem, (PA/GA)
- Nød og brannalarm signaler
- Lukking av BOP (hvis elektrisk)
- Frakopling fra brønnhode arrangement (hvis elektrisk)
- Kontrollsystemer for BOP, bore og maskinrom kontrollenheter

Hvis det viser seg at UPS forbrukere øker i antall og kraftbehov, så vil det være naturlig at UPS batteribank øker i omfang / antall celler.

9.4.5.9 Utendørs kabler

Elektrisk og instrumenteringskabler brukt utendørs på boreinnretninger som skal opererer i kaldt klima som Barentshavet sørøst skal være av den type som er spesifisert for bruk under lave temperaturer. Kabler med konvensjonell isolasjon blir stive og sprø i intens kulde som kan føre til kortslutning og bortfall av elektrisk kraft. Dette er meget kritisk, spesielt på fjerne steder i Barentshavet sørøst.

Eksempel på kabler som er egnet til lav temperatur bruk:

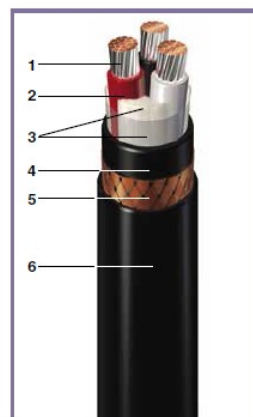
- ICEFLEX® fra Nexans. Kabelen er halogenfri og er beregnet for Marine & Offshore applikasjoner og kan motstå ultra kalde arktiske temperaturer ned til - 50 °C.
- MOR Polyrad XT-125 Marine IEEE 1580 Type P fra General Cable. Tverrbundet Klorerte polyetylen (XL-CPE) - ekstra kraftig arktisk klasse herdeplast jakke med forbedret boreslam motstand med maksimal fleksibilitet og slitestyrke.

Flexible Multi-Conductor Power Armored & Sheathed 600 V/1000 V



Product Construction:

- 1. Conductor:**
 - 8 AWG thru 777 kcmil soft annealed tinned copper flexible strand
- 2. Insulation:**
 - Polyrad® XT-125 Irradiated Cross-linked Polyolefin (XLPO)
 - Color Code: Per IEEE 1580 Table 22
- 3. Cable Core:**
 - Cabled with fillers when required
 - Core binder tape when required
- 4. Jacket:**
 - Black Irradiated Cross-linked Chlorinated Polyethylene (XL-CPE)
- 5. Armor:**
 - Bronze braid 88% minimum coverage
- 6. Sheath:**
 - Mud Oil-Resistant, Black Irradiated Cross-linked Chlorinated Polyethylene (XL-CPE)
- 7. Print:** (Including but not limited to)
 - MOR® POLYRAD® XT-125 (UL) E85994 BR782B 110C XX/C XXAWG --
 - (CSA) LL 9755 SPEC 245/1309 FT4 -40C SR 600/1000 V -- IEC 1 KV 60332.3A
 - IEEE 1580 TYPE P (ETL) 109229 YEAR OF MFG SEQUENTIAL FOOTAGE MARK



Applications:

- Offshore oil and gas drilling platforms, MODUs, ships and FPSOs
- Land-based oil and gas drilling rigs
- Suitable for use in Class I, Division 1 and Zone 1 Hazardous Locations when installed in accordance with API-RP14F

Features:

- Meets NEK 606 mud oil resistance requirements with ester-based muds
- Meets UL 2225 crush and impact requirements of Type MC-HL cables
- Flexible stranding to facilitate ease of cable installation and termination
- Temperature rated @ 125°C for long life, higher ampacities and protection from thermal overloads
- Meets cold bend test at -55°C
- Meets cold impact test at -40°C

Compliances:

Industry:

- API-RP14F
- CSA C22.2 No. 245 Type X110
- IEEE 1580-2010 Type P
- IEC 60092-350
- Mud oil-resistant
- UL 1309 Type X110
- UL Listed 110°C Marine Shipboard Cable

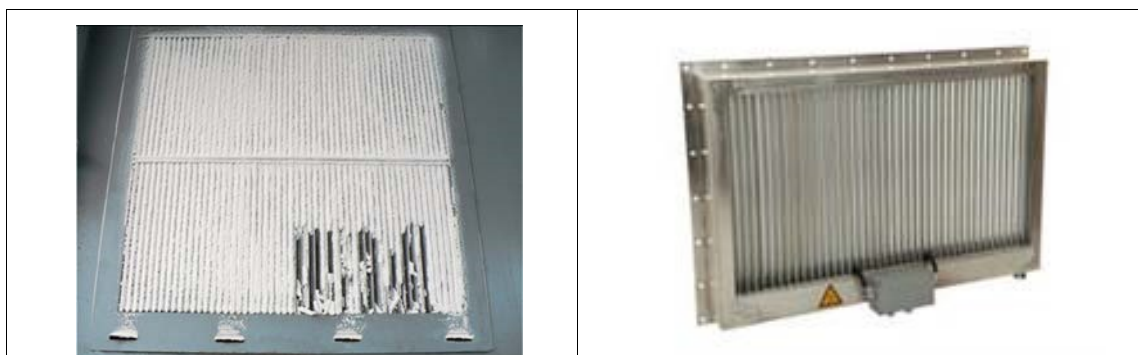
Flame Test:

- IEEE 1202
- IEC 60332-3-22 Cat. A (supersedes IEC 60332-3A)
- CSA C22.2 No. 0.3 FT4

Figur 9-8 Eksempel på utendørs kabel egnet for lav temperatur klima (Ref. General cable catalog "OFFSHORE & ONSHORE RIG CABLES, May 2015")

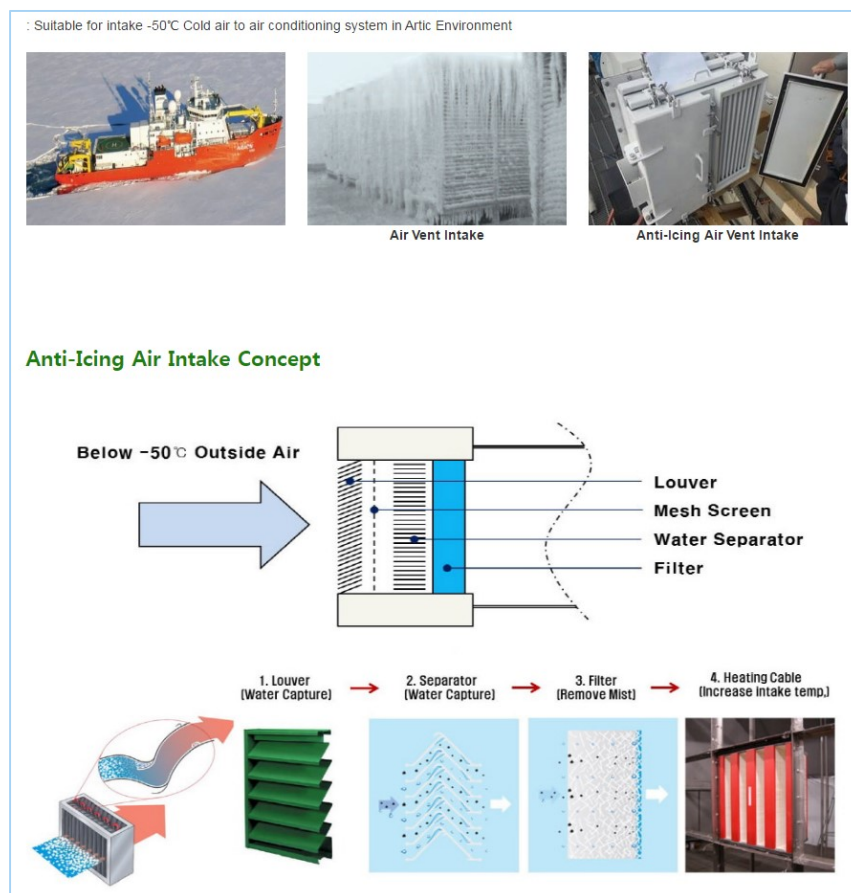
9.4.6 HVAC

Opphopning av snø og is foran luftinntak eller sjøis eksponering kan ødelegge luftfiltre og blokkere luftstrømmen til HVAC aggregatet. Plassering og utforming av luftinntak er dermed meget viktig i denne sammenheng. ColdSep er et produktkonsept som gir et høyt nivå av operasjonell beskyttelse mot isplugg dannelse i ventilasjonsluftinntak, og inntrengning av snø i vintermåned. Produktet inkluderer en effektiv væskeutskiller kombinert med spesielle varmekabler som kan gi opptil 800 watt / ft² av varme for å smelte samlet snø og is.



Figur 9-9 (Venstre) Luftinntak blokkert av snø (høyre) Coldsep fra ENSEPATEC (Ref. <http://www.ensepatec.com/en/products/intake-filtration-systems/coldsep.html>)

Et annet eksempel på luftinntak produkter utstyrt med anti-ising tiltak er fra Kwangsung Co. Ltd som er viset nedenfor.



Figur 9-10 Luftinntak utstyr med antiisning tiltak (ref. <http://www.ikwangsung.com/products/air-ventintake/>)

Meget lave temperaturer på luftstrømmen kan også forårsake problemer for operasjon og funksjonaliteten av typiske HVAC anlegg. Bruk av forvarmer oppstrøms HVAC anlegget kan løse dette problemet.

9.4.7 Passiv brannbeskyttelse

Passiv brannbeskyttelse (PBB) i forskjellige former brukes på både struktur og utstyr for å hindre svikt i deres funksjonalitet under dimensjonerende brannlastar etter kriterier spesifisert i prosjektdokumentasjonen oppkalt «Design Accidental Loads specifications».

Det er en del utfordringer ifm. PBB løsninger brukt i offshoreindustri. Vanninntrenging under PBB og påfølgende Korrosjon særlig under rørisolasjon er meget problematisk. Tettere løsninger, drenering og skjermet plassering kan hjelpe med å redusere omfanget av problemet til en viss grad. Effekten av lav temperatur, store temperaturgradienter, tilstedeværelse av is og bruk av damp for avising kan svekke epoksy baserte PBBer og /eller akselerere tap av deres hefteevne til deres underlag. For tidlig svikt i PBB løsninger under drift, utover det som kan betraktes som den normale aldringsprosessen, kan kreve meget kostbare reparasjoner / fornyelse av PBB systemer.

9.4.7.1 Virkning av lav temperatur på epoksy basert PBB

Epoksy er varmeherdende materiale og består av en to komponentblanding bestående av en prepolymer og et herdemiddel. På grunn av irreversibel herdereaksjonen er herdeplaster stive tredimensjonale kryssbundet plast. Epoksy basert PBB ekspanderer og danner et forkullet belegg når den blir utsatt for brann. Forkullet belegg fungerer som en termisk

barriere mot brann. Epoksy basert PBB har god vedheftings evne til metallsubstrater og den herdede epoksyharpiksen viser stor motstand mot slitasje, fuktighet, termisk sjokk og vibrasjon skader.

I følge ref. [48], har epoksy baserte PBBer en tykkelse som kan være mellom 100 til 200 ganger så stor som andre typiske belegg. Som de fleste tverrbindingssystemer vil det være en netto reduksjon i volumet av belegget under herding eller tørking. Denne sammentrekningen innfører spenning i belegget, noe som øker med beleggtykkelse og tverrbindingdensitet. Sammentrekning og utvidelse av organiske materialer ved temperatursvingninger er større enn metaller. Denne faktoren er kritisk for det organiske belegget som blir påført på metallunderlag som er utsatt for oppvarming og kjøling.

Dersom den indre spenning overskrider adhesjonskraften til underlaget kan belegget avlaste sin indre spenning ved å løsne fra substratet eller sprekke. Ingen av disse utfallene er ønskelige fordi de negativt påvirker på PBBs egenskaper som integritet, holdbarhet og korrosjons- / brannvern.

Ved en bestemt temperatur vil polymer-bindemidlet i belegget passerer sin glass overgangstemperatur. Under denne temperaturen vil belegget oppføre seg mer glassaktig enn elastisk. Det betyr at under glassovergangstemperatur har et belegg tendens til å brette. (Ref. [48])

Epoksy baserte PBBer skal få bestått NORSOK M-501 System 5A1 miljø testprogram for å bli godkjent for bruk på innretninger til havs. Testprogrammet som er akseptert som global offshoreindustri standard simulerer langsiktig eksponering av struktur beleggene fra ekstreme offshoremiljø. Under testprogrammet blir prøver utsatt for akselerert aldring motstand testing utført i henhold ISO 203 408 for 25 sykluser hvor hver enkelt syklus varer en uke (168 h), og inkluderer følgende:

- 72 timer med eksponering for UV og vannkondens i henhold til ISO 115 079
- 72 timer med eksponering for nøytral saltsprut i henhold til ISO 725310
- 24 timer med lav-temperatureksponering ved -20 °C

Det å få bestått denne testen er muligens et tilstrekkelig bevis på at epoksy baserte PBBer kan anvendes på boreinnretninger som skal opererer i sommerperioden i Barentshavet sørøst. I vinterperioden vil temperaturen synke under -20 °C og vil holde seg der mer enn 24 timer. Dette vil bety at en godkjenning iht. NORSOK M-501 er ikke et godt bevis på at PBB belegget vil beholde sin ytelse som passiv brannbeskyttelse under vinterperioden i Barentshavet sørøst. Alternative testmetoder og materialer må vurderes for innretninger som er tiltenkt å operere gjennom hele året i Barentshavet sørøst. Det er viktig at leverandørene av PBB løsninger kan dokumentere at deres produkter vil beholde sin PBB egenskaper under ekstrem kulde i Barentshavet sørøst.

9.4.7.2 Bruk av termisk belegg over PBB

Det kan vurderes å bruke et termisk belegg over PBB belegget for å beskytte det mot de ekstreme lave temperaturer i Barentshavet sørøst. For eksempel, Intertherm® 7050 fra «International» er et termisk isoleringsmateriale som kan opererer i temperaturer ned til -40 °C. Den kan brukes som et lag over Chartek PBB for å beskytte den mot vedvarende ekstremt lave temperaturer.

9.4.8 Aktiv brannbekjempelse

Aktiv brannbekjempelse i soneklassifisert hydrokarbonområder på boreinnretninger er basert på bruk av vann eller vann + skum bl.a. i følgende områder:

- Boreområder
- Brønn test område

- Boreslam område

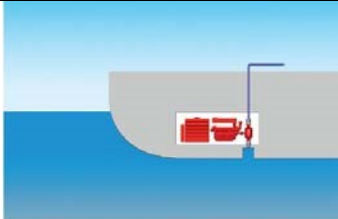
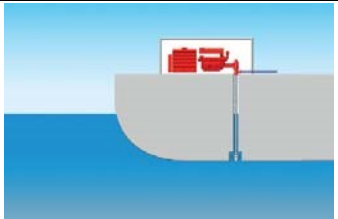
I tillegg brukes vann + skum i følgende områder:

- Helidekk
- Lagringsplass for helikopter drivstoff (Brannbekjempelsessystem for helikopter drivstoffsystem vil bestå av skum, «coaming» og drenering)

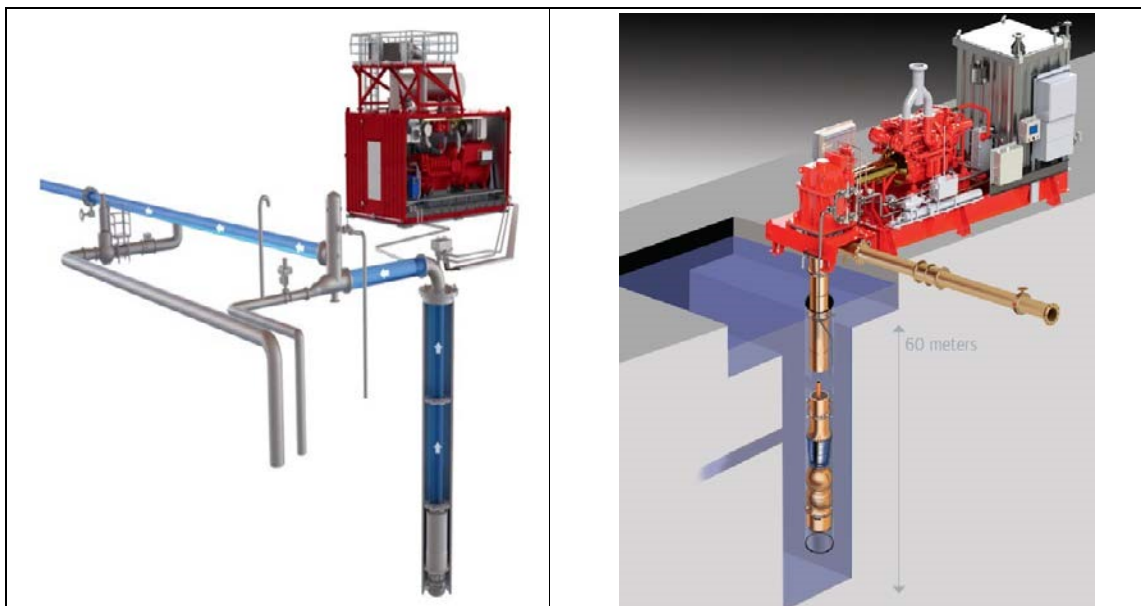
I følge ref. [49] bør i det minste være installert to uavhengig pumper hvor en av dem i det minste skal være dedikert til brannslukningsoppgaver. Brannvanns system på boreinnretninger skal ha tilstrekkelig kapasitet til å forsyne boredekk, brønntestområde eller helidekk med tilstrekkelig mengde. Brannvannssystem på en borerigg består hovedsakelig av følgende elementer:

- Brannvannspumper o Løftpumper o Boosterpumper
- Hoved ringledning
- Isoleringsventiler på hoved ringledning
- Fjernstyrt / manuelle overrislingsventiler
- Overrislingsystemets rørnettverk
- Overrislingsdyse
- Brannvanns kanoner
- Skumanlegg (inkl. pumper, doseringsenhet, aktuerte ventiler) □ Hydranter

Noen eksempler for brannvanns pumpeløsninger for halvt nedsenkbare boreinnretninger og boreskip fra leverandørene Eureka og Framo er vist nedenfor. Generelt er pumpepakker med deres tilhørende hjelpeutstyr godt beskyttet fra vær og vind for løsninger der pumpene blir plassert i et rom i skroget så vel som for løsninger hvor hele pumpepakken blir plassert i en container med uavhengige utstyr for brann & gass deteksjon, ventilasjon, oppvarming, belysning, osv.

		
Direkte dieseldrevet tørr montert pumpe	Direkte dieseldrevet dyp brønn pumpe med vinkel girkasse med caisson	Diesel elektrisk drevet tørr montert pumpe

Figur 9-11 Brannvanns pumpeløsninger for halvt nedsenkbare boreinnretninger og boreskip fra Eureka (ref. EUREKA FIRE WATER PUMP SYSTEM brosjyre)



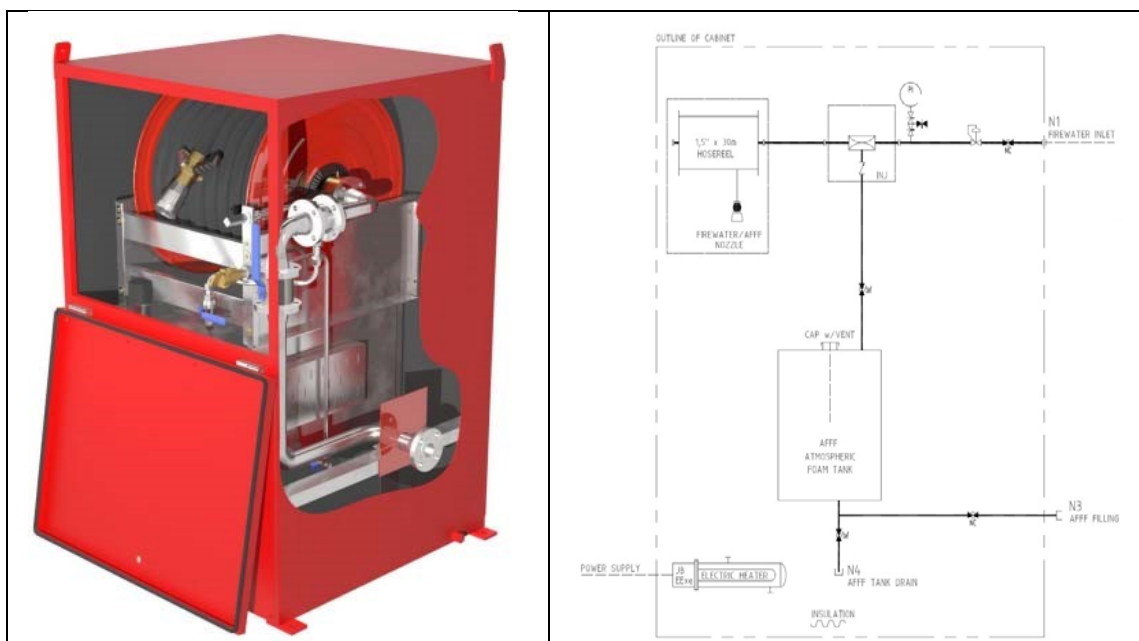
Figur 9-12 Eksempel på pakkeløsninger for brannvannspumper, (venstre) Framo diesel elektrisk brannvanns pumpesystem, (høyre) Eureka direkte dieseldrevet dypbrønn brannvanns pumpesystem med vinkel girkasse

9.4.8.1 Vinteriseringstiltak

Sjøvannsfrysepunkt er lavere enn ferskvann pga. saltinnholdet og avtar med økende saltholdighet. For at overrislingssystemet, vannkanoner, osv. kan fungere under klimaforholdene i Barentshavet sørøst forventes det at flere av følgende vinteriseringstiltak vurderes under prosjektering eller modifikasjoner på boreinnretninger:

- plassering av drivenhet for brannvannspumpe (diesel motor) / generator i innelukkede, oppvarmede områder / containere
- eliminering av lommer eller «dead legs» / bruk av selvdrenerende røropplegg
- opprettholdelse av minimum strømning gjennom ringledning / kontinuerlig lavt turtall drift av brannvannspumpe (minimum strømning)
- bruk av isolering og varmekabler på forgrenings- / stigerørene fra ringledning opp til overrislingsventiler for å hindre frysing av stillestående vann
- bruk av elektriske varmere inne i skumtank
- bruk av oppvarmede kabinetter / «enclosure» ifm. overrisling skid og trykk og flow transmittere (se eksemplet i figuren under)
- isolering og bruk av varmeelementer i brannvannstanker for å hindre frysing i sjøvannstanker og neddykkede brannvannspumper hvis slike pumper er brukt
- bruk av kjemikalier som hindrer frysning men er ufarlige for mennesker og ikke medfører forurensing bør også vurderes (Ref. [50])

Det forutsettes her at det ikke er noen risiko for at f.eks. is blokkerer boreinnretningens skipskiste (sea chest).



Figur 9-13 FPE FHR-02 – Slangetrommel med elektrisk varme og skumtank (ref. <http://alignspe.inbusinessclients.no/>)

9.4.8.2 Skum egnet til lav temperatur

Skum som skal brukes ifm. brannslukning må være egnet til lave temperaturer. I tabellen under er det listet produkter som bør vurderes for bruk i skumsystemet på boreinnretninger i Barentshavet sørøst:

Tabell 9-4 Skum egnet til lav temperatur

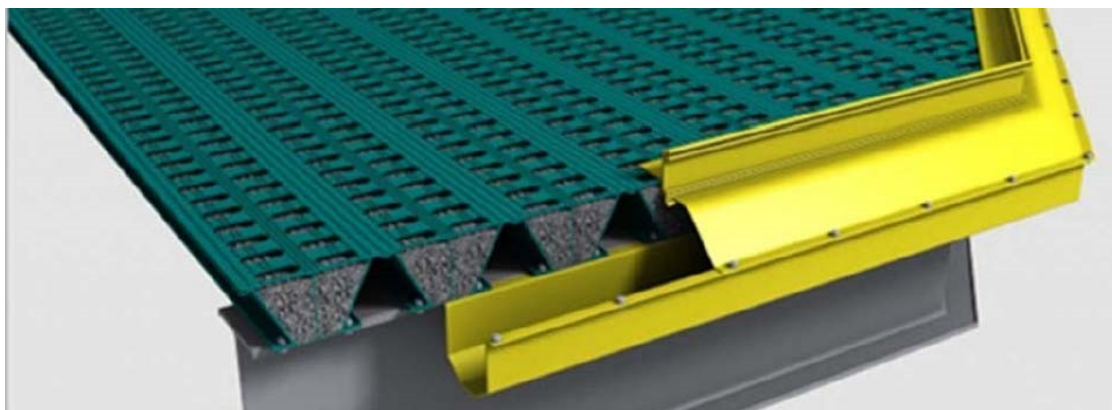
Navn (Fabrikant)	beskrivelse	Frysepunkt
RE-HEALING™ RF3, 3% FOAM CONCENTRATE (Solberg)	Miljømessig bærekraftig fluorsurfaktant og fluorpolymer fritt skumkonsentrat effektiv i å slukke klasse B hydrokarbon branner og brann i polare løselige drivstoff ved 3% oppløsning	-18° C
ARCTIC™ 3% FP AFFF foam (Solberg)	Frostbeskyttet (Freeze Protected (FP)) syntetisk skumkonsentrat effektiv i å slukke klasse B hydrokarbon branner	-29° C
ARCTIC™ 1X1% LV ATC foam (Solberg)	Lav viskositet (LV) syntetisk, alkoholresistent og frostbeskyttet skumkonsentrat effektiv i å slukke klasse B hydrokarbon branner og brann i polare løselige drivstoff ved 1% oppløsning	-15° C

I følge Ptils aktivitetsforskrift skal operatøren sørge for at kjemikalier som skal brukes eller slippes ut fra petroleumsvirksomheten på kontinentalsokkelen er testet med hensyn til iboende økotoksikologiske egenskaper. Videre skal kjemikalier som brukes i forbindelse med offshore virksomhet i det OSPAR maritime området i Nord-øst Atlanteren være utstyrt med dokumentasjon iht. HOCNF.

Perfluorochemicals (PFC) er en familie av syntetiske kjemikalier som har blitt brukt i flere tiår for å produsere brannsluknings skummer. PFC er svært stabile kjemikalier som ikke brytes ned i naturen. Studien har ikke identifisert brannslukningsskum som kan oppfylle både miljøkravet om at skummet ikke skal inneholde flourholdige sammensetninger og motstå omgivelseslufts temperaturer under -20 °C.

9.4.8.3 Helidekk brannslukningssystem

Ifølge CAP 437 er bruk av sjøvann uten skum i DIFF systemet akseptert når det brukes sammen med et passivt brannhemmende system. Ett eksempel på passivt brannhemmende system er «XE Enhanced Safety helideck». Den fungerer på den måten at den tillater brennende drivstoff og passerer raskt gjennom et tettpakket lag av "Explosafe®" aluminium nett som hindrer at oksygen kommer i kontakt med brennende brensel og dermed forårsaker hurtig varmespredning og slukning av brannen.



Figur 9-14 Helidekk med tettpakket lag av "Explosafe®" aluminium nett (ref. <http://www.aluminiumoffshore.com/xe-enhanced-safety-helidecks/>)

Det forventes at brannvanns kanoner på helidekk er varmeisolerert og er i stand til å utføre deres funksjon ved behov. Slike brannvannskanoner er ofte utstyrt med dyser som er i stand til å sprute vann i flere forskjellige former f.eks. spray, jett eller tåke. Ved spray eller tåke er det fare for at små vandrdåper fryser i luften ved ekstremt lave temperaturer og skaper problemer i brannslukningen. Det må utføres forsøk for å klargjøre størrelse på dyser som ikke fører til slike problemer i kaldt klima.

9.4.8.4 Frysing av brannvann i kulde etter utendørsanvendelse

Brannvann kan fryse etter anvendelse hvis omgivelsestemperatur er tilstrekkelig lav. Dette kan skape alvorlige problemer for flytende boreinnretninger ift. stabilitet, tilkomst og ventilasjon. Bildet i figur 9-5 viser en varehusbrann i Byen Chicago i 2013 som illustrerer problemstillingen godt. Det å slukke brann med vann i kuldegrader kan i verste fall fører til ustabilitet og kantring/synking av et offshore fartøy / innretning.



Figur 9-15 Varehus brann i Chicago i 2013 (ref. <http://metro.co.uk/2013/01/25/gallery-chicagowinter-warehouse-fire-2013-3366512/>)

Erfaringer fra landanlegg i Norge viser at denne problemstillingen vil være aktuelt når temperaturen synker under $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ref. [51]). I følge Meteorologisk Institutt vil ising fra sjøsprøyt kunne forekomme når lufttemperaturene er under $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ og vindhastigheten er større enn 11 m/s (ref. [26]).

Følgende aspekt bør vurderes i brannsituasjoner hvor omgivelsestemperatur er under sjøvanns frysepunkt og overflatetemperatur på innretninger har sunket under kuldegrader:

- Hydrokarbon brann i f.eks. brønntest området: Det må vurderes om kjemikalier som tilsetningsstoffer kan brukes for å senke frysepunktet til brannvann.
- I tillegg bør testing av brannvannssystemet utføres i perioder i året som har minst mulig sannsynlighet for frysing av brannvann på dekk eller i dreneringssystemet.

9.4.9 Eksplosjons avlastningspaneler og trykkavlastningsventiler

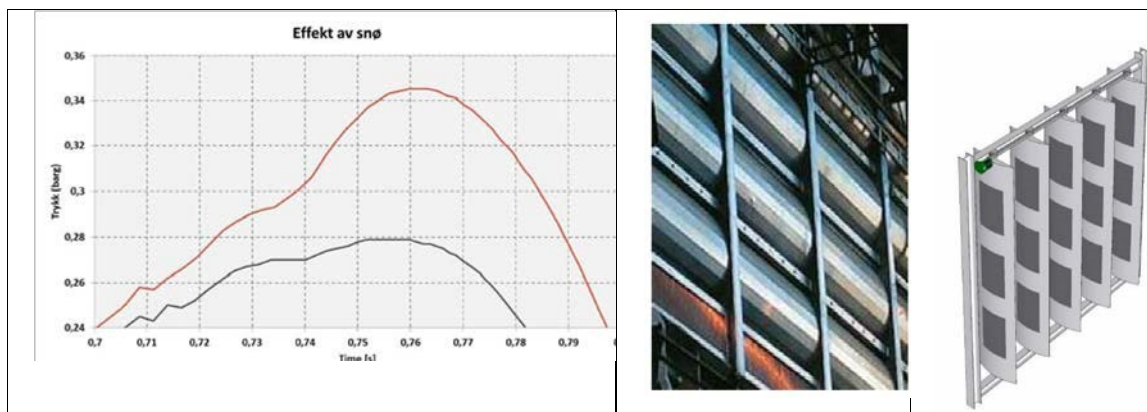
9.4.9.1 Eksplosjons avlastningspaneler

For å skape akseptabelt arbeidsmiljø for arbeiderne på boredekk og andre værutsatte områder på en boreinnretning vil det være fornuftig å vurdere bruk av eksplosjonspaneler som hindrer luftstrømmen gjennom området i lukket posisjon og reduserer / eliminerer effekten av vindfaktor på arbeiderne. Om en eksplosjon inntreffer i det innelukkede området, så vil panelene ventilere eksplosjonsgassene avhengig av paneltype som blir valgt.

For å yte minst mulig motstand ved ventilering av eksplosjonstrykk / -bølge bør eksplosjons avlastningspaneler ha tilstrekkelig lavt åpningstrykk og kort åpningstid. Videre må avlastningspaneler plasseres slik at de kan åpner uten å bli hindret av strukturelementer eller utstyr på utsiden.

Nedising og opphoping av snø på eksplosjons avlastningspaneler kan føre til økt eksplosjonstrykk siden nedising skaper større åpningsmotstand. Effekten av is og snø opphoping på eksplosjon avlastningspaneler er omhandlet i ref. [52].

Figur 9-16 fra ref. [52] viser hvordan opphoping av snø på paneler kan forårsake økning på varigheten til trykkimpulsen og størrelsen på eksplosjonstrykk. Figuren viser også ideen om aktive eksplosjon avlastningspaneler som åpner automatisk ved gassdeteksjon for å gjenopprette naturlig ventilasjon gjennom innelukkede områder. Slike aktive paneler er svært i å redusere eksplosjonsrisiko, men det forutsettes at de kan holdes i sikker drift under arktiske forhold. Det refereres videre til ref. [52] for diskusjonen om ytelseskrav for aktive eksplosjonspaneler.



Figur 9-16 (Venstre) Trykkutvikling for eksplosjon med (oransje) og uten (grå) snø på eksplosjonspaneler, (midten) «pop-out» eksplosjonspaneler, (høyre) aktive paneler i åpen stilling. De mørke feltene i midten er eksplosjonspaneler (Ref. [52])

Under normale forhold vil slike paneler blåse ut eller åpne avhengig av deres design. Ved temperaturer under design temperatur og rask trykkoppbygning er det fare for sprøbrudd og segmentering / knusing av panelene. Dette er ugunstig mht. tilleggs risiko fra eventuelle prosjektiler. For sommeroperasjon anbefalers MDT på -20°C og for vinter -40°C.

9.4.9.2 Trykk avlastningsventiler

Trykkavlastningsventiler (Pressure Safety Valve (PSV)) som er en barriere mot overtrykk brukes i flere systemer på boreinnretninger. Trykk avlastningsventiler blir bl.a. brukt i følgende systemer:

- Hydraulikksystem
- Trykkluftsystem
- Boreslam system
- Sement system
- Slamsystemet
- Brannvannssystem

Nedising av trykk avlastningsventiler kan hindre dem i å utføre deres oppgave under overtrykk scenarier. Funksjonaliteten til fjærretur og pilot-opererte ventiler kan påvirkes av nedising og lav temperatur. Bruk av varmekabler og plassering i skjermet område kan hindre nedising og effekten av lav temperatur.

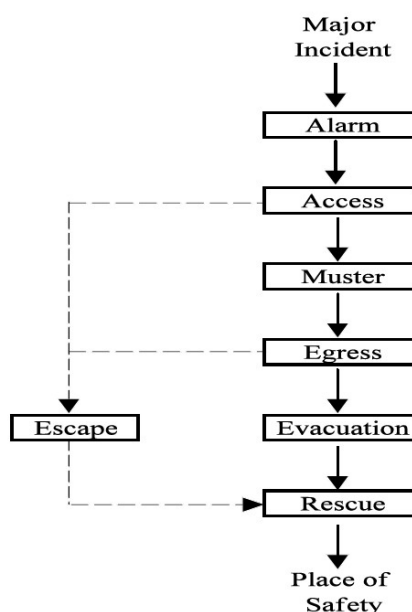
9.4.10 Drenering

Lav temperatur kan føre til isdannelse og nedfrysing av væske fylte dreneringsrør/ -kammer og vannlås i dreneringssystemer. Snø og is kan tette sluket til dreneringssystemet. Blokkerte dreneringsrør kan medføre oversvømmelse og ising på plattform dekket og utslipp av farlige stoffer overbord. Varmekabler er et velkjent vinteriseringstiltak og vil avhjelpe denne problemstillingen. Det refereres også til kap. 8 ifm. drenering fra boreområder.

10. BEREDSKAPSSYSTEMER

10.1 Innledning

Som en del av konsekvensrelaterte risikoreduserende tiltak / barrierer har beredskapsfunksjoner meget viktige roller i å beskytte mennesker under ulykker. Overlevelse av personell om bord på en boreinnretning i en ulykke beror bl.a. på en velfungerende plan for beredskapsfunksjonene, rømning, evakuering og redning (Escape, Evacuation, Rescue (EER)). Følgende flytdiagram fra ref. [53] viser sekvensen av forskjellige faser av EER etter en ulykke:



Figur 10-1 Sekvensen av forskjellige faser av ERR etter en ulykke (ref. [53])

Følgende definisjoner gis i ref. [53]:

- **Alarm:** Deteksjonssystem advarer om en farlig tilstand. Kontrollroms operatører vurderer om det er en nødsituasjon og initierer nødrespons prosedyren. Ved hjelp av PA systemet og aktivering av alarm blir personellet informert om nødsituasjonen.
- **Tilsprang:** Personalet blir klare over at de skal forlate sitt arbeidsområde. De flytter ut av områder i umiddelbar nærhet til faren.
- **Mønstring:** Personellet samles i et utpekt mønster / tilflukts område.
- **Utreise:** Personalet flytter seg over til helikopterdekk eller til en Livbåt ombordstigningsområde for å avvente kontrollert ombordstigning
- **Evakuering:** refererer til den planlagte metoden for å forlate installasjonen uten behov for å gå i sjøen. Vellykket evakuering resulterer i at POB på boreinnretning overføres til land eller til et trygt offshore fartøy. Generelt betraktes helikoptertransport, livbåter og rømningsstrømper med tilhørende redningsflåter som primær, sekundær og tertiær evakueringsmiddel
- **Rømning:** refererer til prosessen med å forlate en offshore-installasjon i en nødsituasjon når hele eller deler av evakueringsystemet har sviktet. Dette kan

innebære at POB på boreinnretning ikke behøver å gå i sjøen som siste utvei for å komme vekk fra hendelsen.

- **Redning:** refererer til prosessen for å plukke opp og bringe tilbake mann overbord (MOB) til et trygt sted der medisinsk hjelp er tilgjengelig.

Petroleum tilsynets Innretningsforskrift, ref. [46], § 44, krever at personell på innretninger skal kunne evakueres raskt og effektivt til et sikkert område under alle værforhold. Valg av evakueringsmidler, plassering og beskyttelse av disse skal baseres på de definerte fare- og ulykkessituasjonene (DFU). Som evakueringsmidler for evakuering til sjøen kan det brukes frittfall-livbåter, supplert med redningsstrømper og tilhørende redningsflåter.

I følge ref. [54] danner DFUer grunnlaget for etablering av virksomhetens beredskapsplan og inkludere følgende hovedkategorier:

- Dimensjonerende ulykkeshendelser bestemt ut fra kvantitative risikoanalyser (brann, eksplosjon, sammenstøt, osv.)
- Ulykkeshendelser av mindre omfang (arbeidsulykker, mann over bord, osv.)
- Situasjoner med midlertidig økning av risiko (skip på kollisjonskurs, drivende gjenstander, osv.)

Følgende er noen relevante DFUer som bør vurderes for boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst:

- Utblåsning
- Svekket stabilitet / stor krenkning
- Ekstremt værforhold
- Helikopterstyrt på boreinnretning
- Drivende isfjell, sjøis
- Bortfall av hovedkraft
- Tap av posisjonering pga. kritisk svikt i forankeringsystem
- Tap av posisjonering pga. Kritisk svikt i DPS
- Bortfall av framdrift
- skip på kollisjonskurs

I følge § 5. i Sjøfartsdirektoratets forskrift om evakuerings og redningsredskaper på flyttbare innretninger, ref. [55], skal det utføres en evakueringsanalyse som skal baseres på innretningens dimensjonerende ulykkeshendelser. Evakueringsanalysen skal demonstrere at under en hvilken som helst ulykkeshendelse er rømningsveier, midlertidig oppholdssted, mønstringsstasjoner og redningsredskaper arrangert slik at:

- a) alle personer om bord kan evakueres med livbåter i løpet av **15 minutter** under alle værforhold. Tiden regnes frem til livbåtene er sjøsatt og frigjort;
- a) redningsflåtene er hensiktsmessig plassert for alternativ evakuering;
- b) et tilstrekkelig antall personlige redningsredskaper er tilgjengelige for bruk både til redning og for sjøveisevakuering.

10.2 Sommeroperasjon

Sommeroperasjon ifølge kap. 5 i denne rapporten er tidsperioder i året når boreinnretninger med en design service temperatur (vinteriseringstemperatur) t_w på -15°C har tilstrekkelig robusthet for trygd boreoperasjon i Barentshavet sørøst. Det er forutsatt at temperaturen vil nå -15°C i denne perioden, mens vind, storm og bølger er generelt som i Nordsjøen eller mildere enn vinterperioden i Norskehavet. Det forutsettes også at i tidlig og senfase av sommerperioden kan man se nedbør i form av snø eller atmosfærisk ising med følgende nedising av utstyr eller snø- og isopphoping.

10.2.1 Generelle betraktninger

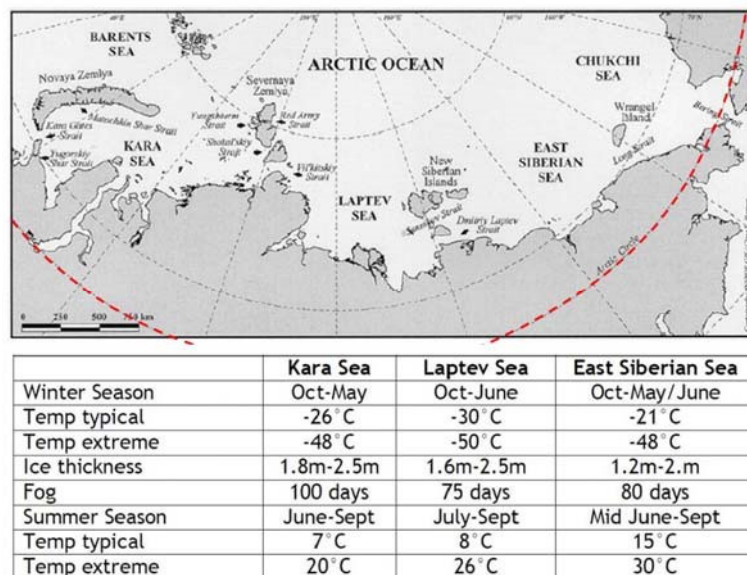
For å imøtekomme kravene nevnt i ref. [46] og [27] ifm. operasjon av boreinnretninger i Barentshavet sørøst bør bl.a. følgende faktorer tas i betraktning slik at tilgjengeligheten til beredskapsfunksjoner / -utstyr under alle vær og beliggenhetsforhold kan sikres:

- I. Introduksjon av tilstrekkelig robusthet i utforming og materialvalg mht. dimensjonerende laster, miljøfaktorer, redundans, kapasitet, osv.
- II. Implementering og opprettholdelse av tilstrekkelig vinteriseringstiltak
- III. Vedlikeholdsprogram med hyppigere / værbasert inspeksjonsregime for å sikre funksjonsdyktigheten til beredskapsfunksjoner - Bruk av hyppigere testregime for å sikre at mannskapet kan oppdage svikt eller bortfall av barrierene tidlig før en uønsket hendelse inntreffer under ekstreme værperioder
- IV. Riktig preservering av utstyr når beredskapsutstyret ikke er i bruk

10.2.2 Velegnetheten til evakueringsmidler under påvirkning av forskjellige miljøfaktorer i arktisk område

Ref. [34] vurderer og beskriver eksisterende rømnings-, evakuerings- og redningssystemer for både faste offshore installasjoner og fartøyer som opererer i det Arktiske farvannet. I tillegg forslår referansen alternative konsepter basert på fremtidige isforhold hvor det er aktuelt, samt identifiserer krav som eventuelt bør justeres for å ta hensyn til de sære forholdene i Arktis.

Som figuren under og dens tilhørende tabell indikerer har områder vurdert i Ref. [34] mer ekstreme væreforhold ift. Barentshavet sørøst. Så lave temperaturer eller tilstedeværelse av permanent havis er ikke realistisk for Barentshavet sørøst, men allikevel vurderes referansen som relevant siden den kartlegger en del problemstillinger som har likehetstrekk med forholdene i Barentshavet sørøst.



Figur 10-2 Ekstreme værforhold for havområdene i Nordishavets rute i Polarsirkelen (ref. [34])

Tabell 10-1 oppsummerer vurderinger utført i ref. [34] mht. velegnetheten til evakueringsmidler under påvirkning av forskjellige miljøfaktorer i arktisk område. Fargene brukt i tabellen har følgende betydning:

	Ikke egnet
	Egnet men med bestemte forbehold
	Egnet

Tabell 10-1 Velegnetheten til evakueringsmidler ifm. miljøfaktorer i arktisk område

	Helikopter	Fritt fall livbåt	Lårelivbåt	Redningsflåte (note7)
Sterk vind > 60 knop	(note 1)			
Høye bølger / store bevegelser	(Note 2)			
Tåke-dårlig sikt	(Note 3)			
Lav temperatur		(Note 5)	(Note 5)	(Note 5)
Nedising	(Note 7)	(Note 4)	(Note 4)	(Note 4)
Drivis				(Note 4)
Sjøis (Note 6)				

Notater:

- 1- Vindhastighetsgrensen for et helikopter som skal operere på et helikopterdekk er ca. 55 til 60 knop (28 til 31 m/s), men normalflyging kan utføres ved vindhastigheter med vindkast på opptil 60 knop (ref. [34]). (1 knop (nautisk mil) = 1852 m pr. time). Vindstyrke m/ kast opp til 60 knop er i henhold til kravene i ref. [56], men referansen tilføyer at ifm. nødssituasjoner hvor liv og helse står på spill må landing på helikopterdekk vurderes ift. vindforholdene i hvert enkelt tilfelle.
- 2- Operasjonelle begrensninger ifm. helidekk bevegelser er iht. ref. [57]

Tabell 10-2 Operasjonelle begrensninger ifm. helidekk bevegelser (ref. [57])

AIRCRAFT CATEGORY	HELIDECK CATEGORY												
CATEGORY		1				2				3			
		P/R	INC	H/R	H/A	P/R	INC	H/R	H/A	P/R	INC	H/R	H/A
HEAVY	DAY	±3	3.5	1.3	5.0	±2	2.5	1.0	3.0	±2	2.5	1.0	3.0
	NT	±3	3.5	1.0	4.0	±2	2.5	0.5	1.5	±1	1.5	0.5	1.5
MEDIUM	DAY	±4	4.5	1.3	5.0	±3	3.5	1.0	3.0	±3	3.5	1.0	3.0
	NT	±4	4.5	1.0	4.0	±2	2.5	0.5	1.5	±1.5	2.0	0.5	1.5

Key:

P/R = Pitch and Roll (deg); INC = Helideck inclination (deg); H/R = Heave Rate (m/s); H/A = Heave Amplitude (metres) i.e. peak to trough distance.

- 3- Normale operasjoner krever et minimum skybase på 200 til 300 m og en horisontal sikt på 900m.
- 4- Fare for skade på utstyr hvis kollisjon mot is forekommer
- 5- Forutsetter tilstrekkelig vinterisering av livbåt og redningsflåte pakker
- 6- Sjøis med konsentrasjoner under 3/10 (30%)
- 7- Ref. [56] krever at helikoptere som opererer ut fra basen i Bergen eller baser nord for Bergen skal være utstyrt med avisingsutstyr i perioden fra 1. sep. - 1. mai. Det forutsettes at alle rotorene til helikoptre som opererer i Norge er utstyrt med avisingsutstyr.

Med hensyn til redningsoperasjoner vha. fartøy og helikopter under forsvarlig værforhold har ref. [58] følgende retningslinjer mht. operasjonen av MOB båt (eller FRC (Fast rescue Craft)), redningsfartøy (ERRV) og helikopter, samt betingelser for arbeid over åpen sjø:

- Forsvarlig grense for arbeid over åpen sjø: liten kuling (vindstyrke 6)
- Forsvarlig grense for bruk av MOB båt: stiv kuling (vindstyrke 8)
- Helikopter ikke tillatt å starte rotor: stiv kuling (vindstyrke 8)
- Sikkerheten til personellet til redningsfartøy har første prioritet ifk- alle andre operasjoner: Sterk storm (vindstyrke 11)

Tabell 10-3 Retningslinjer mht. forsvarlig operasjon av MOB båt, redningsfartøy og helikopter, samt betingelse for arbeid over åpen sjø ref. [57]

Offshore Conditions Assessment					Indicative Working Criteria			
Beaufort Scale	Wind Speed (kts.) 10m. Level	Wind Speed (kts.) 100m. Level	Sig. Wave Ht. (m.)	Max. Wave Ht. (m.)	Sig. Wave Ht. Limits (m.)	ERRV Operations Ref. Notes 1, 2, 3 & 6.	Flying Operations Ref. Notes 2, 4, 5, & 6.	Overside Operations Ref. Notes 1, 3, & 6
5 (Fresh breeze)	17 - 21	22 - 27	2.0	2.5		No limitations	No limitations	No limitations
6 (Strong breeze)	22 - 27	28 - 35	3.0	4.0	3.5	Limit for normal operation of FRC	No limitations	Overside work limit
7 (Near Gale)	28 - 33	36 - 43	4.0	5.5		Emergency operation of FRC only.	No limitations	
8 (Gale)	34 - 40	44 - 52	5.5	7.5	5.5	Limit for emergency operation of FRC.	Aircraft not to engage rotors (45 knots).	
9 (Strong Gale)	41 - 47	53 - 61	7.0	10.0	7.0	Limit for use of mechanical recovery aids.	60 kts. on helideck, 7m. sig. wave ht. Routine flying suspended.	
10 (Storm)	48 - 55	62 - 71	9.0	12.5		No longer good prospect of rescue from sea		
11 (Violent Storm)	56 - 63	72 - 82	11.0	16.0		Safety of ERRV takes precedence over all other operations		
12 (Hurricane)	64+	83+	14.0					

10.2.3 Virkningen av Barentshavets miljø- / geografiske forhold på beredskapssystemer

Tabell 10-4 gir en oversikt over viktige sårbare aspekter i utforming av beredskapssystemer som kan påvirkes av Barentshavets miljø- / geografiske forhold i sommer perioden. Det understrekes her at det forutsettes at i tidlig og senfase av sommerperioden kan man få nedbør i form av snø eller atmosfærisk ising med følgende nedising av utstyr eller snø isopphoping:

Tabell 10-4 Aspektene i utforming av beredskapssystemer som kan påvirkes av Barentshavets miljø- / geografiske forhold i sommer perioden

	Sårbare design / tekniske aspekter	Bemerkninger
1	PA feltutstyr	PA feltutstyr i utendørsområder skal være skjermet slik at nedising / snø opphoping ikke redusere ytelsen fra høyttalere. Sterk vind og støy skapt av uvær kan medføre reduksjon i ytelsen fra PA høyttalerne. Høytalerenes effekt, plassering, antall og værbeskyttelse må vurderes.
2	Rømningsveier , rekkverk, trapper, osv.	Væreksponte rømningsveier trenger vinterisering i form av helling, drenering, varmekabler for å hindre isdannelse, snø og isopphoping.
3	Materialvalg	Materialvalg mht. beredskapsutstyr bør være slik at støtte-/bærestrukturen og materialet til utstyret har tilstrekkelig motstand mot sprøbrudd i den oppgitte design temperaturen.
4	Smørolje system	Smørolje system og smøroljen som blir brukt i livbåtsmotorer skal være egnet til å fungere i den oppgitte temperaturen. Bruk av motor forvarmer vil være gunstig for oppstart. Dette er ofte standard på nye livbåter.

	Sårbare design / tekniske aspekter	Bemerkninger
5	Hydraulisk system	Hydraulisk pumpe og hydraulikkoljen som brukes til utløsning / nedlåring arrangementet skal være egnet til å fungere i den oppgitte design temperaturen.
6	Drivstoff for livbåten dieselmotor	Drivstoff for livbåten dieselmotor lagret i båten dieseltank skal være egnet til å fungere iht. den oppgitte design temperaturen.
7	Livbåten sprinkler system	Sprinkler system til livbåter er beregnet til å beskytte båten i tilfelle brann på sjøen. Systemet består av innløpsventil, pumpe, rørverk og dyser. Ved lav temperatur er det fare for frysing i rør og dyser. Stabiliteten til livbåt kan også være i fare hvis utilsiktet utløsning av vann fryser på skroget til livbåten.
8	Sklirammer til Fritt fall Livbåter	Fritt fall livbåter støttes av en stålstruktur med tilhørende sklirammer. Det er fare for ising på glidebanen til værutsatte fritt fall livbåter og derfor må de byggs inn / beskyttes.
9	Kabler	Værutsatte Kabler skal være av den type som er spesifisert for bruk under design temperaturer.
10	Livbåtsbatterier	Lav temperatur kan redusere effekten fra batterier. Det er viktig med å blåse tørr / varmluft i livbåten. I noen modeller er livbåten utstyrt med et tilkoblingspunkt og et distribusjonssystem for tørr / oppvarmet luft fra riggen. Luft distribueres i livbåten og blir så tvunget til å komme ut gjennom overtrykksventiler på styringstårnet og inngangsdørene. Det er hurtigutkobling av lufttilførselen akter på båten, ved ombordstigningsluken. Når båten begynner å skli ned, blir tilkoblingen frigjort og forseglet automatisk.
11	Vinsjer, løfteutstyr	Vinsjer, løfteutstyr og bevegelige mekaniske deler som er vær utsatte kan kile seg fast hvis de blir eksponert til snø og isophopping. Vinterisering / skjerming av alle slike værutsatte deler må vurderes for hver innretning med hensyn til eksponering.
12	Helikopter flygning hindret pga. uvær	Sterk vind, tykk tåke, snø og uvær generelt kan hindre helikopter flygning ved nødsituasjon og utsette søk og redningsoperasjoner.
13	Helikopter operasjonelle natt begrensninger	I følge ref. [56] skal det ikke planlegges for operasjoner under nattforhold på store skip med ett skrog (monohull) med helidekk foran (kategori 1). Unntaksvis kan landinger gjennomføres under nattforhold, men da skal skipet dreies ut av vinden minimum 30 grader slik at piloten kan få gode visuelle referanser til skipet for landing.
14	Helikopters drivstoffs kapasitet	Lang avstand fra helikopterbasen på land kan kreve mellomlanding for drivstoff påfylling for å øke helikopterets rekkevidde. I følge ref. [56] skal helikoptrene alltid bringe med seg tilstrekkelig drivstoff til å nå land med påkrevde reserver.
15	Kollisjon mellom fritt fall livbåt og isfjell, drivende sjøis	Utløsning av fritt fall livbåt i situasjoner hvor det er fare for tilstedeværelse av isfjell, drivende sjøis skal unngås. Fritt fall livbåter er ikke konstruert for å håndtere kreftene fra et sammenstøt med drivende sjøis.

10.3 Helårsoperasjon

Boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst bør ha et vinteriseringsnivå som kan håndtere kulde i vinterperiode, så vel som store mengder av snø og is. Alle punkter som er listet opp under kap. 10.2 for sommeroperasjon er også gjeldende for innretninger som skal operere gjennom hele året i dette området. Imidlertid skal man ta hensyn til at i vinterperioden er klimaet barskere. I forbindelse med vinteriseringstiltak skal løsninger håndtere større nedbør mengder og en design service temperatur (vinteriseringstemperatur) t_w på $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

10.4 Beredskapssystemer / -funksjoner med behov for vinterisering

10.4.1 Rømningsveier

Værekspoonerte rømningsveier skal holdes snø og isfritt gjennom hele året vha. passende vinteriseringstiltak som passende fall med drenering, varmekabel (antiising), damp og kjemikalier (avising). Bildet under fra ref. [25] viser at det ikke er noe tegn på snøopphoping på vinteriserte rømningsveier. Det refereres også til kap. 7.2.2 i denne rapporten.



Figur 10-3 Mindre snømengder på dekket til Transocean boreinnretning i Barentshavet – intet tegn på snøopphoping til (Ref. [25])

10.4.2 Helikopter

I offshore sammenheng er helikoptertransport relevant ifm. rotasjon av mannskapet om bord, medisinsk evakuering, og evakuering til sikkert område i nødsituasjon. Forekomst av karakteristiske vær fenomener i Barentshavet bør vurderes nøye ifm. sikkerheten til lufttransport mellom land og offshore anlegg, særlig ifm. de nordligste områdene. Barentshavet sørøst er et stort område og rekkevidden til de typiske offshore helikoptertyper er ikke tilstrekkelig til å dekke tur /retur så vel som søk og redning operasjoner for de fjerneste delene av dette området. Ekstra drivstofftanker, påfylling vha. mellomlanding på andre installasjoner opprettet temporært inntil flere felt i området er etablert, samt bruk av andre helikoptertyper med ekstra lang rekkevidde bør vurderes hvis det skal være mulig å dekke hele området vha. helikopter flygninger. Det refereres til kap. 14.2.8 i denne rapporten for ytterligere informasjon og data om helikoptertyper Sikorsky S-92 og Eurocopter AS332 L1 Super Puma.

Følgende funksjoner / systemer er av stor betydning for å beskytte elikopterne mot nedising under flygning i Barentshavet sørøst:

- Is deteksjon system for å detektere isdannelse på helikopterrotorblader (hoved/halerotor)
- Antiising / avising system for å hindre eller smelte is på helikopterrotorblader (hoved/halerotor)

- Is beskyttelse til innløpet til jetmotoren til helikopteret



Figur 10-4 Sikorsky S-92 søk- og redningshelikopter (Search and rescue (SAR)) (kilde: <https://www.tu.no/artikler/her-er-en-ny-helikoptertype-pa-kriseoppdrag-i-norge/348840>)

10.4.3 Helidekk

Helidekk skal holdes snø og isfritt for sikker helikopterlanding og mannskaps ombordstigning / evakuering. Generelt vil snø og is på helidekk innebære at strukturen må ha kapasitet til å bære den ekstra påførte miljølasten. Dette betyr at slik ekstra last må tas i designen slik at underdimensjonering ikke skjer. Lav temperatur kan også føre til skjørhet i strukturmaterialet og sammentrekning som igjen kan medføre sprekkdannelse, deformasjon eller kollaps av helidekket. Faren for fallende isklumper eksempelvis fra kranbom som opererer over helidekk må vurderes (jf. kap. 8).

Snø og is på helidekk og tilhørende gangveier kan skape glatte overflater på helidekk, adkomst veier og rekkverk. Varmekabler / -elementer og avvising vha. damp er tiltak for å hindre eller fjerne is på helidekks overflater.

Figur 10-5 er bilder fra Transocean presentasjon fra deres erfaringer fra Barentshavet, ref. [25]. Bildene er fra boringer i områder Goliat / Snøhvit vha. Transocean Barents. Transocean oppgir at de ikke opplevde is på helidekk i denne perioden selv om helidekket til Barents ikke er utstyrt med varmeelementer. Snø ble blåst vekk pga. vind eller vha. trykkluft.



Figur 10-5 Mindre snømengder på helidekk til Transocean Barents boreinnretning i Barentshavet (Ref. [25])

Varmekabler for å hindre snø / is oppbygning leveres av flere leverandører i markedet. Bilder på neste side hører til Bayards® varmekabel løsning for helidekk i aluminium. Denne løsningen har blitt implementert på ENIs Goliat plattform. Bayards® har selvregulerende elektriske varmekabler integrert i aluminiums profiler og kablene er rutet til koblingsbokser installert under dekket med tilkomst fra underdekkets gangbru. Leverandøren fastslår at denne metoden for vinterisering er kun mulig for helidekk av aluminium. Aluminium overfører varme bedre enn stål. Den har om lag tre ganger større termisk ledningsevne enn stål. (jf. også kap. 15 Material).



Figur 10-6 Heat tracing av helidekk på ENIs Goliat plattform (ref. <http://www.traceteam.no/referenceitem/eni-goliat-fpso-helideck-area>)

Behovet for helikopter avisingsystem (f.eks. damp) bør vurderes, særlig ifm. vinteroperasjoner.

10.4.4 Livbåter

Funksjonaliteten til utsetningsarrangementer til livbåter kan påvirkes av ugunstige værforhold som snø og nedising. Følgende underkapitler beskriver noen av løsninger valgt for å øke tilgjengeligheten til livbåter under ugunstige værforhold.

10.4.4.1 Lårelivbåter

Det har vært flere utfordringer og problemer med konvensjonelle lårelivbåter bl.a. kan nevnes problemstillinger knyttet til davit arrangementet, skrogstyrke, frigjøringsmekanismer og fremdrift. Marginer for vellykket låring og sjøsetting er mye mindre i Barentshavet enn Nordsjøen og andre mildere klima først og fremst pga. lave temperaturer og ising.

I følge NORSOK R-002, skal løfteutstyr konstrueres og bygges ved hjelp av velprøvde komponenter, samt bruk av sikkerhetsprinsipper for å sikre påliteligheten mot:

- Spenninger og belastninger som oppstår under drift □
Miljøpåvirkninger
- Andre relevante påvirkninger.

Løfteutstyr skal utformes slik at de kan sikre høy tilgjengelighet og minimum "nedetid" under operasjons tid. Design temperatur oppgitt i NORSOK R-002 er -20 °C.

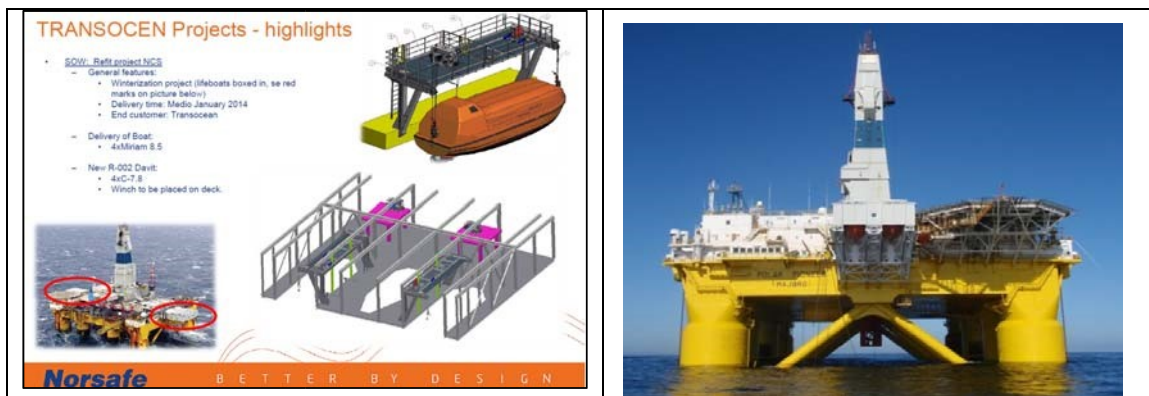
Figur 10-7 viser to lårelivbåter uten noen synlige vinteriseringstiltak. Driftstemperatur oppgitt av leverandøren Norsafe er -20 °C til + 45° C men annet temperaturutvalg kan leveres på forespørsel fra leverandøren. Som en opsjon kan leverandøren implementere vinteriseringstiltak i form av oppvarming og presenning.



Figur 10-7 Norsafe livbåt med utligger davit A-110 MKI (ref. <http://norsafe.com/lifesavingsystems/davits/conventional-davits/a-lifeboat-davit-series/>)

På neste bildet vises implementering av vinteriseringstiltak på Transocean boreinnretning «Polar

Pioneer» i form av innbygging av livbåter. Polar Pioneer har komplettert 34 brønner i Barentshavet (Snøhvit, Castberg, Skrugard) område. Rigger har varmekabler på rør og gangveier, vinteriserte arbeidsområder, mønstringsområde og Kritiske / sensitive utstyr.



Figur 10-8 Norsafe livbåtsstasjons - modifikasjon på Transocean rigg «Polar Pioneer»

Løsningen vist i figur 10-9 fra Nadiro heter «Boat In A Box». I denne løsningen står livbåten i et hus som er utstyrt med ventilasjon og avfukkingssystem samt at veggene til huset er isolert for å forhindre innvendig kondensering. I tillegg er det en «Drop-In-Ball System» for frigjøring av båten etter sjøsetting.



Figur 10-9 Nadiro Boat-In-A-Box løsning med Drop-In-Ball System (ref. Nadiro presentasjon)

10.4.4.2 Fritt fall livbåter

En fritt-fall livbåt kan lanseres både fra en glidebane eller droppet vertikalt fra en krok. Design av fritt fall livbåter skal følge DNV-OS-406. Denne standarden krever at konstruksjonskomponenter bygget av stål, aluminium, kompositt eller sandwich materialer som skal ha en designtemperatur lik eller mindre enn den laveste daglige

middeltemperaturen i luft. I tillegg krever standarden at snø og isopphoping fra sjøsprøyt, tåke, snø, regn og luftfuktighet skal vurderes når det er relevant. Disse reglene gjelder både livbåten og dens utsetningsarrangement, samt livbåtstasjonens ramper, kroker og øvrige elementer. Figur 10-10 viser livbåter /redningsbåt under operasjon i Barentshavet.



Figur 10-10 livbåter /redningsbåt under operasjon i Barentshavet (Ref. [25])

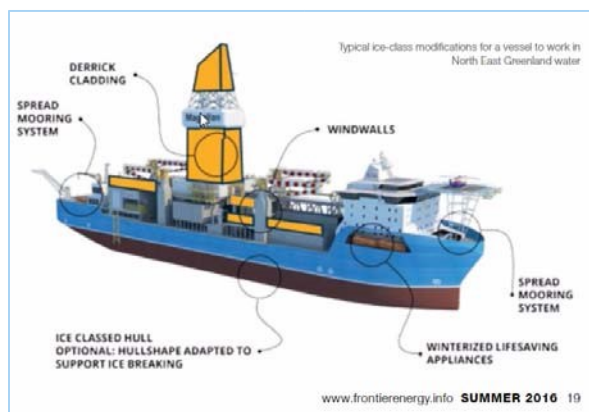
Det er en viss fare for snø opphopning på dørene til livbåter særlig i vinterperioden. Ved smelting og gjenfrysing av snøen er det fare for at dørene til livbåtene nedfryser når døgntemperaturen synker igjen. Vinteriseringstiltak som bruk av varmekabler eller innblåsing av varmluft bør vurderes.

En annen værbeskyttelsesløsning for fritt fall livbåter er vist i bildet under med Norsafe GES50 MKIII fritt-falls livbåter installert på COSL Prospector halvt nedsenkbar borerigg. Denne riggen er designet for å operere i kaldt klima med DNV klassebetegnelse ICE-T og «Winterized Basic» med innbygging/skjerming av arbeidsområder og livbåtstasjoner.



Figur 10-11 Vinterisering av livbåter på COSL Prospector

En annen løsning som også gir beskyttelse mot sjøsprøyt og atmosfærisk ising er å plassere livbåter i et rom i skroget til et boreskip. Dette er vist i figur 10-12 for lårelivbåter. Bruk av vertikalt rulledeksel med skinner på hver side av rommet eller skyvedører foran åpningen til rommet kan sørge for en enda høyere værbeskyttelse.



Figur 10-12 Eksempel på boreinnretninger med is klasse egnet for bruk i nordøst Grønland farvann (kilde: Frontier Energy, 2016)

Fritt fall livbåter er ikke konstruert for å motstå kreftene som oppstår ved sammenstøt med is. Dermed skal boreinnretninger ha alternative / diverse evakueringsmidler for bruk i situasjoner hvor det er stor fare for sammenstøt med drivende sjøis / isfjell. Ref. [34] gir som vises i eksempelet under på hvordan funksjonen til en livbåt kan bli hindret av isbelagt hav. Tankeren var på en baklengs reise gjennom isbelagt hav.



Figur 10-13 Baklengs reise av et tankerskip gjennom isbelagt hav (ref. [34])

Livbåtløsninger som f.eks. «screw propelled Arctic Lifeboat (AL)» eller amfibisk løsningen «Arktos» er ikke drøftet i denne rapporten siden designene til disse løsninger er rettet mot arktiske havområder som er isbelagte gjennom hele eller deler av året.

10.4.4.3 MOB båter

I følge ref. [46] skal innretninger til enhver tid disponere utstyr (MOB-båtsystemer) for rask og skånsom redning av personell som faller i sjøen. På grunn av stor kjøleffekt og ekstrem eksponering av mannskapet forårsaket av lav temperatur, vindfaktor og sjøsprøyt forutsettes det at lukkede MOB båtløsninger er mer egnet til bruk i Barentshavet sørøst særlig i vinterperiode. Ref. [58] benevner slike lukkede båtløsninger for «Daughter Craft» og definerer dem som hurtig manøvrerbare fartøy med lukket kabin for mannskapet og overlevende. Slike båter er noe større enn typiske MOB /FRC (Fast Rescue Craft) båter som finnes på offshore innretninger på norsk sokkel. MOB båter med åpen løsning betraktes som uegnet for bruk i Barentshavet. Figur 10-14 presenterer to lukkede båtløsninger marktført av to forskjellige leverandører.

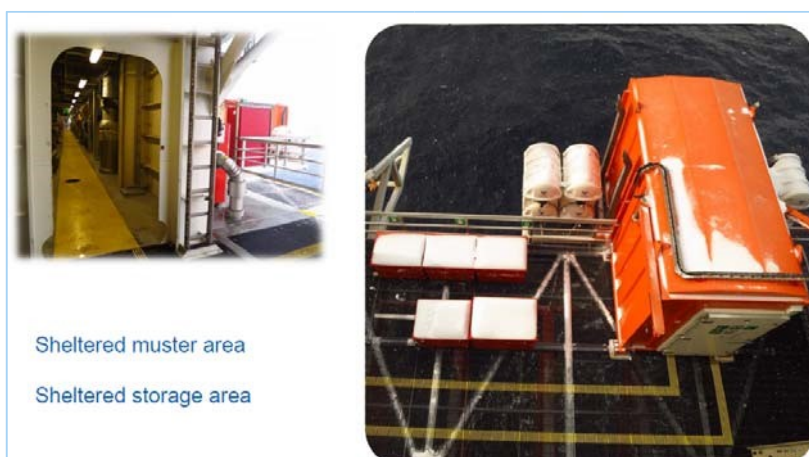
	
Fabrikant: Norsafe Model: MAYA-850 MKI Mobilisering: Vha. davit Kapasitet: 6-17 personer Driftstemperatur: -20°C til +40°C og andre temperaturutvalg på forespørsel Material: Bannhemmende GRP (skrog / dekk) og polyuretan skum (oppdriftsmaterial) Styring: Hydraulisk Framdrift: dieselmotor/girboks/vannstråle Drivstoff tank: 2x200 liter	Fabrikant: Delta Model: Delta Arctic Phantom DC Kapasitet: 3-24 personer Driftstemperatur: -40°C Material: GRP (skrog) Aluminium (kabin) og slitesterk elastomer skum (fender) Styring: Hydraulisk Framdrift: dieselmotor/girboks/vannstråle Drivstoff tank: 430 liter

Figur 10-14 Norsafe og Delta MOB båter (Kilde: leverandørenes kataloger)

Det må vurderes at arbeid over sjø begrenses til minimum i perioder boreinnretninger utfører oppdrag i Barentshavet sørøst, særlig i vinterperioden. Mørke og kulde er to faktorer som gjør søk- og redningsoperasjoner meget utfordrende.

10.4.5 Redningsstrømper og tilhørende redningsflåter

Typiske redningsflåter er «Throw-overboard launched» type som lagres og beskyttes i spesielle beholdere og blåses opp automatisk etter at deres aktiveringssnor er dratt. En annen type er redningsflåter som settes ut vha. davit. De blåses opp og ombordstiges fra dekk før den senkes ned til sjøen. I mer sofistikerte varianter er redningsflåtesystemet integrerte med et strømpesystem for raskere nedstigning. NORSOK S-001 krever at redningsflåter og ombordstigningsflåter skal senkes sammen, samt at flåten skal automatisk blåses opp. Figur 1015 viser løsningen fra Transocean Barents boreinnretning under operasjon i Barentshavet.



Figur 10-15 Skjermet mønstringsområde, og lagring av overlevelsesutstyr / redningsflåte på Transocean Barents boreinnretning i Barentshavet (Ref. [25])

Figur 10-16 under viser løsningen fra leverandøren Viking som kan operere i temperaturer helt ned til -40 °C.



VIKING SES-2C ARCTIC, EVACUATION SYSTEM

Prod. No.: SES-2C

Specially designed and tested for Arctic winter conditions, the VIKING SES-2C arctic offers safe and efficient evacuation for offshore installations operating in harsh Polar environments.

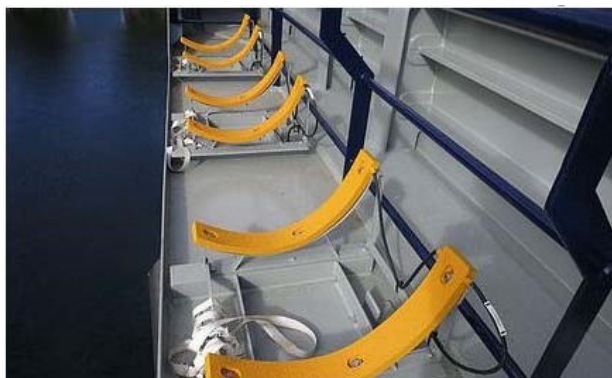
- Holds a Russian RMRS certificate

System features:

- A counterweight system automatically compensates for differences in height when the ship moves
- No power required to deploy the system
- Max. evacuation height of 43 meters
- Operating temperatures from -40°C to +65°C
- Blast proof container
- Special heat tracing to prevent freezing around critical areas
- Integrated liferafts
- Max. evacuation capacity: 140 persons within 10 minutes

Figur 10-16 VIKING arktisk evakueringsstrømpe løsning og tilhørende redningsflåter (ref. www.vikinglife.com)

Leverandøren Advance Mat Systems (AMS) markedsfører en type oppvarmede vugger for redningsflåter som hindrer nedfrysing og dermed sikrer tilgang og funksjonaliteten til redningsflåter i arktisk klima.



Figur 10-17 Oppvarmede vugger for redningsflåter (ref. <https://www.advancedmatsystems.com/winterization-equipment>)

10.4.6 Andre relevante problemstillinger

Etter en vellykket evakuering er det viktig med å sikre overlevelsen av personalet om bord på slike evakueringsmidler til redningsfasen er avsluttet og alle om bord er bragt til trygge steder. Følgende er noen av de punktene omtalt i artikkelen «Research saving lives in arctic seas» i tidsskriftet «www.frotierenergy.info», sommer 2016, fra et arktisk forskningsprosjekt i samarbeid med Universitet i Stavanger og ABS. Hensikten med prosjektet var å avklare evakuerings- og overlevelseskravene i Polarkoden, samt identifisere potensielle problemstillinger som kan oppstå i perioden under og etter evakuering:

- Overlevelsesdrakter med god termisk isolasjon gir den beste beskyttelsen av deltakerne på testen.
- Kapasiteten til overlevelsesfartøy ble påvirket negativt pga. store overlevelsesdrakter som tar større plass enn det som opprinnelig er allokeret til passasjerer og overlevelsesutstyr
- Dårlig luftkvalitet i livbåten / flåten pga. større konsentrasjoner av CO₂

11. HJELPESYSTEMER

11.1 Innledning

Følgende systemer er vurdert i dette kapitlet

- Hydraulikk o Boresystemer / utstyr o Innretningen hydraulikksystemer / dekk kraner, ankervinsjer etc.
- Pneumatikk system o Generell plattform luft / boring o Bulk transport (lav trykk) o Instrument pneumatikk

Generelle problemstillinger relatert operasjon av disse systemene i arktiske områder er listet og vurderinger for sommer og vinter (helårs) operasjon er gitt i følgende under kapitler.

11.2 Sommeroperasjon

11.2.1 Hydraulikk

Det er ikke definert noen forskjell på design av hydraulikksystemer for boreutstyr og de mer plattformspesifikke systemer som anker vinsjer, kraner, etc. mens BOP hydraulikksystemene er vurdert i kapittel 8.

Dagens praksis for design av Hydrauliske pumpe enheter (HPU er) er å bygge inn i moduler / containere for å dempe støy, samt sikre et rent / beskyttet område under vedlikehold.

11.2.1.1 Spillkontroll

Anvendbare generelle tiltak for å minimalisere utslipp fra hydraulikkolje er som følger (se også kapittel 8).

- Fysisk skjerming av mulige lekkasjepunkter mot sjø, f.eks. ved hjelp av vegger/plater □ Slange-i-slange løsninger. Her har man gjerne en mulighet for deteksjon i ytre lag.
- Bruk av bio-oljer (grønne kjemikalier), spesielt for utsatt utstyr/systemer der man ikke kan hindre at eventuelle lekkasjer vil gå direkte på sjø.

Design for begrenning av lekkasjer på dekksområder er normalt dryppanner under lekkasjepunkter og "oppkanter" rundt relevante dekksområder.

11.2.1.2 Kondensering av hydraulikkolje

Det vil oppstå kondensering av hydraulikkolje spesielt rundt hydraulikk tanker som følge av at hydraulikkoljens temperatur ved drift er ca. 50-60 °C og hydraulikk tanken puster. Ved lav temperatur i rommet vil det bli kondensering på alle kalde flater i nærheten. For å unngå / minske problemet med kondensering i HPU rommet, anbefales det følgende tiltak

- Pustefilter på tankventilasjonen
- Høyere duggpunkt temperatur i HPU rommet
- Isolering av kalde flater
- Lokalt avtrekk

For å oppnå høyere duggpunkt i rommet må en således ha mulighet for oppvarming og mekanisk ventilering av HPU rommene.

11.2.1.3 Lav temperatur

Flytepunkt for de fleste hydraulikkoljer er rundt minus 50°C, men ved tilsetninger kan denne temperatur reduseres ytterligere. I de senere år har det blitt mer vanlig å benytte biologisk nedbrytbare hydraulikkoljer, som gir høy yteevne og beskytter utstyr og miljø og motvirker lekkasjer i pakninger. Hvis boreutstyr/system i utgangspunktet ikke er levert for bruk av

biologisk nedbrytbare hydraulikkoljer kan bruk av slike være en utfordring mht. driftsgaranti mot leverandør.

De hydrauliske rørsystemer ligger ofte åpent og eksponert. Ved oppstart av systemer som ikke har vært i bruk en periode kan det selv ved sommeroperasjoner være behov for å sirkulere oppvarmet hydraulikk olje i rørene før systemene settes i full operasjon. Det krever bruk av dobbelt sett ventiler på tur / retur linjene samt varmeelement i HPU tankene og/eller heat tracing av deler av rørsystemene. Det anbefales temperaturovervåking av rørsystemer som ligger åpnet / ubeskyttet.

Samme type hydraulikk olje kan i praksis brukes på alt hydraulikkutstyr og velges ut fra disse kriterier

- 1) Ekstremt lave temperaturer, DVs lavere enn -20°C over lenger perioder
- 2) Ekstremt høye temperaturer. Over $90-100^{\circ}\text{C}$ over lenger perioder.
- 3) Krav til brannhemmende oljer
- 4) Krav til spesielt miljøtilpassede oljer

For Barentshavet sørøst er det kriteriene 1, 3 og 4 som avgjør valg av oljetype.

Alle oljeselskapene har en vanlig hydraulikkolje for utendørs bruk ned til ca. -25°C (flytepunkt på -40°C). Typiske oljer er Shell Tellus S2 V32, Mobil DET 10 Excel 32, Texaco Rando HDZ 32, Statoil Hydaway HVXA 32. Ved langvarige lave temperaturer bør en bruke spesialoljer. Dette er oljer som har svært høy viskositets indeks. (over 200), enten syntetiske som har naturlig høye viskositetsindeks, eller mineralske, som er tilsatt Viskositets Index forbedrende tilsetninger. Først nevnte er å foretrekke.

Velger en ved ekstremt lave temperaturer ikke å bruke spesialoljer, men isteden bruke en tynnere variant av den vanlige oljen, f.eks. Tellus S2 V15 vil en fort oppleve større slitasje på hydraulikkpumper etc. under normal driftstemperatur. Mer lekkasjer vil en normalt også få ved disse tynne oljene. Det bør vurderes så bruke en hydraulikk olje for sommeroperasjon som også er anvendbar for vinter- / helårsoperasjon -30°C (t_{cold}), for å unngå drenering og skifte til annen type olje samt redusere risiko for utslipp ved skifte av oljetype.

Typisk hydraulikk olje for arktiske områder må i tillegg til ikke å bli for viskøse ved lave temperaturer -30°C (t_{cold}), være rustbeskyttende og smørende. En godt egnet olje er typisk ExxonMobil SHC 524 (eller tilsvarende) som er en syntetisk hydraulikkolje, som vil tåle både lave temperaturer, og store mekaniske belastninger.

Uansett om de hydraulikkoljene som anvendes til de lukkede systemene er nedbrytbare eller ikke bør det sikres at eventuelle lekkasjer kan samles opp i drens-systemer, og derav unngå utslipp til sjø.

11.2.2 Pneumatikk

Pneumatikk for boreområdet / boreutstyr og de mer plattformspesifikke brukere er vanligvis ett felles system (kompressorer / tørkere) men med separate buffer tanker for boreområdet. Typiske system er delt opp i vanlig trykkluft, bulk transport (purge air) og instrument luft.

11.2.2.1 Lav temperatur / duggpunkt

I henhold til vanlig praksis på norsk sokkel er trykk luft / instrument luft tørket delvis for å unngå urenheter i luften (unngå skade på utstyr), samt unngå frysing / kondensering i rørsystemer / ventiler. Systemene er således ikke utsatt slik at en har behov for oppvarming av rør eller trykktanker, men utløp fra avlastningsventiler til friluft kan være ett problem område og må overvåkes.

Trykkluft systemer kan som standard leveres med duggpunkt ned til -80°C . For lavere duggpunkt enn 5°C anvendes absorpsjons tørkere med vannutskillere. Standard ISO 8573 er

anvendbar for design av systemene der det inndeles i kvalitets klasser mht. partikkel størrelser og residual olje i trykkluften.

For operasjon i Barentshavet sørøst i sommersesong kan duggpunkt på - 25°C være tilstrekkelig men idet risiko for å måtte operere innretningen over i kaldere perioder anbefales at trykkluft systemene bør ha ett duggpunkt på - 40°C. Vanlig praksis er duggpunkt satt 10 grader lavere enn omgivelsestemperatur som for vinter er $T_{\text{Cold}} - 30^{\circ}\text{C}$. Dette gir kvalitets klasse 2 i henhold til ANSI/ISA-7.0 Dette er vist tabell 11.3.3 under.

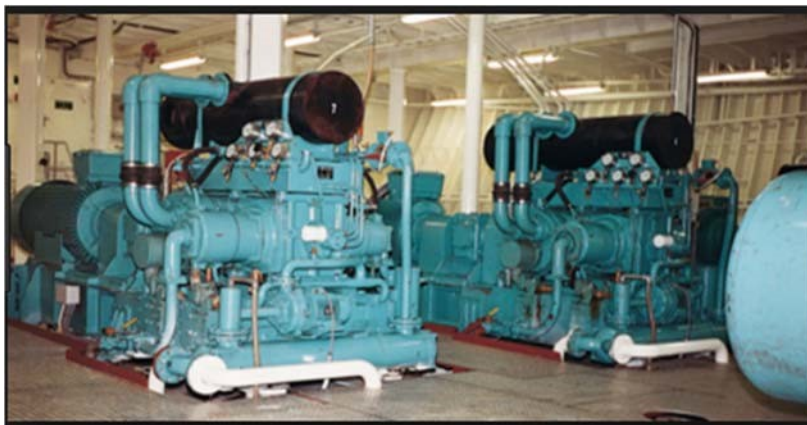
Tabell 11-1 Kvalitets klasse og duggpunkt

Quality Class	Particle Size (μm)	Dew point $^{\circ}\text{C}$	Dew point $^{\circ}\text{F}$	Oil Content (mg/m^3)
1	0.1	-70	-94	0.01
2	1	-40	-40	0.1
3	5	-20	-4	1
4	15	3	37	5
5	40	7	45	25
6	–	10	50	–

Duggpunkt må kontinuerlig overvåkes ved lavere omgivelsestemperatur enn 4°C

11.2.2.2 Luftinntak og sikkerhetsventiler

Kompressorer med lufttørkere / luftbehandlings system må bygges inn og beskyttes i containere eller moduler. Modulene / containere bør være mekanisk ventilt og oppvarmbare også ved sommeroperasjon for å redusere kondensering på overflater samt at sikkerhets ventiler / utløp ikke fryser tett. Typisk kompressor montert i modul er vist på figur 11-1.



Figur 11-1 Kompressor i modul fra Wärtsilä Hamworthy

Luftinntak til kompressorene må være arrangert / designes slik at det ikke kan bli blokkert av snø og isoppbygging.

For å hindre nedising av trykk avlastningsventiler som er montert i åpent område anbefales bruk av varmekabler samt skjerming for å unngå isoppbygging.

Startluft systemer for motorer har vanligvis ikke system for tørking av luften. Slike system må være oppvarmet / heat traced og innbygde / beskyttet eventuelt vurdere mulighet for bruk av tørket luft via trykktanker.

11.3 Helårsoperasjon

11.3.1 Hydraulikk

Som for sommeroperasjon.

11.3.2 Pneumatikk

Som for sommeroperasjon.

12. RISIKO OG PÅLITLIGHETSANALYSER

12.1 Innledning

Risiko er iboende i alle olje- og gass relaterte virksomheter på land og til havs. For å beskytte menneskeliv, miljø og verdier krever Petroleurstilsynet (Ptil) at HMS risiko styres til et akseptabelt nivå og videre til så lavt som praktisk mulig.

Akseptabelt risikonivå eller risikonivå så lavt som praktisk mulig (ALARP) oppnås først og fremst ved bruk av løsninger som er iboende sikre (inherent safe). Risikoreduserende barrierer (Risk Reducing Measures (RRM)) brukes når iboende sikre løsninger ikke er mulige og/eller gjenværende risiko er høyere enn det som kan aksepteres. Risikoreduserende barrierer kan være forebyggende og konsekvensreduserende samt beredskapstiltak som settes i verk ved behov i nødsituasjoner. Barrierer omfatter 3 grupper av risikoreduserende tiltak, tekniske, operasjonelle og organisatoriske. (jfr. kap. 13 «barrierestyring»).

Risikobildet i Barentshavet sørøst er annerledes fra Nordsjøen på grunn av miljø- og beliggenhetsfaktorer som lang avstand fra land, lang mørketid, ekstreme værforhold og sårbarheten av havmiljø.

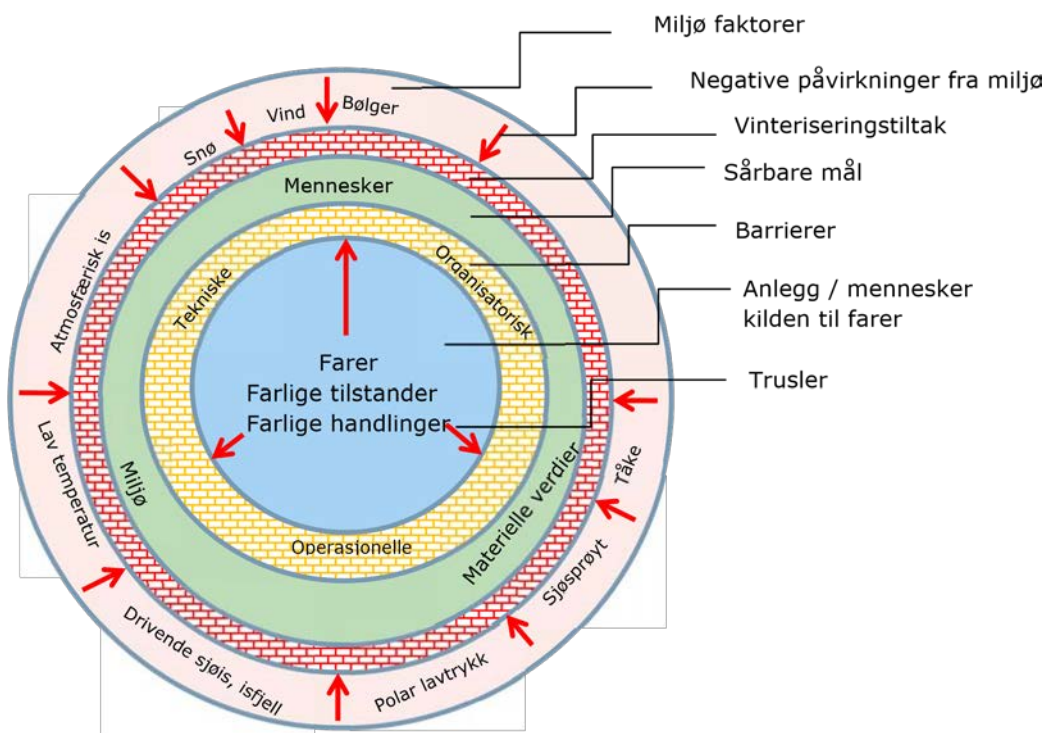
Noen farer har opphav i selve olje og gassvirksomheten, andre forårsakes av ekstreme værforhold. I tillegg kan miljø- og beliggenhetsfaktorer forsterke effekten / konsekvensen av ulykker. Forsterkning av ulykkenes effekt / -konsekvens kan bl.a. være forårsaket av de negative virkningene som miljø- og beliggenhetsfaktorer har på barrierenes ytelser. Typiske vinteriseringstiltak kan oppfattes som barrierer som har til oppgave å gjøre følgende:

- Hindrer at ekstreme værforhold forårsaker ulykker som f.eks.:
 - o Antiising/avising av helikopter rotorblader for å hindre helikopter ulykke o
 - Antiising/avising av store dekskarealer for å hindre isopphoping, ujevn vektfordeling og følgende kantring
- Hindrer at miljøfaktorer svekker tekniske barrierenes ytelser f.eks.:
 - o Vinterisering av rømningsveier, brannvannssystem, evakueringsmidler, ballastsystem, osv.
- Hindrer at miljøfaktorer fører til uforsvarlig arbeidsplass eller svekker organisatoriske barrierer f.eks.:
 - o Vinterisering av arbeidsplasser

Figur 12-1 er en enkel illustrasjon av sammenhengen mellom miljøfaktorer, vinteriseringstiltak, sårbare mål, barrierer og anlegg / mennesker. Anlegg (dvs. boreinnretning) sammen med feilhandlinger av mennesker er hovedkilden til potensielle farer og tilsammen forårsaker disse farlige forhold og tilstander.

Tekniske feil forårsaket av som f.eks. svakheter knyttet til naturlige variasjoner i materialets sammensetninger som opptrer tilfeldig og står veldig sjelden som hovedårsaken til store ulykker. I motsetning til det utgjør menneskelige feil begått under forskjellige faser av anleggets livssyklus hoved andelen av årsakene til store ulykker. Disse er enten latente og bakenforliggende eller aktive og direkte årsaker.

Figur 12-1 viser at farer og trusler mot menneskeliv, miljø og verdier har opphavene sine både innen og utenfor den grønne sirkelen. Teknisk barrierer motstår farer som kommer innenfra og vinteriseringstiltak skal utligne effekten av miljøfaktorer utenfra.



Figur 12-1 Enkel illustrasjon av sammenhengen mellom miljø faktorer, vinteriseringstiltak, sårbare mål, barrierer og anlegg / mennesker

12.2 Risiko- og sikkerhetsintegritetsanalyser

Dette kapitlet har til hensikt å kartlegge faktorer som er av betydning i gjennomføring av risiko- og sikkerhetsanalyser for boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst. I denne sammenheng legges det store vekt på dominerende usikkerheter involvert i analyseprosessen for Barentshavet sørøst.

I følge ref. [59] skal risikoanalyser utføres for å identifisere og vurdere hva som kan bidra til blant annet storulykkesrisiko og miljørisiko knyttet til akutt forurensning, samt vise hvilken effekt ulike prosesser, operasjoner og modifikasjoner har på storulykkes- og miljørisikoer. Det skal gjøres nødvendige vurderinger av følsomhet og usikkerhet i risikoanalyser.

12.2.1 Definisjonen på risiko

Bruk av sannsynlighetsteori, statistikk, statistiske analyser og vurderinger om usikkerhet danner grunnlaget i mange kunnskapsrelaterte forskning og ingeniørarbeid. Opphavet til statistikk går tilbake til sjansespill, men etter hvert ble anvendelsen utvidet til å prediktere egenskapene til en populasjon basert på innsamlet data fra prøver (f.eks. forventede verdier knyttet til material egenskaper). I slike anvendelser av statistikk er det viktig å ta hensyn til det faktum at det alltid er fare for feil i konklusjoner og beregninger av forventede verdier bl.a. pga. subjektivitet hos prøvetakeren, feil i prøvetakingsutstyr / -metode, ikke tilstrekkelig antall prøver, kompetanse-/ erfaringsmangel, feil i forutsetninger, modellfeil, osv. Generelt kan man si at konfidensgraden i statistiske evalueringer går ned når tilgang til pålitelige data blir begrenset.

I analogi med dette kan man si at resultatet fra tradisjonelle risikoanalyser som definerer risiko som et produkt av sannsynlighet og tilhørende konsekvens gir misvisende resultater når det handler om sjeldne store ulykker med omfattende konsekvenser, de såkalte «sorte svaner».

I veiledningen til § 11, prinsipper for risikoreduksjon i Ptils rammeforskrift defineres risiko som konsekvensene av virksomheten med tilhørende usikkerhet. Begrepet "konsekvensene" er samlebegrep for alle de konsekvensene som virksomheten potensielt kan gi og ikke kun avgrenset til de endelige konsekvensene av virksomheten i form av eksempelvis skade på eller tap av menneskers liv og helse, miljø og materielle verdier, men inkluderer også tilstander og hendelser som kan gi eller føre til denne typen konsekvenser. Tilhørende usikkerhet relaterer seg til både hvilke hendelser som kan inntreffe, hvor ofte de vil inntreffe og til hvilke skader på eller tap av menneskers liv og helse, miljø og materielle verdier de ulike hendelsene kan gi.

Ref. [60]. definerer risiko som en funksjon av komponentene (C, U, P, K), hvor C refererer til konsekvensene, U usikkerhet, P sannsynlighet og K bakgrunnskunnskap. Ofte C^* som er en prediksjon av C brukes istedenfor C. C^* kan uttrykkes som ett enkelt tall, eller som et prediksjonsintervall $[a, b]$ om at C kan være i intervallet med en viss sannsynlighet (typisk 90% eller 95%).

12.2.2 Akseptkriterier for risiko

Kvalitative og kvantitative akseptkriterier for risiko definerer det risikonivået som er akseptabelt for virksomheten og danner referansepunktet for vurdering og iverksettelse av risikoreduserende tiltak. Kvantitative Risiko Akseptkriterier (RAK) i dagens praksis for detaljerte kvantitative risikoanalysene (QRA) inkluderer følgende generelle former:

- Dimensjonerende ulykkeshendelser / -laster for hovedsikkerhetsfunksjoner ($1,0E-4$ brukes som årlig frekvensgrense for dimensjonerende ulykkeslaster)
- Kvantitative RAK for personellrisiko som PLL, FAR

Basert på diskusjonen i forrige kap. 12.2.1, forventes det at risikostyring i fremtiden baserer seg på overordnede kvalitative risikovurderinger kombinert med barrierestyring istedenfor detaljerte kvantitative risikoanalyser (QRA). I følge ref. [61], tradisjonelle kvantitative risikoanalyser, som legger betydelig vekt på detaljerte beregninger av sannsynligheter, forventningsverdier (frekvenser) og utsjekk mot forhåndsdefinerte risikoakseptkriterier bør utgå. Denne typen av analyser erstattes av vurderinger og prosesser tilpasset den aktuelle situasjonen og spesielt gjeldende kunnskapsnivå. Disse vurderingene og prosesser vektlegger barrierestyring, konsekvensanalyse og overordnede risikovurderinger, og representerer en betydelig forenkling av dagens risikoanalysepraksis.

12.2.3 Risikobildet i Barentshavet sørøst

Risikobildet i Barentshavet sørøst er annerledes fra Nordsjøen på grunn av miljø- og beliggenhetsfaktorer som lang avstand fra land, lange mørketider, ekstreme værforhold og sårbarheten av havmiljøet. Vinteriseringstiltak sikrer at kritiske systemer og funksjoner om bord på innretninger som opererer under krevende klimaforhold i Barentshavet sørøst er funksjonsdyktige under både normale operasjoner og nødsituasjoner.

Svikt i vinteriseringstiltak kan enten være initiatoren i et hendelsesforløp (f.eks. isdannelse og forandringer i lastfordeling og forringende effekt på stabilitet) eller bidrar i at barrierene ikke fungerer slik de var tiltenkte (f.eks. brannvann tilførselslinjer fryser i kulde og blir utilgjengelig ved behov).

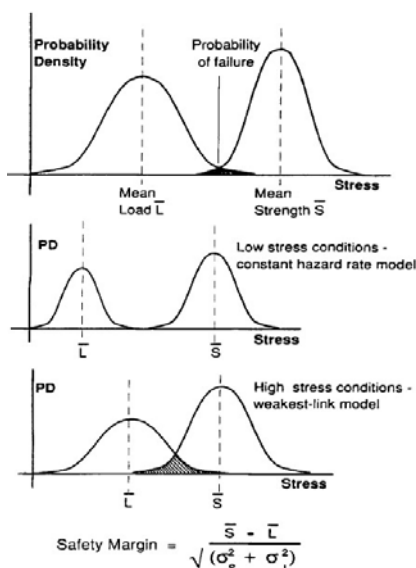
Hvis vi forutsetter at risiko er en funksjon av konsekvens og usikkerhet, så kan vi si noe om endringene i risiko i Barentshavet sørøst sammenlignet med Nordsjøen basert på forventet endringer i alvorlighetsgraden til konsekvenser og involvert usikkerhet. Dette blir belyst i videre kapitler under.

12.2.4 Usikkerhet forårsaket av kunnskapsmangel ifm. miljølaster i Barentshavet sørøst

Det foreligger en god del usikkerheter med mange aspekter knyttet til miljøet i Barentshavet sørøst, særlig i de nordligste områdene sammenlignet med Nordsjøen. Manglende erfaring og kunnskap om miljørelaterte utfordringer som kan oppstå under driften av innretningene og påvirker funksjonaliteten til anlegget og tilhørende maskiner og utstyr øker usikkerheten i risikoevalueringer i dette området. Økt sikkerhetsmargin, konservatisme i ytelsesgrad og styrkeberegning og høyere grad av redundans er metoder for å håndtere usikkerheten som kan ligge i miljølaste.

Figur 12-2 fra ref. [62] viser belastning- og styrkefordeling skissert på samme diagram og illustrerer hvordan forholdet mellom systemets belastning og styrkefordeling kan påvirke påliteligheten / feilsannsynligheten til elektriske, elektroniske og mekaniske utstyr. I diagrammene er L og S henholdsvis middelerverdiene til last- og styrkefordelingene og σ_L og σ_S deres standard avvik.

Sikkerhetsmargin er den relative avstanden mellom middelerverdiene for belastning og styrke. Når disse fordelingene er godt adskilt og har små variasjoner (som det er med nytt utstyr under lavspenningsforhold), så vil sikkerhetsmarginen bli stor og dermed blir risiko for feil lavere. I slike tilfeller kan feilfordelingen beskrives vha. konstant farefrekvens / (random shock) modell. For svært belastede utstyr som opererer i et barskt miljø som Barentshavet sørøst eller er utsatt for raske transienter under oppstart, kan belastning- og styrkefordelingene ha en betydelig overlapping på grunn av større variasjon i lastfordelingen og forringelsen av komponentstyrken med tiden. Dette fører til mindre sikkerhetsmarginer og feilfordelingen beskrives bedre med den såkalte «svakeste ledd» modellen. Sannsynligheten for svikt i slike tilfeller er da avhengig av motstanden til en bestemt komponent i systemet som har minst styrke i å motstå de påførte belastninger (dvs. den svakeste lenken).



Figur 12-2 Samspill mellom belastning/spenning og styrkefordeling

For å oppnå robuste anlegg, barrierer og vinteriseringstiltak som kan utføre sine funksjoner innenfor deres design spesifikasjoner (både under normal operasjon og ulykkestilstand) er det viktig å ha en klar forståelse av alle typer av laster som kan ha negative virkninger på funksjoner. Det er derfor viktig å kartlegge alle relevante laster, inkludert miljølaste med større nøyaktighet. For å håndtere og redusere denne typen av usikkerhet bør bl.a. følgende utføres / evalueres:

- Innsamling og analyse av utstyrs feildata fra innretninger i operasjon i Barentshavet for å øke kunnskap om deres feilmodi og feilrater
- Innsamling og analyse av værdata ifm. usikre værphenomener

- Større konservatisme i forutsetninger knyttet til styrkeberegninger
- Større konservatisme i forutsetninger knyttet til design laster for å skape større sikkerhetsmarginer

Legg også merke til følgende:

- Ubearbeidet rådata vil ikke være behjelpelig i risikoevaluering og vil øke usikkerheten. Innsamlet data må analyseres og tolkes.
- Hvis det finnes motstridende data som resulterer i forskjellige konklusjoner, så bør årsakene til konflikten kartlegges og feildata fjernes fra vurderinger

12.2.5 Usikkerhet knyttet til overlevelse

Det er en del ugunstige forhold som motvirker overlevelsessannsynligheten til personell under evakuering fra boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst. I tillegg har de ugunstige effekter på søk og redningsaksjoner. Blant annet kulde, lang mørketid, lang avstand fra land, tåke og mindre trafikk av skip i området reduserer sjansen for overlevelse. Det refereres også til kap. 10 vedrørende problemstillinger knyttet til beredskapsfunksjoner.

12.2.6 Usikkerhet i integriteten til barrierer

Standardene IEC 61508 og 61511 danner grunnlaget for design og drift av instrumenterte sikkerhetssystemer. Ovennevnte standarder skiller mellom 4 nivåer når det gjelder ytelseskrav, nemlig, SIL 1, 2, 3 og 4. SIL 4 som har ikke anvendelse i olje & gassvirksomhet har den høyeste integriteten eller den laveste feilsannsynligheten ved behov (Probability of Failure on Demand (PFD)). I tillegg deler standardene instrumenterte sikkerhetsfunksjoner i 3 grupper mht. deres driftsmodus, dvs. hvor ofte de aktiveres eller deres barrierefunksjon som tar aktiv rolle i å hindre eller redusere konsekvensene av ulykker. Følgende driftsmoduser er definert:

- 1- Lav etterspørsel (low demand)
- 2- Høy etterspørsel (high demand)
- 3- Kontinuerlig etterspørsel (Continuous)

Utlitjengelighetsindeksen «feilsannsynlighet ved behov» brukes for å uttrykke integriteten til instrumenterte sikkerhetsfunksjoner som opererer i lav etterspørsel driftsmodus. BOP, brann & gass deteksjon og brannvannssystem er eksempler på systemer som opererer i denne modusen. For høy og kontinuerlig modus brukes en annen indeks, nemlig «gjennomsnittlig frekvensen av farlige feil per time». Dynamisk posisjonering (DP) er et eksempel på et slikt system som opererer på kontinuerlig modus.

I tillegg til feilsannsynlighet til tekniske barrierer skal operatørenes feilsannsynlighet knyttet til deres inngrep for aktivering av manuelle sikkerhetsfunksjoner tas med i evaluering av barrierenes ytelser, dvs.:

$$PFD_{\text{total}} = PFD_{\text{operator}} + PFD_{\text{sikkerhetsfunksjon}}$$

Dette understreker at for å bringe boreinnretninger tilbake til sikker tilstand under definerte fare- og ulykkessituasjoner (DFUer) er operatørenes raske reaksjon meget kritisk. Tidsriktig aktivering av sikkerhetssystemer som ballast og BOP funksjoner er eksempler på slike tilfeller.

BOP funksjon

I følge ref. [63], der det foreligger en trykkforskjell som kan føre til ukontrollert utstrømning fra en brønn til det ytre miljøet skal det være to brønnbarrierer tilgjengelige under alle brønnaktiviteter og operasjoner. Primær og sekundær brønnbarrierer skal så langt det er mulig være uavhengig av hverandre, uten noen felles brønnbarriereelementer. Under boreoperasjoner med kuttbare borestreng/føringsrør er vekten til borehullvæske

(slamsøylen) og BOP henholdsvis den primære og sekundære barrieren. Funksjonen til BOP er å stenge, samt tette brønnen med eller uten rør / utstyr gjennom BOP. I følge ref. [64] skal undervanns-BOP-systemer minimum bestå av følgende:

- en (1) ringromsventil (annular preventer)
- to (2) kutteventiler (shear ram) hvor minst en (1) er i stand til å forsegle;
- to (2) borerørsventiler (pipe ram preventer)

Figur 12-3 er fra ref. [65] og indikerer hovedelementene i oppbygningen av en typisk BOP.

A typical BOP is shown in figure A.22

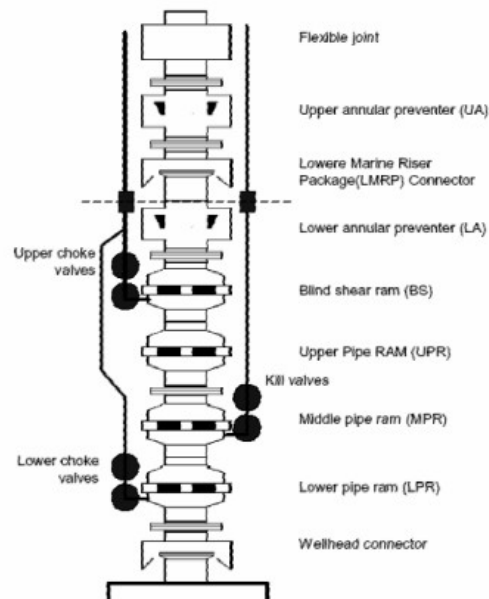
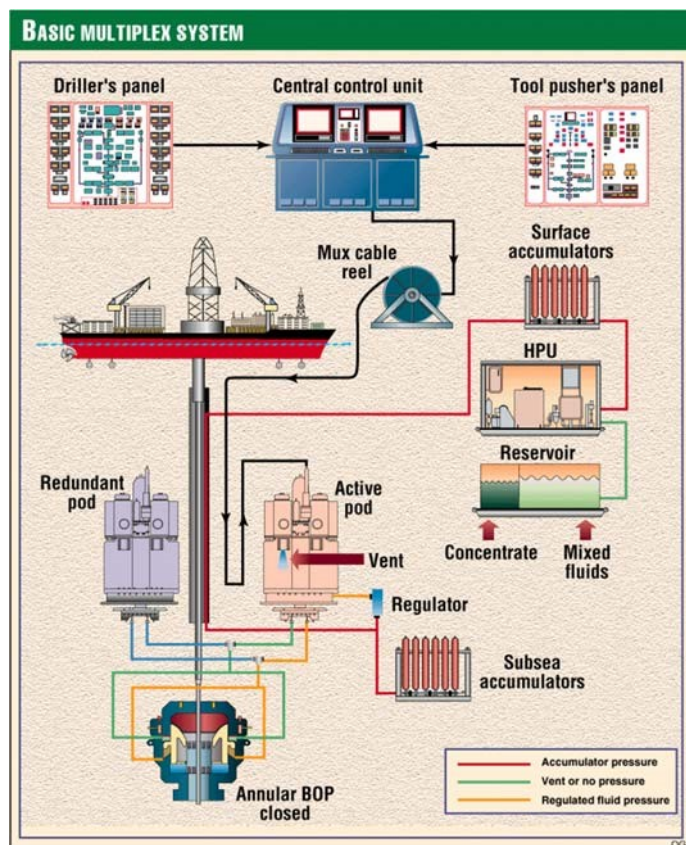


Figure A.22 A typical BOP (SINTEF)

Figur 12-3 Hovedelementene i oppbygningen av en typisk BOP

Undervanns BOPer som navnet sier blir plassert over brønnhode på havbunnen men med kontroll- og hydraulisk kraftsystemene plassert på boreinnretningen. Skissen vist i figur 12-4 illustrerer hovedarrangementet for et elektrisk-hydraulisk multipleks (MUX) BOP system. Hver av MUX kabeltrommelene inneholder multipleks beskyttet kabel for overføring av strøm / kommunikasjonssignaler ned til havbunnen. MUX kablene erstatter de konvensjonelle hydrauliske navlestrengene som brakte med seg hydrauliske pilotsignaler / kraft til BOPene.



Figur 12-4 Hovedarrangementet for elektrisk-hydraulisk multipleks (MUX) undervanns BOP system (ref. <http://www.ogj.com/articles/print/volume-95/issue-48/in-this-issue/general-interest/multiplex-bop-system-utilizes-updated-technology-decreases-riser-disconnect-time.html>)

Verifikasjon av ytelsen til brønnbarrierene består av trykkprøving, prøving av tilgjengelighet, responstid og lekkasjerater samt observasjon av fysiske egenskaper. I følge aktivitetsforskriften § 51 skal utblåsingssikringer med styringsfunksjoner og annet trykkkontrollutstyr trykk- og funksjonssprøves, samt full overhaling og resertifisering hvert femte år.

Følgende er oppgitt i ref. [65] angående SIL kravene for BOP funksjon:

Tabell 12-1 BOP funksjon minimum SIL krav oppgitt i ref. [65]

Table 7.1 cont. Minimum SIL requirements – drilling related safety functions			
Safety function	SIL	Functional boundaries for given SIL requirement / comments	Ref. APP. A
Drilling BOP function	2	Annular/pipe ram function ¹⁾	A.14.2
Closing of relevant BOP valve(s) in order to prevent blowout and/or well leak	2	Blind shear ram function ¹⁾	A.14.2

1) The total safety functions include activation from the drillers console or the tool pushers console and the remotely operated valves needed to close the BOP sufficiently to prevent blowout and/or well leak.

Basic assumptions

In this document the SIL function related to closing in the well has been restricted to closing of the valve(s) and do not include the actual shearing of the pipe. Functions 2 and 3 as discussed above can thus be combined; i.e. closing of the blind shear ram.

Hence, we differentiate between two main functionalities and set SIL levels for:

- the annular/pipe ram function (i.e. function 1);
- the blind shear ram function (i.e. functions 2 and 3 combined).

The function starts when the operator (e.g. driller, tool pusher) pushes the button to close the well and ends when the BOP closes and seals off the well.

The safe state of the process is a sealed well without blowouts or leakage.

Ballast funksjon

Følgende er oppgitt i ref. [65] angående SIL kravene for ballast funksjon:

Tabell 12-2 Ballast funksjon minimum SIL krav oppgitt i ref. [65]

<i>Start of ballast system for Initiation of rig re-establishment</i> (opening of three ballast control valves and starting of one of two ballast pumps)	1	The SIL requirement applies to the sub-function needed for opening of three valves and starting of one pump, i.e.: - Ballast control node - Three ballast control valves including solenoids - Motor starter for one pump (in a 2x100% configuration)	A.12
<i>Emergency stop of ballast system</i> (Pushbutton initiated relay logic stopping one pump by removing the electrical power to the motor and closing one valve by removing the electrical power in the logic output signal loop controlling the valve)	2	The SIL requirement applies to the sub-function needed for pushbutton initiated emergency stopping of one pump and one valve, i.e.: - Emergency pushbutton - Shutdown relay logic for one pump and one valve - Contactor for pump motor - Valve, including solenoid and pilot	A.12

For å se om ovennevnte SIL krav er tilstrekkelige for Barentshavet sørøst bør det utføres en sammenligning mellom forholdene i Nordsjøen og Barentshavet. dvs.:

- Er store ulykkers innledende risiko like høy for begge lokasjoner?
- Er miljøene like sårbart f. eks mht. akutt olje- / kjemikalieutslipp?
- Er barrierene like effektive og funksjonelle?
- Er gjenværende risiko like høy?

I en slik benchmarking mellom operasjonen av boreinnretninger i Nordsjøen som referansepunkt (som er opphavet til ovennevnte SIL krav) og i Barentshavet sørøst mht. integriteten til sikkerhetsfunksjoner, som f.eks. BOP og ballast funksjoner, bør effekten av beliggenhet og miljøfaktorer inkluderes i vurderinger.

Det vil være viktig å vurdere om dagens sikkerhetsintegritet (SIL) krav spesifisert i ref. [65] for typiske instrumenterte sikkerhetsfunksjoner (SIF) i Nordsjøen bør også være gjeldende for Barentshavet sørøst, særlig i det området som ligger ytterst i den nordøstlige delen av dette området. I denne sammenheng er det viktig å merke seg at resonnementet bak SIL kravene oppgitt i ref. [65] har sitt utgangspunkt i daværende industriens beste praksis for instrumenterte sikkerhetsfunksjoner og ikke en fullstendig risikoanalyse.

12.2.7 Risikobasert vinterisering

Ref. [66] presenterer en risikobasert tilnærming for dimensjonering av vinteriseringstiltak for offshore innretninger i motsetning til de deterministiske tilnærminger brukt hos sertifisering og klassifisering selskaper.

Disse selskapene bruker omgivelsestemperatur som grunnlag for å fastslå kriteriet for vinteriseringstemperatur. ABS veiledning, som et eksempel, angir «design service temperature» (DST) og «minimum anticipated temperature» (MAT) for vinterisering av innretninger som opererer i lav temperatur miljø. DST er tatt som den laveste gjennomsnittlige daglige gjennomsnittstemperaturen i operasjonsområdet for data tatt over i minst 20 år. I fravær av hensiktsmessige data, bestemmes MAT som DST - 20 °C (det vises til kapittel 15 og pågående studier med hensyn til valg av temperatur for material design).

Ref. [66] fastholder at vinteriseringsnivå bestemt av DST og MAT kan føre til overvinterisering og unødvendige kostnader. Grunnen til dette er at minimumstemperaturer forekommer kun i svært korte perioder og/eller har lav frekvens. Dette kan dermed ikke forårsake systemfeil og/eller svekke sikkerheten.

Artikkelen presenterer en risikobasert beslutningsprosess for valg og evaluering av vinteriseringstiltak for systemer. Hele prosessen starter med å definere relevante temperaturlaster som kan inntreffe under operasjon, f.eks. «6 timer i strekk med temperaturer under -30 °C». Det forutsettes at systemet vil feile med en bestemt sannsynlighet hvis temperaturforskjellen mellom temperaturlast (L) og drifts- /designlast (T_{op}) blir større en bestemt verdi $|\Delta T| = k$. Formelen under er gitt i ref. [66] og brukes for estimering av feilsannsynlighet:

$$PoF = \Pr (|\Delta T_{Actual}| > k) = \int_k^{\infty} f_{\Delta T_a}(\Delta T_a) d\Delta T_a = 1 - \Phi\left(\frac{k - \mu}{\sigma}\right)$$

$$|\Delta T_{Actual}| = |L - T_{op}|$$

12.3 Pålitelighetsanalyse

Vinteriseringstiltak skal sikre at kritiske systemer og funksjoner om bord på innretninger som opererer under krevende klimaforhold i Barentshavet sørøst er funksjonsdyktige under alle værforhold og under både normale og nødsituasjoner. Slike vinteriseringstiltak må ha høy pålitelighet slik at risikoen til svikt eller totalt bortfall av slike tiltak er minimalt.

Svikt i vinteriseringstiltak kan enten være initiatoren i et hendelsesforløp (f.eks. isdannelse og forandringer i lastfordeling og forringende effekt på stabilitet) eller bidrar til i at barrierene ikke fungerer slik det var tiltenkt (f.eks. brannvann tilførselslinjer fryser i kulde og dermed ikke tilgjengelig ved behov).

Påliteligheten til følgende aktive vinteriseringstiltak vurderes i dette kapitlet.

1. Varmekabel funksjon for væskefylte rør / beholder
2. Varmekabel funksjon for værutsatte dekkoverflater
3. Varmeelement funksjon for utstyrsabinetter
4. Varmelufts tilførsel vha. vifter / elektrisk motorer og varmeelement for større områder f.eks. utstyrsrom
5. Agitasjon vha. omrører - elektrisk drevet motorer (hydraulisk / pneumatisk er andre varianter)
6. Sirkulasjon vha. pumper - elektrisk drevet motorer (hydraulisk / pneumatisk er andre varianter)

Tilgjengeligheten til elektrisk kraft er avgjørende for at de overnevnte vinteriseringstiltak skal være funksjonsdyktige. Det er derfor viktig å etablere en overordnet forståelse av systemoppbyggingen til typiske elektriske kraftsystemer brukt på boreinnretninger.

12.3.1 Viktige pålitelighets begreper

Begrepet pålitelighet (benevnes med **R**) i ingeniørarbeid defineres som evnen (sannsynligheten) til et element (komponent, subsystem, system) i å utføre sin nødvendige funksjon under gitte forhold i et gitt tidsintervall, **t**. (ISO 14224). Tidsintervallet, **t** betraktes ofte som forventet brukbar levetid til elementet. Hvert element har en feilrate / sviktintensitet som betegner antall enheter som ikke virker per tidsenhet. Denne feilraten endres gjennom elementets levetid og ofte illustreres vha. den kjente badekarkurven. Kurven starter med høyfeilrate i begynnelsen pga. feil betegnet som barnesykdommer og får en avtagende trend etter hvert til en konstant feilrate periode som kalles «brukbar levetidsperiode». Etter denne perioden forventes det at feilraten øker igjen pga. slitasje og forringende aldringsprosess.

Forutsetningen for konstant, ikke tidsavhengig, feilrate for et element er basert på forutsetningen at tiden mellom tilfeldige feil følger en eksponensiellfordeling. Det er viktig å legge merke til at systematiske feil som fører til svikt i funksjonen pga. bl.a. menneskelig feil i design eller vedlikehold ikke er med i denne definisjonen.

En av de mest kjente indekser i pålitelighetsanalyser er gjennomsnittsverdien til tiden mellom oppståtte feil (Mean Time Between Failure (**MTBF**)). MTBF kalkuleres med å invertere feilraten. Gjennomsnittlig tilgjengelighet (**A**) er forholdet mellom MTBF og MTBF+MTTR. MTTR (Mean Time To Repair) er gjennomsnittsverdien til tiden som trenges for å få utstyret reparert og igangsatt.

Med hensyn til vinteriseringstiltakene på boreinnretninger som skal mobiliseres og opereres i Barentshavet sørøst, særlig for de aktive tiltakene som trenger energi for å utføre deres tiltenkte funksjoner vil det være hensiktsmessig å ta hensyn til følgende:

- Boreinnretninger som skal mobiliseres til å utføre oppdrag i Barentshavet sørøst for «første gang» bør gjennomgå en spesifikk inspeksjons / testingsrunde på deres vinteriseringstiltak for å sikre at det ikke er noen barnesykdommer eller systematisk feil i vinteriseringssystemene.
- Det bør sikres at vedlikeholdsmanualer og tilhørende tegninger / dokumentasjoner som beskriver vinteriseringstiltakenes vedlikeholdselementer, tilstandsovervåking, feilsøkingsmetoder og reparasjonsmetoder er tilstrekkelig utviklet og ajourført.
- Det er viktig å ha oppmerksomhet på metoder og utstyr som trenges for å utføre vedlikeholdsarbeid på væreksponte vinteriseringstiltak, f.eks. habitat, punktvarmere, osv.

Det antas at punktene nevnt ovenfor skal være på plass for både boreinnretninger som er egnet til helårsoperasjon samt sommeroperasjon grunnet risiko for å gli over i vinter- / helårsoperasjon

12.3.2 Driftssikkerhet / Tilgjengelighet

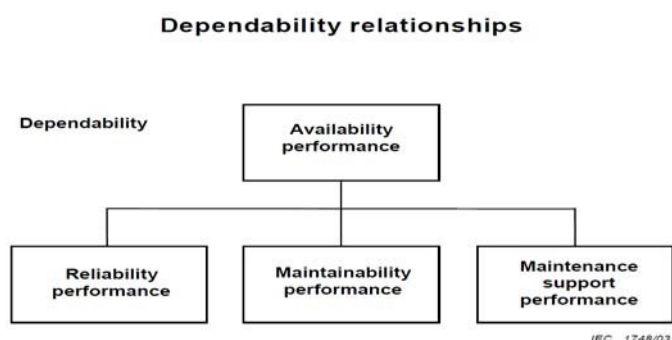
I pålitelighetsteori er det et skille mellom reparerbare og ikke-reparerbare komponenter / systemer. For ikke-reparerbare komponenter som f.eks. en lypære er det pålitelighetsberegninger som er aktuelle for vurdering av deres ytelse, mens for reparerbare systemer bør det helst snakkes om tilgjengelighetsanalyser for å vurdere ytelsen til

systemene siden tilgjengelighetsbegrepet tar hensyn til både pålitelighet og vedlikeholdsegenskapene til systemene.

Iboende systemtilgjengelighet er den teoretiske tilgjengeligheten som forventes under stabile forhold av systemet og kun betrakter nedetid knyttet til korrigerende vedlikehold.

Drifts- / eller oppnådd tilgjengelighet er et mer relevant tilgjengelighetsbegrep for å vurdere systemenestilgjengelighet under drift. Driftstilgjengelighet tar hensyn til alle mulige kilder som kan forårsake systemenes nedetid. Figuren nedenfor viser at systemets tilgjengelighet er en funksjon av følgende parametere;

- Systemets pålitelighet (Reliability Performance (RP))
- Systemets vedlikeholdsegenskaper (Maintainability Performance (MP))
- Vedlikeholds støtte funksjoner (Maintenance Support Performance (MSP))



Figur 12-5 systemets tilgjengelighet er en funksjon systemets pålitelighet, systemets vedlikeholds egenskaper og vedlikeholds støttefunksjoner

På generell basis, men også spesifikt om Barentshavet kan følgende elementer påvirke systemets pålitelighet (Oppetid):

- Iboende pålitelighet (kvalitet, robusthet)
- Drift innen leverandørs anbefalte forhold og belastning (unngå overbelastning)
- Redusere sannsynligheten til menneskelig feil under drift (hindre mis- /feilbruk)
- Inspeksjon og rutine vedlikeholdsarbeid som f.eks. smøring
- Redundans med lav fellesfeil sannsynlighet
- Tilstandsovervåking og tilstandsbasert vedlikehold
- Forebyggende / tidsbasert vedlikehold

Følgende er vedlikeholdsegenskaper med negativ virkning på nedetid:

- Dårlig vedlikeholdsvennlighet forårsaket f.eks. av dårlig ergonomi, vanskelig tilkomst, omfattende rust. Vanskelig tilkomst grunnet innbygging er noe som må tas hensyn til under evaluering av vinteriseringstiltak.
- Dårlig diagnostikk og feilsøkingmuligheter

Og følgende er vedlikeholdsstøtte funksjoner med negativ virkning på nedetid:

- Nedetid knytte til administrasjonsrelaterte arbeid
- Nedetid knytte til mangel på reservedeler
- Nedetid knytte til logistikk / transport relaterte arbeid
- Nedetid knytte til mangel på tilgang til vedlikeholdspersonell
- Nedetid knytte til mangel på vedlikeholdsutstyr / vektøy
- Nedetid knytte til tilgang til værutsatt utstyr pga. ugunstig vær, avising, habitat opprettelse, osv.

12.3.3 Elektrisk kraftgenerasjon og tilførsel til vinteriseringstiltak

Elektrisk energi som trengs på mobile offshore boreinnretninger (MODU) leveres vanligvis av dieselmotorer. Kraftgenerering om bord på boreinnretninger inkluderer både hoved- og nødkraft. Elektrisk kraftfordeling utføres vha. bl.a. enheter som transformatorer, samleskinner, tavler, omformere og kabler. I tillegg er det behov for et strømstyringssystem (Power Management System) for å sikre stabile kraftproduksjon under alle last- / kraftgenereringsscenarier.

Følgende er eksempler på kraftgenererings løsninger på halvt nedsenkbare boreinnretninger:

Tabell 12-3 Løsninger for kraftgenerering på halvt nedsenkbare boreinnretninger (kilde: innretningers brosjyrer)

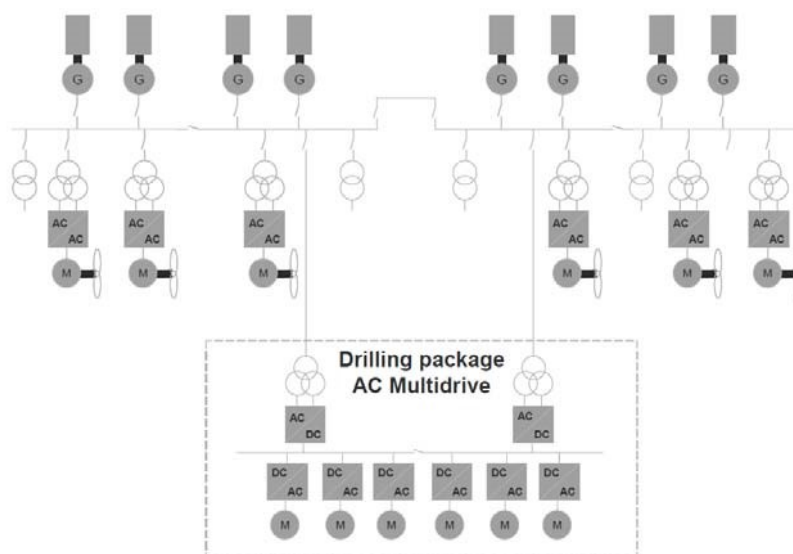
Boreinnretning	Hovedkraft	Nødkraft
Scarabeo9	8 dieselmotorer hver med 5.400 kW Kapasitet, kombinert med 11 kV vekselstrøms generatorer. Total installert effekt: 43,2 MW	Antakeligvis en eller flere av hovedkraft generatorer
Mærsk Deliverer / Mærsk Developer / Maersk Discoverer	8 generatorer x 4.800 kW (e), 11 kVAC, 60 Hz, delt inn i to selvforsynte kraftverk. Strømfordelingssystem: 690 VAC, 60 Hz IT. Total installert effekt: 38,4 MW	En nødgenerator: 1500 kW
Cosel Prospekter	Dieselmotorer: 6x Engine Generatorer: 6x .535 kW ea, 6,6 kV, 60 Hz. Strømfordelingssystem: 690 V essential, 440 V, 230 V Total installert effekt: 33,2 MW	Nødkraft forsynes fra hovedgeneratorer

I følge ref. [67] finnes det to grunnleggende konsepter for design av elektrisk kraft generering og fordelingssystem på boreinnretninger;

- Radiell utformet hovedsamleskinne, med to eller flere hovedsamleskinner operert enten med normal åpne eller lukkede samleskinneforbindelse(er) i en seriekonfigurasjon (se figuren under);
- Ring utformet hovedsamleskinne, med tre eller flere hovedsamleskinner med muligheten til å koble til vha. samleskinneforbindelser, normalt med minst en åpen samleskinneforbindelse for å etterligne en serie konfigurasjon, eller med alle samleskinneforbindelser lukket for å skape en lukket ring konfigurasjon.

I figuren under er det 8 hovedkraft generatorer som forsyner en radiell hoved samleskinne som igjen forsyner følgende forbrukere:

- Posisjonerings- / (framdrifts)propeller
- Boreforbrukere
- Øvrige forbrukere



Tabell 12-4 Radiell hovedsamleskinne, med to eller flere hovedsamleskinner operert enten med normalt åpne eller normalt lukkede samleskinneforbindelse(er) i en seriekonfigurasjon (ref. [67])

I følge klasseregler, e.g., DNV-OS-D201, skal det være 2 uavhengige generatorsett forbundet til adskilte hovedsamleskinneeksjoner. Tiltak som automatisk lastutkopling og oppstart av reserve generatorer er blant nødvendige tiltak som må settes i verk for å ivareta bl.a. sikkerheten om bord ved bortfall av hvilken som helst hovedkraft generator.

Som nevnt ovenfor er det normalt med installasjon av 6 til 8 parallelle generatorer på dagens boreinnretninger som kan være aktuelle for Barentshavet sørøst. Dette gir en viss robusthet mht. krafttilgjengelighet i feilscenarier med svikt i en av generatorer. For halvt nedsenkbare boreinnretninger med dynamisk posisjonering er det krav at generatorsettene er adskilt funksjonelt for DP2 klasse og i tillegg fysisk for DP3.

Høy redundans og segregering er viktige for å sikre høy tilgjengelighetsgrad i hovedkraft produksjon hvis risikoen for felles feil skal reduseres til et minimum. Det er ikke oppgaven til denne studien å kvantifisere tilgjengeligheten til hovedkrafts system men basert på krav i klasseregler og industriens beste praksis er det innlysende å forutsette at hovedkraft generering og overordnede kraftfordeling, har tilstrekkelig høy tilgjengelighet hvis årsaker til felles feil er identifisert og sannsynligheten til felles feil er redusert til et så lavt nivå som er praktisk mulig. Årsaker til felles feil for boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst kan bl.a. være som følger:

- Snø- / isopphoping ved luftinntak til generatorer
- Kulde og ikke egnet diesel type for vinterbruk
- Programvare feil i generators oppstart, drift lastutkobling og -fordelings logikk
- Drift og vedlikeholds relaterte menneskelige feil

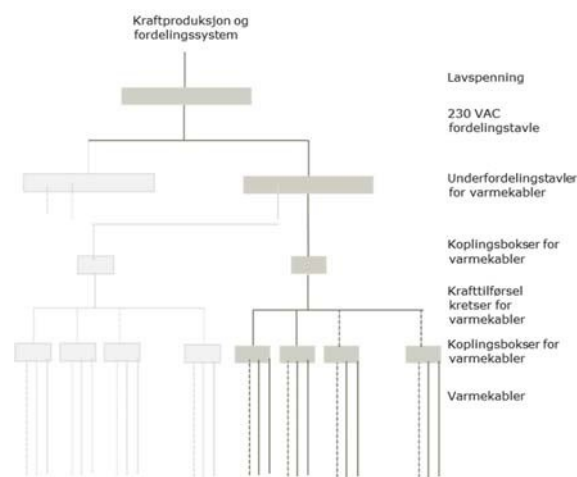
Det refereres også til kap. 8 for vinteriseringstiltak anbefalt for boreutstyr, kap. 9 for sikkerhetssystemer og kap. 10 for beredskapssystemer.

12.3.4 Elektrisk krafttilførsel til varmekabler / varmeelementer

Dette kapitlet handler om den delen av kraftfordeling som har mindre redundans og ligger nærmest til kraftkrevende vinteriseringstiltak.

Elektrisk krafttilførsel til varmekabler / varmeelementer skal være i henhold til følgende krav i Norsok E-001 (2007):

- 400/230 V TN-S-systemet skal benyttes som spenningsfordelingen for belysning, små kraftforbrukere, og for enkeltfase varmeelementer under 3 kW, inkludert varmekabler.
- Enhver varmekabel krets bør forsyne kun ett system.
- Varmekabelkretser bør ha separate felles alarmer til PDCS.
- Varmekabel kretser skal være utstyrt med en automatisk utkoplingsfunksjon, 30 mA jordfeilbryter. Indikasjonen på utkoplingsfunksjon skal være implementert for hver krets. Felles alarm skal gis til et sentralt alarmsystem for hver av underfordelingstavler.
- Underfordelingstavler skal være implementert for lokal effektfordeling til Varmekabelsystemet i alle funksjonsområder. Underfordelingstavler bør ikke plasseres i eksplosjonsfarlige områder eller i utsatte miljøer.



Figur 12-6 Elektrisk krafttilførsel til varmekabler / varmeelementer

I utgangspunktet kan det forutsettes at feilsannsynligheten for en enkel varmekabel krets vil være meget lav når den vurderes isolert sett, men i motsetning til det er det riktig å si at sannsynligheten til svikt i en av flere kretser vil være nokså høy når antall kretser overstiger 100.

12.3.5 Tiltak for å sikre driftssikkerheten til vinteriseringstiltak under drift

For å øke tilgjengeligheten og sikre driftssikkerheten til elektrisk kraftkrevende vinteriseringstiltak under drift på boreinnretninger i Barentshavet sørøst anbefales det å iverksette følgende tiltak;

- Gruppere vinteriserings relaterte elektriske forbrukere mht. deres kritikalitet (dvs. viktige eller vitale, essensielle, og ikke-essensielle). De med høy kritikalitet må gjennomgå strengt regime mht. funksjonsovervåking og testing
- Sørge for at vinteriserings relaterte elektriske forbrukere med høy kritikalitet forsynes fra nødtavle og det foreligger redundant forsyning til slike forbrukere
- Funksjonsteste vinteriserings relaterte elektriske forbrukere med minst 1 test i begynnelsen av vinterperiode og flere under vinterperioden ifølge deres antatte kritikalitet.
- Overvåke tilstanden til elektriske motorer og pumper (elementer i vinteriseringstiltak) for å avdekke effekten av forringelse i systemet i god tid før forekomst av en feil.

12.4 Sårbarhetsanalyse av sikkerhetskritiske systemer

Hensikten med sårbarhetsanalyser er å identifisere hvilke klimafaktorer som kan ha negative virkninger på funksjonaliteten til sikkerhetskritiske funksjoner og hvilke typer tiltak som er mest effektive for å forebygge eller redusere effekten av slike faktorer. Sårbarheten av følgende systemer vurderes i dette kapitlet:

- Brannvannssystem
- Nødkraftssystem
- BOP

12.4.1 Brannvannssystem

Det refereres til kap.9.4.8 i denne rapporten angående bruksområder av brannvanns- / skumsystem på boreinnretninger, typiske løsninger, vinteriseringstiltak, skum egnet til lav temperatur og problemstillingen knyttet til frysing av brannvann etter utløsning. Tabellen under gir en oversikt over de mest aktuelle sårbarhetsfaktorer til brannvannssystemer på innretninger som skal operere i Barentshavet sørøst.

Tabell 12-5 Oversikt over mest aktuelle sårbarhetsfaktorer til brannvanns systemer på innretninger som skal operere i Barentshavet sørøst

Sårbarhets faktor/årsak	Effekt på system	Konsekvens	Vinteriserings tiltak (se kap. 9.4.8.1 for beskrivelse av tiltakene)
Lav temperatur (luft)	Vannfrysing i rørledninger, tanker, osv.	Blokkering av vanntilførsel ved behov f.eks. i brannsituasjon	b, c, d, e, g, h, skum egnet til lav temperatur (og kap. 9.4.8.2)
	Brudd i rør pga. vannfrysing og/eller material svekkelse	Vannlekkasje – ugunstig effekt på stabilitet	b, c, d, e, g, h, skum egnet til lav temperatur (og kap. 9.4.8.2)
	Vannfrysing på dekk/rør/utstyr etter utløsning	Svekkelse av innretningens stabilitet	h, varmekabler på dekk, god drenering
	Motorstart svikt	Svikt i vanntilførsel ved behov f.eks. i brannsituasjon	a
	Svikt i instrumentering	Feil i operasjonen av brannvannssystemet	f
	Høy viskositet på smørljesystem	Dårlig smøringseffekt vanskelighet i oppstart	a
	Material skjørbarhet	Brudd, sprekkdannelse	Se kap. 9.2.1
Atmosfærisk ising	Nedising av ventiler	Vanskeligheter i å utføre inspeksjon, testing, vedlikehold	a, d, f,
	Svikt i instrumentering	Feil i operasjonen av brannvannssystemet	f
Snø- / isopphopping	blokkering av luftinntak	Dårlig ytelse, nedstengning	Se kap. 9.2.2, 9.4.5.2 og 9.4.6
Dårlig vær og lang avstand fra land	Forsinkelser i anskaffelse av reservedeler / servicemannskap	Større nedetid / utilgjengelighet	Reservedel, logistikk og vedlikehold filosofi

12.4.2 Nødkraftssystem

Det refereres til kap. 9.4.5 i denne rapporten angående vinteriserings problemstillinger knyttet til hovedkraft og nødkraft funksjon på boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst. Tabellen under gir en oversikt over de mest aktuelle miljørelaterte sårbarhetsfaktorer knyttet til hoved- og nødkraftssystemer.

Tabell 12-6 Oversikt over mest aktuelle sårbarhetsfaktorer til hoved- /nødkraftssystemer på innretninger som skal operere i Barentshavet sørøst

Årsak	Effekt på system	Konsekvens	Vinteriserings tiltak
Lav temperatur (luft)	Frysing av vann i rørledninger til generatorenes kjølesystemer	Blokkering av vanntilførsel til kjølesystemet	Se kap. 9.4.5.5
	Brudd i rør pga. vannfrysing og/eller material svekkelse	Vannlekkasje – tap av kjølefunksjon	Se kap. 9.4.5.5
	Motorstart svikt	Bortfall av kraftproduksjon	Se kap. 9.4.5.1 / 2
	Forringelse i dieselkvalitet	Dårlig motoreffekt-svikt i oppstart	Se kap. 9.2.1 og 9.4.5.3
	Høy viskositet på smørljesystem	Dårlig smøringseffektvanskelighet i oppstart	Se kap. 9.2.1
	Material skjørbarhet	Brudd, sprekkdannelse	
Snø- / isopphoping	blokkering av luftinntak	Dårlig ytelse, nedstengning	Se kap. 9.2.2, 9.4.5.2 og 9.4.6
Dårlig vær og lang avstand fra land	Forsinkelser i anskaffelse av reservedeler / servicemannskap	Større nedetid / utilgjengelighet	Reservedel, logistikk og vedlikehold filosofi

12.4.3 BOP

Det refereres til kap. 8.2.3 og 8.3.3 i denne rapporten angående vinteriserings problemstillinger knyttet til BOP funksjon på boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst. Tabellen under gir en oversikt over de mest aktuelle miljørelaterte sårbarhetsfaktorer knyttet til BOP systemet.

Tabell 12-7 Oversikt over mest aktuelle sårbarhetsfaktorer til BOP systemet på innretninger som skal operere i Barentshavet sørøst

Årsak	Effekt på system	Konsekvens	Vinteriserings tiltak
Lav temperatur (luft)	Material skjørbarhet	Brudd, sprekkdannelse	Se kap. 8.2.11.5 / 7 8.3.3 og 8.3.11,9.2.2
	Hydraulisk olje	Dårlig systemytelse, skader på utstyr	
Isfjell	Dannelse av pløysespor på havbunnen	Rivning av BOP stack, ødeleggelse av brønnhode, utblåsning	Se kap. 8.2.3, 8.2.11, 8.3.3 og 8.3.11
Atmosfærisk ising	Nedising av utstyr, ventiler	Vanskeligheter i å utføre inspeksjon, testing, vedlikehold og skade på utstyr	Se kap. 8.2.11 og 8.3.11
Snø- / isopphoping	Redusert tilgang til utstyr	Vanskeligheter i å utføre inspeksjon, testing, vedlikehold/skade på utstyr	Se kap. 8.2.11 og 8.3.11
Dårlig vær og lang avstand fra land	Forsinkelser i anskaffelse av reservedeler / servicemannskap	Større nedetid / utilgjengelighet	Reservedel, logistikk og vedlikehold filosofi

13. BARRIERESTYRING

13.1 Innledning

Barrierer og barrierestyring er relevante begreper til både store og små ulykker men rapportens hovedtema er barrierer som er relevante til store ulykker. Akseptabelt risikonivå eller risikonivå så lavt som praktisk mulig (ALARP) oppnås først og fremst ved bruk av løsninger som er iboende sikre (inherent safe). Risikoreduserende barrierer brukes når iboende sikre løsninger ikke er mulige eller gjenværende risiko er høyere enn det som kan aksepteres. Barrierer omfatter 3 grupper av risikoreduserende tiltak:

- Tekniske tiltak
- Operasjonelle tiltak
- Organisatoriske tiltak

Formålet med dette kapittelet er å vise på hvilke måter barrierer, og barrierestyring i sin helhet, kan påvirkes av miljø og geografiske forhold i Barentshavet sørøst. Iverksettelse av tiltak som vinterisering vil være nødvendig for å muliggjøre operasjonen av boreinnretninger i Barentshavet sørøst. Dette innebærer imidlertid at når vinteriseringstiltak, f.eks. antiising, brukes for å beskytte sikkerhetssystemer mot miljø stressfaktorer (ytelsespåvirkende faktorer), så bør man ta hensyn til hvordan svikt i antiisingssystemet kan påvirke funksjonaliteten til værutsatte sikkerhetsfunksjoner / barrierer.

For å utdype betydningen av temaene barrierer og barrierestyring i boreoperasjoner i Barentshavet sørøst gir dette kapitlet en kort beskrivelse av bl.a. følgende emner i sin innledning:

- Store ulykker som kan ramme boreinnretninger
- Sikkerhetsbarrierer
- Definisjonen av barrierer fra forskjellige kilder
- Eksempler på katastrofale borerigg ulykker, samt en sammenligning med forsvar i dybden i kjernekraft industri

13.1.1 Store ulykker og arbeidsulykker

I følge ref. [68], er store farer (Major Hazards) farer med potensiale til å resultere i:

- flere dødsfall eller permanent omfattende funksjonshemminger
- omfattende skader på MODU struktur
- omfattende og alvorlige virkning på miljø

Flytende offshore boreinnretninger (som halvt nedsenkbare og boreskip) kan rammes av følgende store ulykker:

- Utblåsning (havbunn, på dekk, under boring, komplettering, P&A og brønnvedlikehold)
- Brann (antent utblåsning, brann i brønntest området, osv.)
- Eksplosjon (i boremodul eller slambehandlingsmodul)

- Helikopterulykke o på boreinnretning under landing eller takeoff o under flygning mellom innretning og heliporter
- Tap av posisjonering (f.eks. svikt i ankrings- / dynamisk posisjoneringssystem, brann i maskinerirom, uvær, storm)
- Tap av strukturell integritet (f. eks strukturell svikt i skrog, ballasttank, støttestruktur)
- Tap av stabilitet (f.eks. ballasteringssystem feil, forskyvning/endring i lastbelastning, uvær, storm)
- Kollisjon (f.eks. med forsyningsfartøy, fiskefartøy, isfjell)
- Fallende last ((på boredekk, rørdekk, laydown områder, over havet / forsyningsbåt)
- H2S utslipp (ingen boringer er utført i den nordlige delen av Barentshavet sørøst og dermed tilstedeværelse av H2S er ukjent. Økt vinterisering som fører til mindre ventilasjon kan øke sannsynligheten for forekomst av høyere H2S konsentrasjoner hvis reservoaret inneholder H2S gass. Det forventes ikke at selve H2S deteksjon vil være en utfordring. Deteksjon følger industriens etablerte beste praksis for områder som boredekk, shale shakers, slam tank og pumpe rom, brønntestområdet")

En annen kategori av ulykker er arbeidsulykker. Omfanget av konsekvenser knyttet til arbeidsulykker er begrenset sammenlignet med de store ulykkene. Beliggenhet og værforholdene i Barentshavet sørøst har negative virkninger på hyppigheten og konsekvensene til store ulykker, så vel som arbeidsulykker hvis de nødvendige risikoreduserende tiltakene som bl.a. vinterisering, ikke settes i verk. Følgende ulykker kan sorteres som arbeidsulykker.

- Mann over bord situasjon (mørke og kaldt klima har negativ effekt på sannsynligheten for overlevelse og redning)
- Fall fra høyde (pga. nedisede / glatte gangveier, trapper, rekkverk, osv.)
- Fallende last (f.eks. brekk og fall av hengende isblokker)
- Elektrisk støt
- Klem- og kuttskader
- Eksponering til kjemikalier
- «Slip-trip-fall» ulykker (pga. nedisede / glatte gangveier, trapper, rekkverk, osv.)

Som nevnt ovenfor er det store ulykker som er hovedtemaet i denne rapporten.

13.1.2 Storulykkes risikobilde i boreriggoperasjoner

Antall boreinnretningshendelser kategorisert etter deres type som har ført til store skader eller totalt tap av innretningen er listet i tabell 13-1 (ref. [69]). Oversikten er basert på ulykkesdata i perioden 1970 – 2007. Uthevet tekst indikerer hendelseskategorier som er relevant for denne studien.

Tabell 13-1 Antall boreinnretnings hendelser som har ført til store skader eller totalt tap av innretningen

Type innretning	Antall totalt tap av innretning under boring + komplettering	Antall innretninger med store skader under boring + komplettering
Boring fra betong struktur	-	15+1
Bore lekter	9+2	7
Boreskip	3	2
Bore hjelpefartøy	1	
Helikopter ulykke (boring relatert)		17+3
Boring fra jacket	10	44
Oppjekkbar borerigg	30	0
Halvt nedsenkbar borerigg	4+1	-

I forbindelse med hovedårsaker til store skader eller totalt tap av boreinnretninger oppgir referansen følgende årsaker:

Tabell 13-2 Hovedårsaker til totalt tap av boreinnretninger

Boreinnretning	Hovedårsaker til totalt tap av boreinnretninger
Boreskip	kantring
Halvt nedsenkbar borerigg	Kantring, brann, Tap av oppdrift
Oppjekkbar borerigg	Kantring, Tap av oppdrift, brann, brudd/utmatting

Tabell 13-3 Hovedårsaker til store skader på boreinnretninger

Boreinnretning	Hovedårsaker til store skader på boreinnretninger
Boreskip	Utblåsning, kantring, kollisjon, fallende last, utmatting / brudd
Halvt nedsenkbar borerigg	Kollisjon, Kantring, brann, Tap av oppdrift, lekkasje i skroget, miste posisjon
Oppjekkbar borerigg	Utblåsning, Kantring, kollisjon, Tap av oppdrift, eksplosjon, brann, brudd/utmatting

13.1.3 Sikkerhetsbarrierer

13.1.3.1 Barrierekrav omtalt i regelverket

Ptils innretningsforskriften krever implementering av følgende barrierer:

1. barrierer som kan oppdage unormale tilstander
2. barrierer som kan redusere muligheten for at feil og fare- og ulykkessituasjoner utvikler seg
3. barrierer som kan begrense mulige skader og ulemper

Hovedbarrierer mot ulykkessituasjoner ifølge Ptils regelverk er beskrevet i kap. 9. Disse barrierer skal hindre eskalering, opprettholde hovedbæreevnen i bærende konstruksjoner, beskytte sikre områder og rom som er viktige for bekjempelse av ulykkeshendelser og opprettholde minst en evakueringsvei.

I følge Ptils beskrivelse brukes barrierer både for å redusere sannsynligheten til uønskede hendelser og/eller eliminere /begrense konsekvenser av slike hendelser (SF § 4, § 14).

Barrierer er ifølge ref. [70], tekniske, operasjonelle og organisatoriske elementer som enkeltvis eller til sammen skal redusere muligheten til at konkrete feil, fare- og ulykkesituasjoner inntreffer, eller som begrenser eller forhindrer skader/ulemper. I følge den samme referansen er **barrierestyring** Koordinerte aktiviteter for å etablere og opprettholde barrierer slik at de til enhver tid opprettholder sin funksjon.

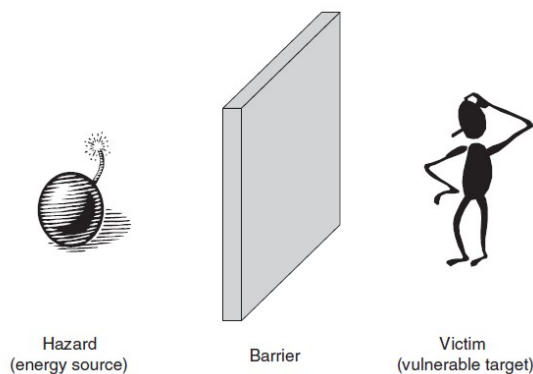
13.1.3.2 Krav relatert til utforming av brønnbarrierer

Krav relatert til utforming av brønnbarrierer er omhandlet i kapittel VIII i Innretningsforskriften med referanser til NORSOK D-001, D-002 og D-010 og DNV-OS-E101. Forskriften krever blant annet følgende:

- Flytende innretninger skal være utstyrt med et frakoplingssystem som sikrer brønnen og frigjøre stigerøret før kritisk vinkel inntreffer
- Flytende innretninger skal ha kapasitet til å kople fra stigerørspakken etter at skjærventilen har kuttet arbeidsstrengen
- Flytende innretninger skal ha et alternativt aktiveringssystem for aktivering av kritiske funksjoner på BOP til bruk ved eventuell evakuering (f.eks. vha. akustisk operert, ROV operert)
- Borevæsketanlegget skal utformes slik at det blander, lagrer, sirkulerer og renser tilstrekkelig volum av borevæske med nødvendige egenskaper for å ivareta borevæskens bore- og barrierefunksjoner
- Høytrykksdelen av borevæsketanlegget med tilhørende systemer skal i tillegg ha kapasitet og arbeidstrykk til å kunne kontrollere brønntrykket til enhver tid
- Sementeringsanlegget skal utformes slik at det blander, lagrer og leverer nøyaktig volum av sement med nødvendige egenskaper for å ivareta forsvarlig forankring og barriereintegritet

13.1.3.3 Barrieredefinisjon

Etter ref. [71] er begrepet sikkerhetsbarrierer og lignende begreper (som forsvar i dybden, «Layers of Protection», sikkerhets kritiske funksjoner / systemer) brukt i forskrifter, standarder og vitenskapelige litteratur. Etter den samme referansen er begrepet sikkerhetsbarrierer ofte relatert til en ulykkes modell kalt energi modell.



Figur 13-1 Energimodellen som viser hvordan en barriere beskytter sårbare mål som f.eks. mennesker mot ulike energikilder (ref. [71])

Ref. [70] og [71] gir følgende definisjoner relevant til barrierer:

- **Barrierer** er fysiske og / eller ikke-fysiske midler planlagt å forebygge, kontrollere eller redusere konsekvensene til uønskede hendelser eller ulykker. Barrierer ifølge ref. [70] er **tekniske**, **operasjonelle** og **organisatoriske** elementer som enkeltvis eller til sammen skal redusere muligheten for at konkrete feil, fare- og ulykkesituasjoner inntreffer, eller som begrenser eller forhindrer skader/ulemper.
- En **barrierefunksjon** er en funksjon planlagt for å forebygge, kontrollere eller redusere konsekvensene til uønskede hendelser eller ulykker. Barrierefunksjoner beskriver hensikten med sikkerhetsbarrierer eller hva sikkerhetsbarrierer skal utføre for å forebygge, kontrollere eller redusere konsekvensene til uønskede hendelser eller ulykker. Barriere-funksjon ifølge ref. [70] er oppgaven eller rollen til en barriere og som eksempel er å forhindre lekkasje, forhindre antenning, redusere brannbelastning og sikre forsvarlig evakuering
- Et **barrieresystem** er et system som er utformet og konstruert for å utføre en eller flere barrierefunksjoner. Et barrieresystem kan ha flere barrierefunksjoner og i noen tilfeller kan det være flere barrieresystemer som er nødvendig for å utføre en barrierefunksjon. Barrieresystemet kan bestå av forskjellige typer av systemelementer, f.eks., fysiske og tekniske elementer (maskinvare, programvare), operasjonelle aktiviteter som utføres av mennesker, eller en kombinasjon derav.
- Et **barriereelement** er en komponent eller et delsystem av et barrieresystem som i seg selv ikke er tilstrekkelig til å utføre en barrierefunksjon. Ref. [70] definerer barriereelementer som tekniske, operasjonelle eller organisatoriske tiltak eller løsninger som inngår i realiseringen av en barrierefunksjon. Referansen [70] har noe bredere definisjon siden den inkluderer operasjonelle og organisatoriske tiltak i tillegg til tekniske elementer i realisering av sikkerhetsfunksjoner.

Følgende eksempel fra ref. [72] viser barrierefunksjon og barriereelementer, så vel som ytelseskrav og ytelsepåvirkendefaktorer ifm. tap av brønnkontroll, som er en av relevante DFUer (definerte fare- og ulykkesituasjoner (DFU)) knyttet til boreinnretningsoperasjon.



Figur 13-2 Sammenheng mellom tekniske, organisatoriske og operasjonelle barriere-elementer for brønnkontroll (ref. [72])

13.1.4 Forsvar i dybden i kjernekraftverk industri

Omfanget av skader og ødeleggelser etter en ulykke i olje & gass industri kan bli enorme hvis samtlige tiltenkte sikkerhetsbarrierer ikke fungerer / feiler i å utføre sine funksjoner ved behov i en ulykkessituasjon. Når det gjelder risiko og barrierestyring er det rimelig å vurdere barrieretankegang i offshore industri opp mot begrepet forsvar i dybden i kjernekraft industri. Begrepet forsvar i dybde som brukes av det internasjonale atomenergibyrået (IAEA) har store likheter med barrierekonseptet introdusert i Ptils regelverk. I følge ref. [73] er forsvar i dybden den grunnleggende metoden for å forebygge ulykker og redusere konsekvensene av ulykker i kjernekraftverk industri. Dette Konseptet skal brukes i kjernekraftverk industri på alle sikkerhetsrelaterte aktiviteter, enten organisatoriske, atferdsmessige eller design relaterte, og i alle driftstilstander. Forsvar i dybden er implementert i første rekke gjennom en kombinasjon av et antall uavhengige nivåer av barrierer som måtte feile hver og alle før skadelige effekter av uønskede hendelser kunne ramme menneskelige liv eller miljøet. Det er definert fem nivåer av barrierer i forsvar i dybden:

- 1- Forhindre avvik fra normal drift og svikt i elementene viktig for sikkerheten. Dette krever at anlegget prosjekteres, utføres, vedlikeholdes og drives forsvarlig og er i samsvar med prinsippene i kvalitetsledelse og velprøvde beste praksis i ingeniørarbeidet.
- 2- Detektere og kontrollere avvik fra normale driftstilstander for å forhindre at forutsatte operasjonelle hendelser ved anlegget som har potensiale til å eskalere til ulykkessituasjoner inntreffer.
- 3- Hindre eskalering slik at ulykkessituasjoner ikke kan utvikle seg, som f. eks, bruk av sikkerhetsfunksjoner, sikkerhetssystemer og prosedyrer i tilfelle det er skader på reaktorkjernen eller radioaktive utslipp.
- 4- Redusere konsekvensene av ulykker som følge av svikt i det tredje nivået. Dette oppnås ved å hindre progresjonen av slike ulykker og minske følgene av en alvorlig ulykke. Målet er å unngå eller minimere forurensning i ytre område (off-site).
- 5- Redusere de radiologiske konsekvensene av radioaktive utslipp ved å kreve etablering av velutstyrte beredskapstjenester og tilstrekkelige beredskapsplaner / nødprosedyrer for «on-site» og «off-site» beredskap.

13.1.5 Tilbakeblikk på noen av store boreinnretnings ulykker

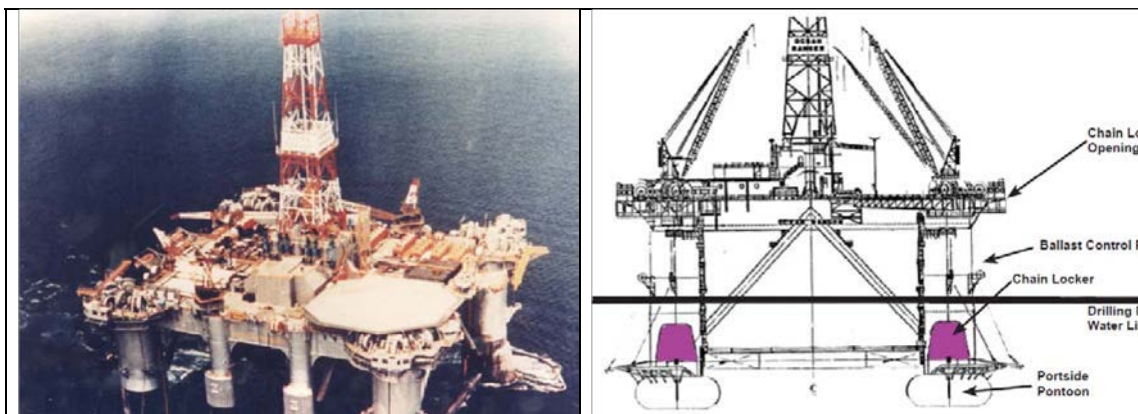
Følgende eksempler viser hvordan svikt i flere tekniske, operasjonelle og organisatoriske barrierer har ført til boreoperasjonsulykker med store konsekvenser.

13.1.5.1 Ocean Ranger kantring – Newfoundland / Canada (1982)

Direkte årsaken til Ocean Ranger ulykken er sporet tilbake til et knust vindu i ballast kontrollrommet som var plassert innenfor rekkevidden av sprut fra de store bølgene i Atlanterhavet [74]. Kort tid etter klokka 3 om natten den 15. februar 1982 knuste vinterstorm vinduet i ballast kontrollrommet og førte til synking av Ocean Ranger som var den største halvt nedsenkbare borerigg av sin tid, og tapet av sin 84 mannskap. Vinduet i utgangspunktet hadde et ståldeksel for beskyttelse mot sammenstøt fra bølgene men dekslet sto åpent hele tiden. Grunnen til det var at det var pålagt å sjekke amningsmerker på riggens ytre ben fra dette vinduet og det å la ståldekselet stå åpent hele tiden ble til en uvane hos mannskapet.

På ettermiddagen den 14. februar 1982, startet Ocean Ranger mannskap for å koble fra brønnhodet utenfor kysten av Newfoundland fordi en stor storm var på vei, men den samme kvelden knuste vinterstormen det ovennevnte vinduet og sjøvann ble sprøytet inn i ballast kontrollrommet. Dette forårsaket kortslutning og ødeleggelser av ballast kontrollsystemet som førte videre til at ballastventilene som var beregnet til å kontrollere stabiliteten av riggen ble åpnet og lukket ukontrollert på egen hånd. Bakenforliggende årsaker til ulykken var bl.a.:

- Mangelfull kompetanse og training av mannskapet for å betjene ballastkontrollventilene manuelt
- Utilstrekkelig antall av livbåter (den eneste livbåten som ble utløst ble skadet av vinterstorm og kantret med omtrent 30 mann ombord)
- Mangelfull ledelse og training på nødresponssituasjoner



Figur 13-3 Ocean Ranger (ref. Porthole to failure - NASA system failure case studies, Dec. 2011, Volume 5, Issue 12)

13.1.5.2 West Atlas / Montara utblåsning – Timorhavet / Australia (2009)

Montara utblåsning ulykken inntraff 21. august 2009 mens West Atlas oppjekkbare borerigg boret over Montara brønnplattformen i Timor havet. Svikt i «best oljefelt praksis» har blitt identifisert som hovedårsaken til Montara utblåsning.

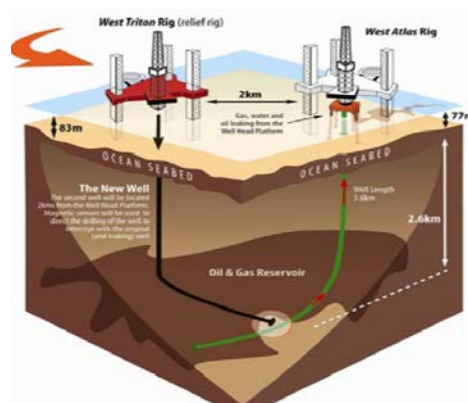
Boreprogrammet for feltet inkluderte planer om å bore fem brønner mellom januar og april 2009 og deretter forlater boreriggen feltet slik at Topside fasiliteter kunne bli installert på understellet til brønnplattformen. Det var videre planlagt å få West Atlas tilbake i august for å koble tilbake brønnene til Montara brønnplattformen. Nødvendige tiltak for å forlate brønnen i en sikker tilstand mellom disse to fasene av arbeidet var definert av oljeselskapet PTT «Well Construction standard» (WCS), likevel ingen av disse tiltakene ble satt på plass i henhold til deres standard. PTTs standard krevde at to bekreftede barrierer mot ukontrollert strømning fra reservoaret til overflaten skal være på plass når brønnen blir suspendert (ref. [75]). De ulike barrierer som skulle ha vært på plass for å hindre strømningen fra brønnen før utblåsning er oppsummert i følgende tabell:

Tabell 13-4 Barrierer og deres status i Montara utblåsning (ref. [75])

Barrier	Testing / overvåkning	Status
Sementert 9 5/8 "fôringsrør sko	Ikke testet	Ineffektiv
13 3/8 "PCCC	Ingen	Ikke installert
9 5/8 "PCCC	Ikke integritet testet når installert	Ikke utformet som barriere mot utblåsning og fjernet før utblåsningen
Balansert brønnvæske	ikke overvåket	Ikke oppnådd

Bakenforliggende årsaker til ulykken var bl.a.:

- «Well operations management plans» (WOMP) og brønnkonstruksjon Standards (WCS) var generisk og tvetydig
- PTT personell manglet nødvendige ferdigheter og erfaring
- Ingen av riggens- eller landspersonell innsett at sementering av brønnen var svekket
- Register/journaler og kommunikasjon var defekt (spesielt mellom skift og land) □
Myndighetene ble holdt i mørket



Figur 13-4 (Venstre) West Atlas jack-up borerigg etter utblåsningsulykken (ref. Montara Wellhead Platform Incident, www.nt.gov.au), (Høyre) Boring av en avlastningsbrønn West Triton borerigg (ref. Montara Blowout, Jane Cutler presentasjon)

Heldigvis førte ikke ulykken til noen personskader på West Atlas og alle 69 mannskapet evakuerte boreriggen vha. livbåter etter utblåsningen. Likeså greide konstruksjonsinnretningen «Java Constructor» som opprinnelig lå ved siden av West Atlas forlater sin posisjon uten skader på fartøyet og mannskapet. For å få kontroll over utblåsningen startet West Triton borerigg boring av en avlastningsbrønn 14. September. Etter femte forsøk i 1. november greide West Triton å krysse banen på brønn H1 fra West Atlas og brakte brønnen under kontroll, men på samme dag ble West Atlas rammet av en heftig brann forårsaket av antennelse av utblåsningen. Den brannen fortsatte i ytterligere to dager før brønnstrømningen ble brakt under kontroll. En måned senere ble brønnen endelig erklært trygt. Anslagsvis ble 29,600 fat (ca. 4700 kubikkmeter) olje slippet ut i Timorhavet i løpet av 74 dager til avlastningsbrønnen kom på plass.

13.1.5.3 Deepwater Horizon utblåsning – Mexico golfen/ USA

Deep Water Horizon var en femte generasjon dynamisk posisjonering halvt nedsenkbar borerigg som ble bygd i 2001. Deepwater Horizon ble operert av Transocean og var under kontrakt med BP i Mexicogolfen (GEM) i ca. 9 år før ulykken inntraff. I løpet av denne tiden hadde innretningen boret ca. 30 brønner hvor to tredjedeler av dem var letebrønner. Riggen ble valgt til å fullføre Macondo-letebrønn etter å ha fullført sitt tidligere prosjekt Kodiak avgrensningsbrønn.

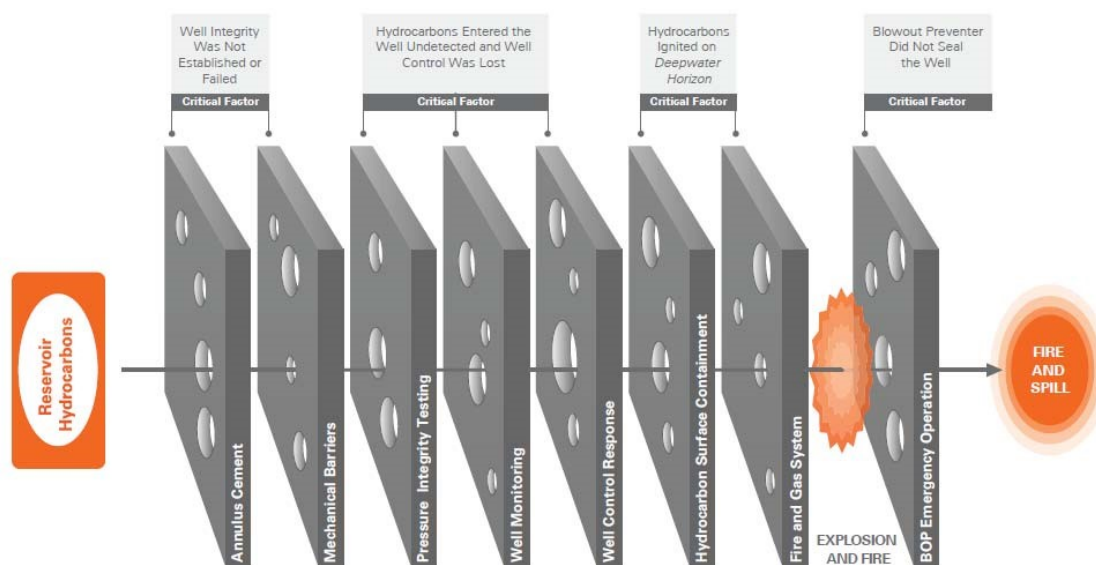
I tidspunktet Macondo brønnen nådde hydrokarbonbærende reservoaret på 5600 m dybde ble det besluttet å forlate brønnen midlertidig og komme tilbake og fullføre den som en produksjonsbrønn senere, i fremtiden.

I følge ref. [76], var det 8 nøkkelfaktorer som forårsaket Macondo Deep Water Horizon ulykken:

- 1- Ringrommets (annulus) sementbarrieren ikke ga god nok isolering mot hydrokarbon innstrømning

- 2- Sement plugg barrieren (shoe track) ikke ga god nok isolering mot hydrokarbon innstrømning
- 3- Godkjenning av negativ trykktest selv om brønnbarrierer ikke var etablert (dvs., verifisering av integriteten til mekaniske barrierer: sementpluggen, produksjons føringsrør og pakningsarrangement for foringsrørshenger)
- 4- Hydrokarbonsinnstrømming ble ikke oppdaget før den var i stigerøret
- 5- Brønnkontroll relaterte responshandlinger ikke klarte å gjenvinne kontrollen over brønnen (dvs. innstrømning burde være rutet til overboard avledningslinje istedenfor slam gass separatoren)
- 6- Overbelastning av gass separatoren førte til spredning av hydrokarbon gass på riggdekk fra separatorens vent linje
- 7- Brann & gass deteksjonssystem ikke greide å hindre antennelse av hydrokarboner som nådde tennkilder gjennom ventilasjonsanlegg på riggen
- 8- BOP greide ikke å stoppe innstrømningen

Figuren under oppsummerer barrieresvikt som beskrevet ovenfor etter en «Swiss-cheese» modell fra ref. [76].



Figur 13-5 Svikt i barrierer i Macondo Deep Water Horizon ulykken (ref. [76])

13.2 Barrierestyring

Barrierestyring er en integrert del av selskapenes HMS / KS-styring der standarder som ISO:9000 og ISO:31000 legges til grunn for barrierestyring. Barrierestyring handler om at det skal foreligge en systematisk og kontinuerlig prosess for å sikre at barrierer er relevante, effektive og robuste til enhver tid under operasjon.

Boreoperasjon i Barentshavet sørøst må takle store utfordringer som følge av barskere klima, lang avstand fra land og mørketid. Risikobildet er annerledes og høyere i noen aspekter sammenlignet med andre områder som f.eks. Nordsjøen. Dert er altså meget viktig at prosessen til barrierestyring følges opp under både mobilisering, drift og demobilisering av boreinnretninger beregnet for operasjon i Barentshavet sørøst.

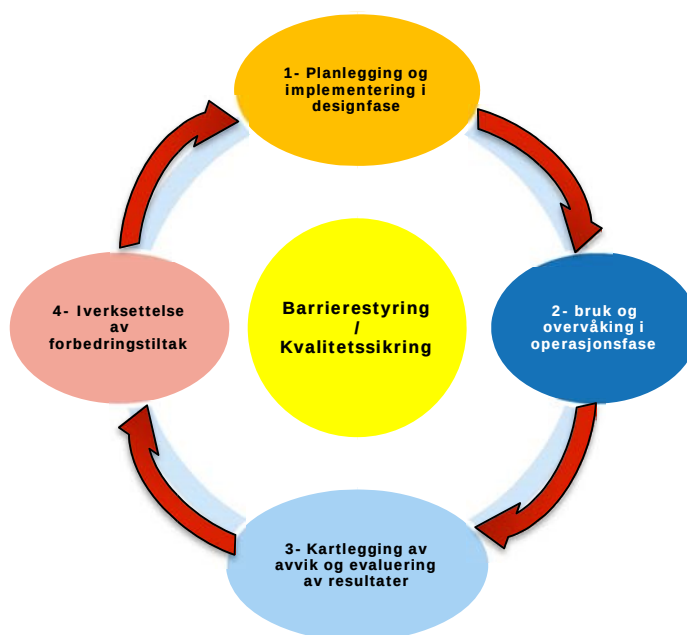
Barrierestyringsprosess består av følgende trinn:

Trinn 1- Planlegging og implementering av barrierer i design- og byggefase

Følgende elementer går inn i første trinn av barrierestyringsprosess: (ref. [70])

- Bestemmelse av kontekst
- Risikovurdering
- Identifisere potensielle fare- og ulykkessituasjoner
- Etablere barrierefunksjoner, barriereelementer og tilhørende ytelseskrav
- Gjennomføre risikoanalyser og nødvendige sikkerhetsstudier/analyser
- Vurdering og evaluering av risiko – Etablere risikobildet
- Risikohåndtering
- Etablere spesifikk barrierestrategi og spesifikke ytelsesstandarder
- Kommunikasjon og konsultasjon

For boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst innebærer dette at det bør foreligge dokumentasjon om at de sære forholdene som er påpekt i denne rapporten er vurdert i risikoanalyser, samt spesifikk barrierestrategi og spesifikke ytelsesstandarder er etablerte og implementert i designen.

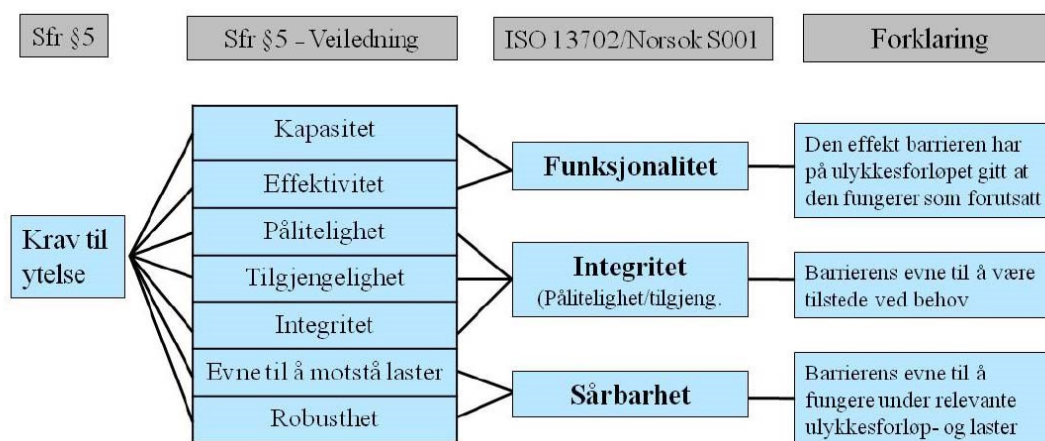


Figur 13-6 Barrierestyringssirkel

Trinn 2 – Bruk og overvåking i operasjons fase

Design grunnlaget i forrige trinn skal overvåkes, gjennomgå og eventuelt oppdateres i operasjons fase. Ytelsen til Barrierer skal måles og verifiseres etter forutsetninger og ytelseskrav grunnlagt i prosjekteringsfase. Nødvendige inspeksjon, testing og vedlikehold skal utføres for å

oppretholde ytelsen til barrierer under drift. Figuren under viser ytelseskrav til tekniske barriereelementer ifølge Ptils regelverk (ref. [70])



Figur 13-7 Ytelseskrav til tekniske barriereelementer ifølge Ptils regelverk (ref. [70])

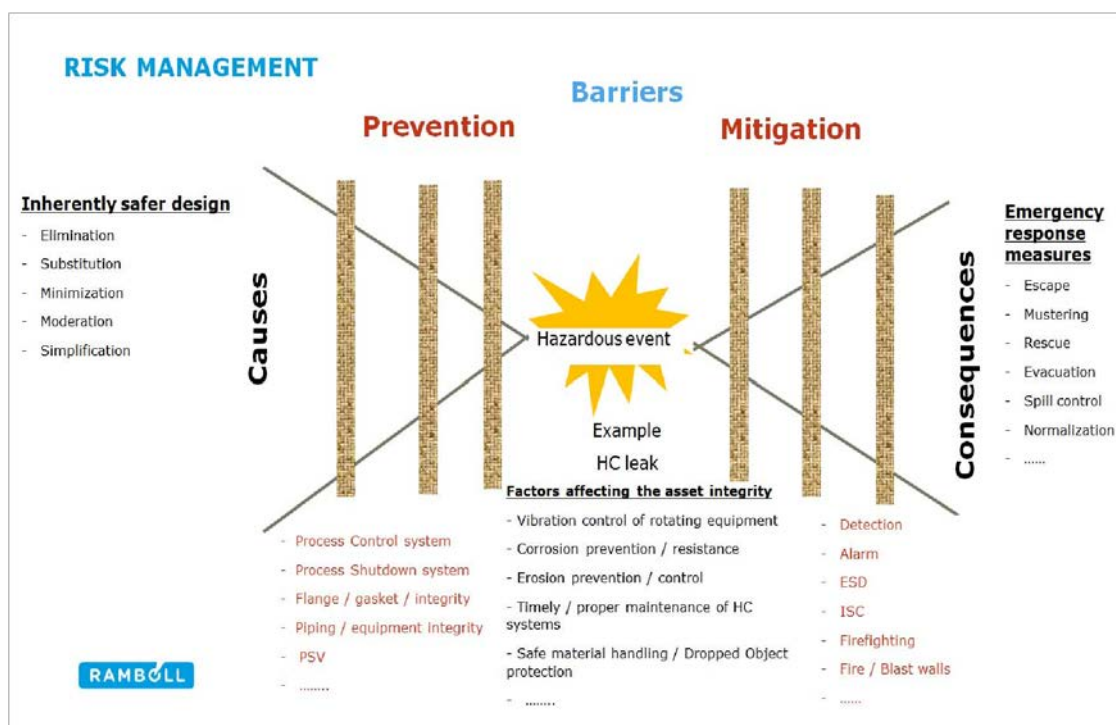
Klima og beliggenhetsforholdene i Barentshavet sørøst kan ha negative påvirkninger på barrierenes ytelse både mht. funksjonalitet, integritet og sårbarhet hvis bl.a. tilstrekkelige vinteriseringstiltak ikke implementeres på værutsatte barriereelementer.

Trinn 3 & 4– Evaluere resultater fra trinn 2 og iverksette forbedringer

- Etablere systemer og prosesser for å vurdere resultatene fra trinn 2 og identifisere, vurdere og håndtere endringer eller avvik fra etablerte antakelser og forutsetninger
- Evaluere resultater og definere forbedringstiltak
- Iverksette forbedringstiltakene

13.3 Sløyfediagram (Bow-tie diagram)

Sløyfe (bow-tie) diagram er en av de mest formålstjenlige analysemetodene for å visualisere sammenhengen mellom årsak og effekt i ulykkes scenarier. Den i tillegg visualiserer effekten av forebyggende og skadebegrensende / konsekvens reduserende tiltak på store ulykkes hendelsesforløp. Risikostyring starter med å vurdere om iboende trygge løsninger er mulige og hvis de ikke er mulige, så skal årsakene til uønskede hendelser identifiseres og forebyggende tiltak iverksettes for å eliminere eller forhindre at årsaker fører til uønskede hendelser. Dette er vist i figuren nedenfor.

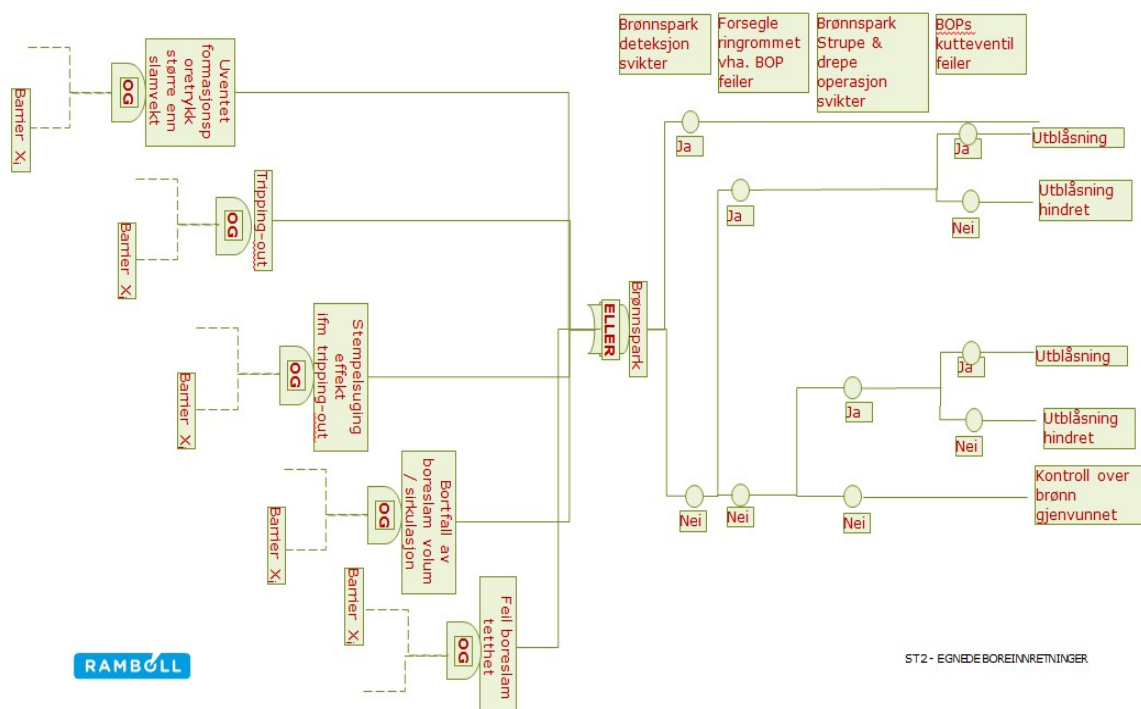


Figur 13-8 Sløyfediagram (Bow-tie)

Sløyfediagram sammenstilles av å kombinere feil- og hendelsetre diagrammer i et felles diagram for å illustrere hendelsesforløpet og kan brukes i både kvalitative og kvantitative ulykkesanalyser.

Feiltreanalysen som er på venstre siden av sløyfediagrammet benyttes til å analysere hendelsesforløpet fram til en bestemt topphendelse som karakteriserer frigjørelse av energi med potensiale for eskalering til ulykke med konsekvenser for menneskeliv, miljø og materielle verdier. Feiltreanalysen kartlegger basishendelser (årsaker) eller kombinasjon av hendelser som kan fører til topphendelsen i feiltreet (f.eks. brønnsplask (kick)), som igjen er utgangspunktet for neste analysemetoden i sløyfediagrammet, nemlig den «initierende hendelsen» i hendelsetreanalysen (Event Tree Analysis) skissert på høyre siden av sløyfediagrammet.

Følgende eksempel illustrerer strukturen på et sløyfediagram. Eksempelet er basert på et forenklet hendelsesforløp ifm. brønnsplask og utblåsning (kick and blowout). Diagrammet er kun for illustrasjon og tar ikke alle relevante aspekter i betraktning.



Figur 13-9 Sløyfediagram for et forenklet hendelsesforløp ifm. brønnsпарк (Kick) og utblåsning (Blowout)

For å skissere et helhetlig bilde av risiko bør effekten av vinteriseringstiltak på ytelsen av barrierer inkorporeres i begge sider av sløyfediagrammet.

13.4 Anleggsintegritet og bruk av KPI begrepet i styring av barrierer / vinteriseringstiltak

På Norsk sokkel brukes begrepet KPI (Key Performance Indicator) i sammenheng med bl.a. produksjons effektivitet og produktivitet. Hensikten med dette avsnitt er å presentere KPI begrepet som brukes i sammenheng med barrierestyring (ref. [77]) og utvide den til å gjelde ytelsen av vinteriseringstiltak.

I motsetning til yrkesskader er store tap vanligvis et resultat av svikt i en eller flere sikkerhetsbarrierer og ofte innenfor komplekse scenarier. Godt arbeidsmiljø og sikkerhet på en arbeidsplass garanterer ikke god forebygging av store hendelser (ref. [78]). Anleggsintegritet (Asset Integrity) er en systematisk tilnærming for å forhindre store ulykker. Metoden er basert på å bruke god design, konstruksjon og operasjonelle prinsipper til å sikre at farlige materialer eller energi ikke frigjøres ved et uhell.

For å vurdere og forbedre utførelsen av anleggsintegritet, f.eks. på en boreinnretning, bør konkrete og klare KPIer for anleggsintegritet defineres og registreres under operasjonen av anlegget og deretter vurderes mot de forhåndsdefinerte målene for sikkerhet og integritet. I hovedsak er det 2 typer av KPIer:

- 1- Laggende (Lagging) indikatorer som er basert på faktiske uønskede hendelser og svikt / feil i barrierer og gir retrospektive innsikt / etterpåklokskap
- 2- Ledende (Leading) indikatorer som utarbeides basert på overvåking og gjennomgang av barriererens integritet og funksjonsdyktighet [77]

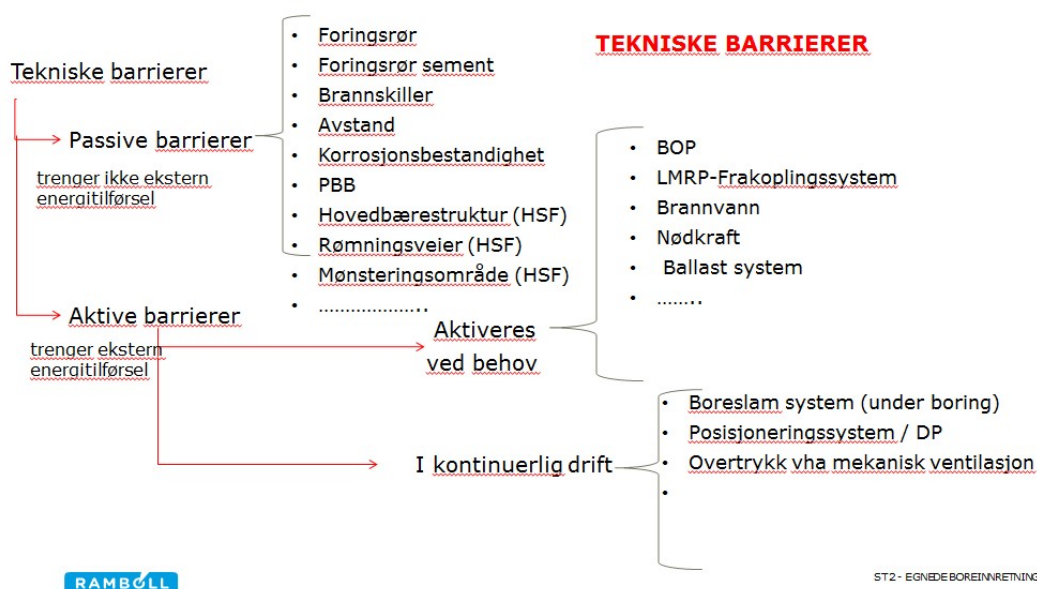
Store ulykker listet opp under kap. 13.1 er typiske uønskede hendelser som kan ramme boreinnretninger. Generelt bør alle boreinnretninger og særlig de som skal operere i

Barentshavet sørøst ha formålstjenlige laggende og ledende KPIer. I denne sammenheng er det også viktig å legge merke til at vinteriseringstiltakene som bidrar til å beskytte anlegget, barrierer og personalet mot ugunstige miljøforholdene i Barentshavet sørøst bør ha en vis integritet. Det er dermed viktig å ta hensyn til ytelsen til vinteriseringstiltakene i formuleringen av KPIer.

Grunnen til denne vurderingen er at svikt i vinteriseringstiltak kan enten være årsaken til å initiere et hendelsesforløp (f.eks. isdannelse og forandringer i lastfordeling og forringende effekt på stabilitet) eller bidrar i at barrieren ikke fungerer ved behov slik det var tiltenkt (f.eks. brannvanns tilførselslinjer fryser i kulde og er ikke tilgjengelig ved behov).

13.5 Tekniske barrierer

I følge veiledningen til Innretningsforskriften kan fysiske barrierer / sikkerhetsfunksjoner deles inn i aktive og passive barrierer. Aktive sikkerhetsfunksjoner eller barrierer trenger ekstern energi for å utføre deres funksjoner mens passive trenger ingen ekstern energitilførsel.



Figur 13-10 Inndeling av tekniske barrierer i aktive og passive barrierer

Aktive tekniske barrierer kan være helt automatiserte, dvs. at deres aktivering ikke trenger noen operator inngrep for aktivering. De har felt monterte følere som måler respektive parametere og ved avvik fra normal tilstand aktiverer de tiltenkte pådragsorganene for å drive prosessen til sikker tilstand. Et eksempel på slike barriererefunksjoner kan være deteksjon av hydrokarbon gasslekkasje og automatisk isolering av trivielle ikke Ex utstyr på en boreinnretning.

På boreinnretninger likevel trenger de fleste av tekniske barrierer operatørens inngrep for å bli aktivert som i tilfelle av BOP aktivering. I slike tilfeller finnes det en gjensidig relasjon mellom tekniske, operasjonelle og organisatoriske barrierer som er avgjørende faktor for en vellykket barriererefunksjon.



Figur 13-11 Eksempel på en BOP kontrollpanel som bør være tilgjengelig hos boreren, boresjef og i livbåtsstasjon (ref. <http://www.efcgroup.net/products>)

13.5.1 Brønnbarrierer

I følge Innretningsforskriften skal brønnbarrierer utformes slik at brønnintegriteten sikres og barrierefunksjonene ivaretas i brønnens levetid. Veiledningen til forskrifter refererer til standarden NORSOK D-010 kapittel 4,5, 9 og 15 når det gjelder å oppfylle kravene til brønnbarrierer.

NORSOK D-010 gir følgende definisjoner om brønnbarriere og brønnintegritet:

- **Brønnbarriere** er et utvalg av en eller flere pålitelige barriereelementer som hindrer utilsiktet strømming av væsker eller gasser fra formasjonen, inn i en annen formasjon, eller til overflaten
- **Brønnintegritet** er anvendelsen av **tekniske, operasjonelle** og **organisatoriske** løsninger for å redusere risikoen for ukontrollert utslipp av formasjonsvæsker under hele livssyklusen til en brønn

Følgende er eksempler på brønnbarrierer definert under noen bestemte boreoperasjonsscenarier (ref. NORSOK D-010).

Tabell 13-5 Eksempel på brønnbarrierer definert under bestemte boreoperasjonsscenarier

Brønnintegritet under	Primær barriere	Sekundær barriere
Boring og borestrengs- / fôringsrørs kjøring	□ Boreslam væskesøyle	• Foringsrørsement • Fôringsrør • Brønnhode • Borings høytrykk stigerør • BOP - En «stab-in» ventil bør være tilgjengelig på boredekket hvis borestreng eller fôringsrør ikke kan kuttes. Borestreng og fôringsrør betraktes som barrierer hvis de ikke kan kuttes.
Plugging av brønner i forbindelse med • midlertidig	• Sement plugg (shoe track) • Fôringsrør sement	• Fôringsrør • Fôringsrør sement • Sement grunn plugg

Brønnintegritet under	Primær barriere	Sekundær barriere
forlatelse av ikkeperforert brønn • midlertidig forlatelse av perforert brønn uten BOP eller Ventiltre ventil	• Reservoar Føringør • Føringør sement • Føringør over perforering • Brønnpakning • Kompletteringsstreng • Rørplugg	• Føringør • Føringør sement over brønnpakning • Brønnhode • Produksjonsrør henger • Kompletteringsstreng • sikkerhetsventil i borehullet

13.5.2 Boreinnretningenes aktive og passive barrierer

Barrierer ombord på offshore innretninger kan kategoriseres som forebyggende og / eller konsekvensreducerende. Noen barrierer betraktes som både forebyggende og konsekvensreducerende avhengig av hva som er definert som uønsket hendelse i knutepunktet i en sløyfedigramanalyse.

For eksempel kan bæreevnen til en hovedstruktur være en forebyggende barriere hvis struktursvikt under normale forhold defineres som uønsket hendelse. I et slikt scenario er det bruddgrensetilstand (ULS) som legger premisser til strukturens kapasitet og styrke til å håndtere normale laster med forekomstshyppighet på 1×10^{-2} pr. år, som f.eks. for hundreårsbølge. Under slike scenarier bør stålet reagere elastisk uten noen varige deformasjoner.

I ulykkesscenarier har bæreevnen til hovedstruktur en konsekvensreducerende funksjon siden den skal hindre progressive kollaps etter ulykken. I slike ulykkesscenarier er det ulykkesgrensetilstand (ALS) som legger premisser til strukturens kapasitet og styrke til å håndtere ulykkeslaster. I en slik tilstand er plastisk og varig deformasjon tillatt så lenge gjenværende styrke gir tilstrekkelig tid til trygd evakuering fra innretningen. I en sannsynlighetsbasert tilnærming har ulykkeslasten en forekomsthypighet på 1×10^{-4} pr. år.

Følgende tabeller viser aktive og passive barrierer på typiske boreinnretninger. Tabellene indikerer også noen generelle designaspekter til barrierer som bør vurderes nøye for å sikre funksjonsdyktigheten til boreinnretningen i Barentshavet sørøst miljøet.

Tabell 13-6 Boreinnretningenes Passive barrierer

	Passive tekniske barrierer	designaspekter	Effekt
1	Flens- / Flensforbindelsesintegritet	Riktig pakning eller tetningsring, bolttiltrekking, «alignment», material, sveising, trykk & temperatur, korrosjon, osv.	Forebyggende
2	Rørintegritet	Trykk påkjenning, termisk ekspansjon og tiltrekking, rørsupport, material, sveising, trykk & temperatur, korrosjon, osv.	forebyggende
3	Hovedstrukturens bæreevne	Reststyrke, utmatting, designlast, sprøbrudd, osv.	Forebyggende & Konsekvens reducerende

	Passive tekniske barrierer	designaspekter	Effekt
4	Sikker avstand	Brann og eksplosjonslaster, soneklassifisering, spredning av gass og røyk, osv.	Konsekvens reduserende
5	Passiv brannbeskyttelse	Brannlaster og varighet, hefte og slitasje evne, korrosjon under isolasjon, osv.	Konsekvens reduserende
6	Brann- / eksplosjonsskiller	Brannlaster og varighet, eksplosjonslaster	Konsekvens reduserende
7	ATEX utstyr i sone klassifisert område	Gass gruppe og temperatur klasse, utforming	Konsekvens reduserende
8	Rømningsveier	Minst 2 fra hvert område, bredde, fri høyde, eksponering, osv.	Konsekvens reduserende
9	Skrog utforming & Stabilitet	Lastfordeling, ballastering, oppdrift, designlaster, osv.	Forebyggende
10	Forankring	Antall linjer, designlaster, material, temperatur, osv.	Forebyggende
11	Drenering	Antall og plassering av drenskammer, dimensjonering av rør, dekkhelning, spillkant, osv.	Konsekvens reduserende
12	Føringsrør, bore stigerør, brønnhode, teleskopisk tilkopling	Trykk klasse, korrosjon, designlaster, osv.	Forebyggende
13	Foringsrørsement, sementplugg	Tetthet, type, gjennomføring, osv.	Forebyggende

Material teknologi, Korrosjon kontroll, design mot utmatting, lav temperatur design, osv. betraktes som ytelses påvirkende faktorer. Det kan oppstå sprøhet i materialet pga. kulde og korrosjon pga. eksponering til sjøvann. Bølge og vind kan fører til utmattingsbrudd.

Tabell 13-7 Boreinnretningenes aktive barrierer

	Aktive tekniske barrierer	aspekter	Effekt
1	Branndeteksjon	Flamme/varme/røyk, falsk alarm, væreksposnering, SIL, testing, osv.	Konsekvens reduserende
2	Gassdeteksjon	Giftig gass, hydrokarboner, væreksposnering, antall, SIL, testing, osv.	Konsekvens reduserende
3	Nødavstenging	SIL, testing, responstid, væreksposnering, osv.	Konsekvens reduserende
4	BOP (Blowout Preventer) og tilhørende utstyr	Trykkklasse, kutteevne, responstid, SIL, testing, osv.	Konsekvens reduserende
5	LMRP (Lower Marine Riser Package)	Trykkklasse, SIL, testing, osv.	Konsekvens reduserende
6	Avledningssystem (diverter) og tilhørende brennerbom	Trykkklasse, antennelse, testing, osv.	Konsekvens reduserende

	Aktive tekniske barrierer	aspekter	Effekt
7	Brann bekjempelse / deluge, helidekk skumsystem, osv.	Kapasitet, trykk, skum type, SIL, testing, osv.	Konsekvens reduserende
8	Posisjoneringssystem / DP	DP klasse og redundante enheter, sikkerhetssone tillat til å drifte uten konsekvens for boring, osv.	Forebyggende
9	Ballastering	Kapasitet, redundans, plassering, osv.	Forebyggende & Konsekvens reduserende
10	Boreslam systemet	Mengde, tetthet og vekt, type, trykk, osv.	Forebyggende & Konsekvens reduserende
11	Choke & Kill system	Trykkklasse	Forebyggende & Konsekvens reduserende
12	Mekanisk ventilasjon / HVAC	Luft mengde og kvalitet, antall luftveksling, plassering av inntak og utløp, over- / undertrykk i diverse rom, osv.	Forebyggende & Konsekvens reduserende
13	Nød og essensiell kraft (Note 1)	Kapasitet, redundans, plassering, osv.	Konsekvens reduserende
14	Uavbrutt strømforsyning (UPS) (Note 1)	Kapasitet, redundans, plassering, osv.	Konsekvens reduserende
15	Nød kommunikasjon	type, rekkevidde, redundans, plassering, osv.	Nødrespons
16	Nøddlys	Type, plassering, osv.	Nød respons
17	Evakueringsmidler	Type, antall, plassering	Nød respons

Notater:

- 1- Disse er systemer med kritisk rolle (dvs. kraft forsyning) for å støtte tekniske barrierer under nødsituasjon.

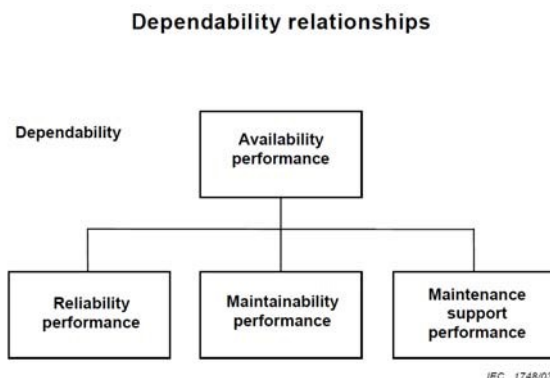
13.5.3 Effekten av miljøforholdene på pålitelighet og vedlikehold

Miljøforholdene i Barentshavet sørøst kan påvirke både påliteligheten og vedlikehold av værutsatt utstyr hvis det ikke får tilstrekkelig beskyttelse mot de ekstreme degraderende miljøforholdene.

Påliteligheten og vedlikeholdsevnen til utstyr spesifiseres henholdsvis vha. MTBF (Mean Time Between Failure) og MTTR (Mean Time To Repair). OREDA database bruker feildata samlet fra offshoreanlegg i bl.a. Nordsjøen og gulf av Mexico (GoM). Dette innebærer at de spesifikke miljøforholdene som karakteriserer disse områder som f.eks. saltholdig atmosfære, fuktighet, nedbør, temperatur, osv. er inkorporert i OREDA feildata. Men dette innebærer også at hvis OREDA feildata skal benyttes i andre områder med andre miljøforhold, så bør det vurderes om nye feilmodi eller feilmekanismer må tas i vurderinger av utstyrstilgjengelighet og pålitelighet, så vel som om feildata, MTBF / MTTR bør oppjusteres.

For å ha driftssikre utstyr på boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst bør systemer om bord, særlig de som utfører sikkerhetsroller, ha en innebygd ytelse som er robust nok til å håndtere gjeldene miljø stressfaktorer. Som vist i diagrammet nedenfor er

tilgjengelighet en funksjon av utstyrets pålitelighet, vedlikeholdsevne og logistikk / støtteapparat for vedlikeholdsarbeid.



Figur 13-12 Relasjonen mellom utstyrs tilgjengelighet og utstyrets pålitelighet, vedlikeholdsevne og logistikk i vedlikeholdsarbeid (ref. IEC 60300-1 2003-06, Dependability management – Part 1: Dependability management systems)

Miljø stressfaktorer som bør betraktes i vurderinger er bl.a. følgende:

- Lav temperatur
- Sjøsprøyt
- Snø
- Atmosfærisk is

13.5.4 Miljø stressfaktorer- kilde til felles feil

Felles feil er betegnelsen til en type feil som kan ramme flere redundante systemer samtidig, eller innen en viss kort tidsperiode slik at reparasjon og idriftsettelse av allerede sviktede systemer ikke er mulig innen den tiden.

Miljø stressfaktorer, innebygd design feil og menneskelig feil er noen av hovedårsakene til felles feil i redundante systemer. For boreinnretninger som skal operere i de ekstreme miljøforholdene i Barentshavet sørøst bør effekten av felles feil på sikkerhetskritiske systemer vurderes nøye.

Når vinteriseringstiltak, f.eks. antiising, brukes for å beskytte redundante sikkerhetssystemer mot miljø stressfaktorer, så bør man vurdere effekten av svikt i antiisingssystemet på funksjonaliteten til sikkerhetsfunksjoner / barrierer. Det vil si at svikt i bestemte vinteriseringstiltak kan forårsake felles feil i redundante sikkerhetssystemer. Det henvises videre til kap. 12 for gjennomgående diskusjon om pålitelighet og sårbarhetsvurderinger av sikkerhetssystemer.

13.6 Effekt av miljø- / geografiske forhold på tekniske barrierer

13.6.1 Vurderinger av sjøsprøyt og atmosfærisk is i Beaufort og Chukchi hav på offshore innretninger

Følgende er vurderinger presentert i ref. [3] ifm. risiko knyttet til istilvekst av forskjellige typer av is på fartøyer /innretninger som skal operere i Beaufort og Chukchi hav:

- **Sjøsprøyt** kan redusere riggens stabilitet, og har potensiale til å skade riggens konstruksjon pga. endringer i spenningsnivå i konstruksjonselementer. I tillegg kan sjøsprøyt føre til glatte / ubrukelige dekk, stiger, rekkverk, vinsjer, kraner, antenner, redningsutstyr, brannslukningsutstyr og ventiler, samt dekke over vinduer og luker. Andre områder som kan påvirkes av sjøsprøyt er luftinntak, «moon-pool» og søyler.

- **Snø** kan øke lasten på en rigg og bidrar til ustabilitet. Snø skaper sklifare for personell på stiger, dekk, og helidekk og kan hindre operasjonen av ventiler. I tillegg kan smelting og gjenfrysing av snø forårsaker fallende is klumper fra gitterkonstruksjoner. Dette er en fare for både personell og anlegget.
- **Islag (Glaze)** forårsakes av underkjølt regn og hovedsakelig påvirker horisontale overflater. Likevel kan vind og avrenning (run-off) forårsake problemer med enkelte loddrette overflater og gitterstrukturer som spesielt er utsatt for underkjølt regn opphopning. Islag påvirker tilgjengeligheten til anlegget på samme måte som sjøsprøyt. Islag betraktes som en vanskelig is å fjerne på grunn av sin høye tetthet og hardhet.
- **Rimis (Rime)** er resultatet fra frysing av underkjølte tåke eller sky dråper båret av vinden. Objekter som vender mot vind, særlig mindre diameter gjenstander som f.eks. rekkverk, antenner, kabler og gitterstrukturer er vanligvis mest utsatte og får den største rim opphoping.
- **Frost** dannes under to forskjellige omstendigheter. På vindstille netter med klar himmel dannes frost på overflater som vender mot himmelen. På dager da varmere fuktig luft beveger seg over kalde overflater vil det danne seg frost på overflater som er kaldere. Frost kan dannes på dekk, rekkverk, trapper, håndtak og kabler og presenterer en sklifare for personell.
- **Sludd (sleet)** Sludd dannes når regndråpene fryser før de treffer overflater. Sludd samler seg på horisontale flater som dekk, trapper, luker og helidekk og medfører sklifare.

Tabell 13-8 Rangering av risiko relatert til sjøsprøyt og atmosfærisk is på utstyr og funksjoner på offshore fartøy og innretninger i Beaufort og Chukchi hav (ref. [3])

	Safety Rating	Spray Ice	Snow	Glaze	Rime	Frost	Sleet
Hazard rating		10	8	7	6	4	2
Stability	10	100	80				
Integrity	10	100					
Fire and rescue	9	90	72	63	54		
Communications	8	80	64	56	48	32	
Helicopter pad	8		64	56	48	32	16
Air intakes	8	80	64	56	48		
Flare boom	7	70	56	49	42		
Handles, valves	6	60	48	42	36	24	
Windows	5	50	40	35	30	20	
Cranes	4	40	32	28	24		
Winches	4	40	32	28	24		
Stairs (gratings)	4	40	32	28	24	16	8
Decks (gratings)	3	30	24	21	18	12	6
Railings	3	30	24	21	18	12	
Hatches	2	20	16	14			
Cellar deck	1	10	8		6		
Moon pool	1	10	8		6		
Color classification: 70–100 red, 30–69 orange, 0–29 yellow.							

Som tabellen ovenfor indikerer er stabilitet og integritet de mest kritiske sikkerhetsaspekter til fartøy / innretninger som skal operere i det arktiske Beaufort og Chukchi havområdet. Med hensyn til stabilitet kan store mengder av sjøsprøyt is og snø opphoping skape store krengningsmoment og føre til destabilisering av fartøy / innretning (eksempel: halvt nedsenkbar Ocean Bounty i Cook Inlet, Alaska). I tillegg vil store ismasser redusere fribord for flytende plattformer.

13.6.2 Vurdering av miljø- / geografiske forhold i Barentshavet sørøst på tekniske barrierer

Effekten av miljø- / geografiske faktorer (ytelsespåvirkende faktorer) som kan påvirke passive og aktive barrierer i sommer- og helårsoperasjoner er beskrevet i kap. 9 (Sikkerhetskritiske funksjoner og systemer), kap.10 (Beredskapssystemer) og 12 (Risiko og pålitelighetsanalyser).

13.7 Operasjonelle og organisatoriske barrierer

Følgende er en kort og overordnet presentasjon av effekten av miljøfaktorer på operasjonelle og organisatoriske barrierer. For grundig behandling av dette temaet henvises til dedikerte studier i regi av Ptils kunnskapsprosjekter innen arbeidsmiljø og menneskelig yteevne.

De organisatoriske og operasjonelle barriereelementene er normalt sett forbundet med hverandre. De **organisatoriske barriereelementer** er knyttet til personell og deres roller i utførelsen av bestemte funksjoner, mens de **operasjonelle barriereelementer** er de konkrete handlinger og oppgaver de skal utføre. (ref. [70]).

Ulykker forårsakes ofte av menneskets handlinger i forskjellige faser av et anleggs livssyklus og kan eskalere ved menneskelig svikt ved å handle riktig og utføre nødvendige aksjoner. I tillegg til teknikk, teknologi og tekniske løsninger er menneske den viktigste elementet i konstruksjon av barrierer. Menneskelige faktorer påvirker menneskelige handlinger og menneskelige handlinger påvirker barrierer på en eller annen vis under anleggets livssyklus. I forbindelse med tekniske barrierer kan det hende at menneskelige latente feil under design, konstruksjon, installasjon og vedlikehold hindrer barrierene i å fungere ved behov eller at operatøren som et organisatorisk barriereelement ikke utfører sin rolle for å aktivere et teknisk barriereelement. Bedriftens HMS / KS prosedyrer og rutiner bør utvikles slik at de kan hindre eller fange opp slike latente feil i utforming og operasjon av anleggene, så vel som i deres tilhørende barrierer.

Boring av en brønn er et komplekst samspill mellom menneske og maskin. For boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst bør det tas hensyn til menneskelige faktorer som kan påvirke mannskapets ytelse under de spesifikke miljø og geografiske forhold (Ytelsespåvirkende forhold). Det er viktig å legge merke til at det er en omfattende organisasjon sammensatt av flere aktører med ulike arbeidsprosedyrer og mål som skal fungere problemfritt for at boreoperasjon kan utføres trygt i et offshore miljø. Hovedaktører i boreoperasjoner består av organisasjoner knyttet til lisenshaverne / oljeselskap, borekontraktør og boring service firma på land og i havs. Kommunikasjon og relasjonen mellom alle mennesker og organisasjoner som er involvert må være klare slik at alle vet og forstår deres rolle og kan utføre oppgavene deres etter gjeldende krav og spesifikasjoner.

Følgende er en oversikt over hvordan miljøstressfaktorer kan skape utfordringer for mannskapet på en borerigg i Barentshavet sørøst og forslag til eventuelle tiltak. Hovedprinsipper brukt i tiltakene listet opp i tabellen er følgende:

- I. Tilpasning av arbeidsplass og oppgaver til mannskapets evner (fitting the job to the human)
- II. Forberedelse og tilpasning av mannskapet slik at de kan utføre sin funksjon i Barentshavet sørøst miljø (fitting the man to the job)

Tabell 13-9 Miljøstressfaktorer som skaper utfordringer for mannskapet på en borerigg i Barentshavet sørøst og forslag til eventuelle tiltak

Miljøstress faktorer	Utfordringer for menneske	Tiltak for å motvirke effekten fra miljøstressfaktoren
Fjern beliggenhet	• Lang reisetid kombinert med mørketid, uvær, kaldt klima resulterer i høyere fysisk og psykologisk belastning • Lang avstand fra land kan skape en oppfatning av lengre nød responstid fra land, så vel som medføre økt følelse av isolasjon og dermed høyere psykologisk belastning	I boligkvarter: God, variert belysning, malerier / store bilder fra solrike landskap, valg av varme farger på vegger, osv.
Mørke	• I mørket vil det ikke være mulig å se områder rundt installasjonen. Dette vil ha en vis psykologisk effekt • Det vil også være større risiko ifm MOB situasjoner	Større behov for belysning f.eks. ifm. inspeksjonselementer og mot områder i havet rundt plattformen
Kulde	• Eksponering til kulde (hypotermi, frostskaade) kan være i form av hele kroppens eksponering og lokal eksponering (ref. [79]) • Virkningen av kulde på menneskets ytelse er generelt av to typer: de periferiske effektene som påvirker styrke og fingerferdighet og de sentrale effekter som påvirker den kognitive ytelsen Arbeid i kulden har følgende ugunstige effekter på menneske: • Redusert manuelle ferdigheter, smidighet, koordinasjon og nøyaktighet med ytterligere innvirkning på produktivitet og sikkerhet. • Ubehag fra kalde, stive hender og føtter, rennende nese og skjelving / Økt risiko for muskel- og skjelettskader fra stivhet i muskler og ledd og redusert periferisk blodsirkulasjon. • Økt risiko for ulykker fra redusert årvåkenhet, fingerferdighet og koordinasjon. • Nedsatt evne til å oppfatte kulde, kutt, smerte og varme. • Redusert beslutningsevne.	Forebygging av skadelige effekt fra eksponering til kulde er basert på følgende metoder: • Informasjon til / opplæring av personalet (farer, symptomer, skader, tiltak mot kulde) • Fysiologiske tiltak (tilstrekkelig mat og vann inntak, tilvenning til miljøet, fysisk kondisjon / fitness) • Tekniske tiltak (oppvarmet ly, klær (i flere lag), bruk av 2 arbeidslag i eksponerte området som vekselvis bytter plass for å ta pause i et oppvarmet ly,) og tilstrekkelig tilkomst, ergonomi og vedlikeholdsvennlighet i design • PPE (verneklær, briller, fottøy, osv. beregnet for kulde) • Overlevelsesutstyr (Overlevelsesdrakt, livbåt, redningsstrømpe, redningsflåte, osv. beregnet for kulde) • Bedre visuell og fysisk tilgang til maskiner og utstyr, • Bedre mobilitet (arbeidsklær,

Miljøstress faktorer	Utfordringer for menneske	Tiltak for å motvirke effekten fra miljøstressfaktoren
		areal dedikert til materialhåndtering, osv.) ☐ Tilstrekkelig styrke og fysiologiske utholdenhet av vedlikeholds personale
Vindfaktor	☐ Vindfaktor (wind chill) effekt	☐ Vindskjermer + tiltak nevnt under kulde ☐
Is & snø	• Glatte «walk ways» • Fallende last – isbiter som faller fra f.eks. kraner, tårn, osv.	☐ Antiising og avising vinteriseringstiltak

14. VEDLIKEHOLD OG LOGISTIKK

14.1 Innledning

I denne studien er kun logistikk og vedlikehold relatert til transport mellom base og boreinnretning samt ombord på selve innretningen diskutert og delt opp for sommer- og helårsoperasjon.

Logistikksystemer på land i Norge slik som baser, lufthavner og veitransport systemer er dekket av andre studier (ref. [80] og [35]). Det er ikke kjent om det finnes infrastruktur / baser i Russland som kan benyttes.

Store avstander fra land /baser, hvor den nordligste delen av Barentshavet sørøst ligger 490 km fra Vardø og 560 km fra Hammerfest, er et risikoelement som gir utfordringer både for vanlig transport og for beredskap. Det må likevel bemerkes at avstandene til land for store deler av Barentshavet sørøst ikke er lengre enn for andre deler av Barentshavet som allerede er åpnet for Petroleumsvirksomhet.

Det må også i større grad tas hensyn til værforhold, og hvilke operasjoner det er mulig å gjennomføre i gitte perioder. Lenger sør på sokkelen finnes det enkelt tilgang til ressurser som kan anvendes raskt om noe skjer. I Barentshavet sørøst vil det sannsynligvis ikke være mange fartøy i området, og i første fase vil det være langt til naboinstallasjoner.

Erfaringer fra allerede borede brønner i Barentshavet er at utstrakt samarbeid mellom alle aktuelle parter (operatører, riggeiere og myndigheter), fra planlegging til gjennomføringsfasen, er helt essensielt for en optimal utførelse av aktiviteten (ref. [81], [82]).

Et eventuelt samarbeid med Russiske aktører i området bør også vurderes.

Annet design av brønner kan også gi reduksjon av lager behov / forsyningsfrekvens og forenkle logistikk som for eksempel «slankhulls brønn» og «monobore brønn» (ref. [83])

Slankhulls boring (reduisert antall hullseksjoner der en erstatter for eksempel 26" seksjon med en lengre 17 ½", alternativt 12 ½") kan gi opptil 50 % reduksjon i behov for borevæske, sement og barytt i disse seksjonene, samt redusere behov for fôringsrør lagret om bord og således gi enklere logistikk. For letebrønner antas likevel at denne metoden ikke er aktuell idet metoden er formasjonsspesifikk og en må ha en gitt forhåndskunnskap til formasjonene en skal bore. For produksjonsboring kan denne metoden anvendes for å optimalisere logistikken. Denne metoden er per dato benyttet for flere brønner i miljøfølsomme områder (f.eks. Norne) for å redusere mengden av utboret kaks.

Monobore brønndesign (hulldiameteren konstant gjennom hele brønnbanen) er basert på bruk av ekspanderbare fôringsrør / spesielle fôringsrør der fôringsrøret utvides etter at det er kjørt slik at det får en større diameter enn opprinnelig. Metoden er kjent fra internasjonale operasjoner blant annet i Mexico-gulven (dypt vann) og på britisk sektor. Det er ikke kjent for denne studien om metoden er anvendt på norsk sokkel. Teknologien vil gi redusert behov for fôringsrør om bord på boreinnretningen, opptil 50 % redusert bruk av borevæske / tilsetningsstoffer og genererer 50 % mindre borkaks. Metoden er ikke anvendbar for leteboring, men kan kanskje brukes for produksjonsboring i fremtiden.

Det må påpekes at størrelser på lager ombord på en boreinnretning per dato dimensjoneres for konvensjonelt brønndesign, men nye metoder slik som beskrevet i eksemplene over kan i fremtiden bidra til enklere logistikk og redusert lagerbehov. Idet brønndesign ikke er i denne studiens mandat blir disse metoder ikke diskutert videre.

14.2 Logistikk sommeroperasjon

14.2.1 Generelt

Lang avstand mellom forsyningsbase på land og boreinnretning vil medføre lengre tid mellom bestilling og leveranse av materialer og reservedeler idet forsyningsfartøy bruker lengre tid, samt at det i en oppstartsperiode også vil være færre forsyningsfartøy mobilisert i området. Avstand fra base på land samt tåke (se kapittel 5) vil også øke sannsynlighet for at noe kan skje med forsyningsfartøyet eller at det må vente, slik at frekvens for levering ikke kan opprettholdes. Ved boring langt fra base (nordligste områder) bør man derfor sikre frekvens ved bruk av flere forsyningsfartøy f.eks. gjennom økt samarbeid med andre aktører.

For sommeroperasjon vurderes det at man ikke har økt sannsynlighet for at is / ising vil kunne hindre at forsyningsfartøy når frem i tide.

Generelt må følgende vurderes:

- Alle aspekter knyttet til optimal logistikk strategi og planlegging med tanke på effektiviteten til alle involvert ledd fra bestilling til leveranse kartlegges □
Samarbeid med andre aktører i området optimaliseres.

14.2.2 Rørlager

Praksis for nyttevurdering av rørlagerets kapasitet/størrelse er basert på boreprogrammets behov og forsyningsfrekvens i områder boreinnretningen skal operere. Med relativt liten havdybde i Barentshavet sørøst vil alle nyere boreinnretninger ha kapasitet for anbefalte borerør og fôringsrør om bord (de fleste innretninger er designet for havdybder opp mot 1500 meter). Det er således vurdert at rørlagerkapasitet på de fleste boreinnretninger egnet for Barentshavet sørøst har tilstrekkelig kapasitet for sommeroperasjoner (se også kapittel 16), samt at forsyningsfrekvens som for norsk sokkel generelt er tilstrekkelig.

For å sikre at en har tilstrekkelig med borerør og fôringsrør om bord (boring samt sikring av brønn) anbefales følgende:

- Borerør om bord for hele lengde av planlagte brønn
- Fôringsrør om bord for hullseksjon en borer, samt neste planlagte hullseksjon

Enkelte nyere boreinnretninger kan også i tillegg operere med mindre krav til planlagt leveringsfrekvens fra land grunnet størrelse. Dette er nærmere diskutert i kapittel 16.

14.2.3 Borestigerørslager

Lager for borestigerør har vanligvis kapasitet for mellom 1200 og 1500 meter stigerør på de fleste aktuelle boreinnretninger for Barentshavet sørøst. Også ved eventuelle nybygg mer tilpasset Barentshavet sørøst antas at det borestigerørslager blir dimensjonert for disse havdybder med hensyn til å sikre at innretningen også kan brukes andre steder med større havdyp. En kan således anta for operasjoner i Barentshavet sørøst (havadyp opp mot 300 meter) at deler av borestigerørslageret anvendes som lager for blant annet borkaks/borevæske i retur, vanntanker og containere ved behov.

Materialhåndteringssystemene bør således ha fleksibilitet til å håndtere annet enn borestigerør, og må vurderes for hver boreinnretning opp mot lagerbehov for planlagte operasjon og beregnet forsyningsfrekvens.

Det påpekes at de fleste nyere boreinnretninger (sjette generasjons innretninger) har utstyr og systemer som gir mulighet for å bruke borestigerørs lager til andre lagerformål.

14.2.4 Bore tørrstofflager / sekkelager

Dagens praksis på norsk sokkel med hensyn til kapasitet/størrelse for tørrstoff tanker (bulk tanker) og sekkelager er basert på boreprogrammet i en gitt periode (neste hullseksjon) og forsyningsfrekvens.

Det er vurdert at alle aktuelle boreinnretninger for Barentshavet sørøst har tilstrekkelig bulk- og sekkelagerkapasitet for sommeroperasjoner for de brønnndybder en skal bore (se også kapittel 16), samt at forsynings frekvens som for norsk sokkel generelt er tilstrekkelig.

For å sikre at en har tilstrekkelig mengder av tørrstoffer (barytt, bentonit, sement) ombord (boring samt sikring av brønn) anbefales følgende:

- Barytt og sement tørrstofflager om bord med kapasitet for største planlagte hullseksjon, samt neste hullseksjon

Enkelte boreinnretninger kan operere med mindre krav til leveringsfrekvens fra land grunnet flere bulk tanker. Dette er nærmere diskutert i kapittel 16.

14.2.5 Vann / Diesel

Enkelte boreinnretninger vil ikke ha nok kapasitet i egne borevannstanker (ferskvann) og lagertanker for diesel / brine om forsynings fartøy ikke kommer frem i tide / anløp utsettes over tid. For å slippe stopp i boreoperasjon kan borevann / diesel lagres i flyttbare tanker som plasseres på f.eks. borestigerørslager, om problemstillingen relatert til svikt i forsyningsfrekvens anses som reell.

For å sikre at en har tilstrekkelig med diesel / brine og borevann ombord (boring og sikring av brønn) og anbefales følgende:

- Borevann / diesel om bord med kapasitet for største planlagte hullseksjon, samt neste hullseksjon

Borevann brukes også for dampsystemer og ekstra behov for damp anses ikke å være dimensjonerende for tankene.

Forbrenningsdiesel om bord må være tilstrekkelig for å kunne operere boreinnretningen over en gitt periode. Vanlig forbruk er 40 til 50 tonn/dag over en boreperiode ved dynamisk posisjonering kombinert med anker, og mellom 80 til 100 tonn/dag ved dynamisk posisjonering alene.

For å sikre at en har tilstrekkelig med forbrenningsdiesel om bord (boring og /sikring av brønn) anbefales følgende:

- Lagerkapasitet for en måneds kontinuerlig drift uten forsyning (kapasitet avhengig av om det er anker/ dynamisk eller kombinert posisjonering). Om ikke permanente tanker store nok kan ekstra tanker monteres.

De fleste aktuelle boreinnretninger har lagertanker som tar mellom 3.000 og 5.000 tonn og er således tilstrekkelig for en måneds aktivitet uten forsyning.

For dagtank til nødgenerator(er) definerer Sjøfart + IMO MODO Code, ISO 13702, App C, typisk tank for 14 til 18 timers drift. Dette er tilstrekkelig men det anbefales i tillegg dagtank med «gravity» mating til bruker.

14.2.6 Borkaks

I den reviderte forvaltningsplanen for Lofoten–Barentshavet tillates utslipp av borkaks fra vannbasert borevæske (WBM), gitt visse forutsetninger og utførte vurderinger (se momenter presentert under). I tillegg tillates bruk av oljebasert slam (OBM) der det ikke finnes andre løsninger"

Det genereres i snitt ca. 1.225 tonn borkaks ved en normal brønn, (ref. [35]). Borkaks fra hullseksjoner boret med olje eller syntetiske borevæsker må delvis behandles ombord (renses / komprimeres) og sendes til land med transport (TOTE /ISO) tanker eller i spesielle containere. Det må således være lagerplass om bord for å kunne lagre en gitt mengde borkaks om forsyningsfartøy ikke når frem i tide.

For å sikre at en har plass til å samle opp borkaks / slippe å stoppe boreoperasjonen anbefales følgende:

- Lagerkapasitet for borkaks tilsvarende en hullseksjon boret kontinuerlig, antatt 300 m³ / 400 tonn borkaks

Effektiv rensing og komprimering ombord for å minimalisere transport vil også være en stor fordel spesielt ved lange avstander til land.

Mottakssystemer finnes på land i Hammerfest, mens behandlingsanlegg for borkaks/avfall og deponering finnes i Balsfjord

14.2.7 Brukt borevæske

Borevæske som ikke kan gjenbrukes anbefales delvis behandlet om bord for å hente ut brukbare tilsetningsstoffer før utslipp til sjø (vannbasert), eller transportert til land for syntetiske / diesel baserte system. Dette kan kreve doble borevæske behandlingssystemer eller større lagerkapasitet om bord, og må vurderes for hver enkel innretning / boreprogram og perioden en skal bore.

For å sikre at en har plass til å samle opp brukt borevæske/ slippe å stoppe boreoperasjonen anbefales følgende:

- Lagerkapasitet for brukt borevæske tilsvarende største hullseksjon boret kontinuerlig

Behandlingsanlegg og utvinning av eventuelle tilsatsstoffer og deponering finnes i Balsfjord.

14.2.8 Andre system / områder

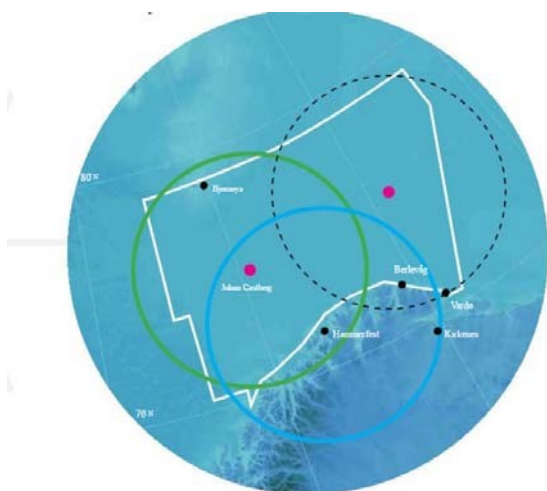
14.2.8.1 Helifuel

Helikopter transport er relevant til både normal tilstand ifm rotasjon av mannskapet om bord, medisinsk evakuering, og i nødsituasjon for evakuering til et sikkert område. Barentshavet sørøst er et stort område og rekkevidden til typiske offshore helikopter typer er ikke tilstrekkelig til å dekke hele området for tur /retur operasjoner. Ekstra drivstofftanker, påfylling vha. mellomlanding og bruk av andre helikoptertyper med ekstra lang rekkevidde bør vurderes hvis det skal være mulig å dekke hele området.

For Sikorsky S-92 (search and rescue helicopter) oppgir leverandøren en rekkevidde på 865 km som blir redusert til ca. 433 km for tur-retur oppdrag uten mulighet for påfylling. Denne rekkevidden er med standard brensel tank og kan økes ytterligere vha. ekstra interne tanker. (ref. Sikorsky katalog). For Eurocopter AS332 L1 Super Puma oppgir leverandøren en rekkevidde på 859 km som blir redusert til ca. 430 km for tur-retur oppdrag uten mulighet for påfylling.

Denne rekkevidden er med standard brensel tank, bruttovekt på 8000 kg og ingen vind tilstand. Rekkevidden kan økes vha. ekstra og eksterne tanker. (ref. Eurocopter tekniske data katalog).

I følge ref. [84], har Statoil og ENI, operatører for henholdsvis Snøhvit og Goliat, har stasjonert et All weather search and rescue (Awsar) helikopter i Hammerfest for å dekke behovet for redning og evakuering fra innretninger i Barentshavet. I tillegg har den offentlige redningstjenesten, 330skvadronen, et Sea Kinghelikopter i Banak ved Porsanger som dekker det aktuelle området. Ved flyginger ut over operasjonsgrensen, vil det være behov for å tanke underveis. Ref. [84] skisserer flere alternativer for betjening av nordligste områder i Barentshavet med helikopter. Figuren under viser helikopterrekkevidde fra Hammerfest (blå sirkel) og Johan Castberg (grønn sirkel) og rundt en hypotetisk innretning i sørøstlige del av Barentshavet (sort stiplet sirkel).



Figur 14-1 Helikopterrekkevidde fra Hammerfest (blå sirkel) og Johan Castberg (grønn sirkel) og rundt en hypotetisk innretning i sørøstlige del av Barentshavet (sort stiplet sirkel) (ref. [84])

For boreinnretninger som skal operere i Barentshavet sørøst anbefales følgende:

- Ekstra brensel tanker for å øke rekkevidden
- Påfyllings muligheter om bord på boreinnretninger
- For de nordligste områdene i Barentshavet sørøst bør det være mulighet for mellomlanding for påfylling

14.2.8.2 Drikkevann

Drikkevanns behov ombord dekkes av tanker og ferskvannsgenerator systemet. Det er vurdert at systemene på aktuelle boreinnretninger kan operere i Barentshavet sørøst uten større tanker eller spesielle tiltak. Det bemerkes likevel at lav temperatur på sjøvann inn vil medføre større oppvarmingsbehov for å få prosessen til å virke.

14.2.8.3 Matlager

En større lagringsplass anbefales i tilfelle det er forsinkelse i forsyningsfartøys trafikk.

14.2.8.4 Avfall fra boligkvarter

Håndtering av avfall skal følge kravene i regelverk. En større lagringsplass anbefales i tilfelle det er forsinkelse i forsyningsfartøys trafikk.

14.2.8.5 Medisin

På grunn av lang avstand fra land bør et større utvalg av medisiner, så vel som større lagring av relevante medisiner vurderes for boreinnretninger som skal operere i de nordligste

områdene på Barentshavet sørøst, særlig ifm. epidemiske sykdommer som kan rammer flere innen kort tid.

14.3 Logistikk helårsoperasjon (vinter)

14.3.1 Generelt

I tillegg til lang avstand mellom forsyningsbase på land og boreinnretning vurderes det også at is / ising værforhold vil kunne påvirke forsyningsfartøyenes regularitet under helårsoperasjon / vinteroperasjon.

For helårsoperasjon / vinteroperasjon, spesielt i første fase med få aktører en kan samarbeide med, må alle aspekter knyttet til optimal logistikk strategi og planlegging med tanke på effektiviteten i alle involvert ledd fra bestilling til leveranse kartlegges og være klart definert før operasjoner startes.

Ved boring langt fra base (nordligste områder) bør man derfor sikre frekvens ved bruk av flere forsyningsfartøy / større fartøy, samt samarbeide med andre aktører der aktuelt/mulig.

Vurderinger gitt for helårs (vinter) operasjoner kommer i tillegg til vurderinger gitt for sommeroperasjoner.

14.3.2 Rørlager

Det er vurdert at rørlagerkapasitet på de fleste boreinnretninger egnet for Barentshavet sørøst har tilstrekkelig kapasitet for vinteroperasjoner (se også kapittel 16), samt at forsynings frekvens som for norsk sokkel generelt er tilstrekkelig.

For å sikre at en har tilstrekkelig med borerør og fôringsrør om bord (boring og sikring av brønn) anbefales følgende:

- Borerør om bord for totale plansatte brønn, pluss 50 % av neste brønn
- Fôringsrør om bord for hullseksjon en borer, samt to neste hullseksjoner av planlagt brønn

Enkelte nyere boreinnretninger kan også i tillegg operere med mindre krav til planlagt leveringsfrekvens fra land grunnet størrelse. Dette er nærmere diskutert i kapittel 16.

14.3.3 Borestigerørslager

Lager

Ved helårs (vinter) operasjoner i Barentshavet sørøst antas det at borestigerørs lengde vil være som for sommeroperasjoner men det forutsettes at større deler av borestigerørslageret må anvendes for lagring av blant borkaks/borevæske i retur, vanntanker og containere.

Materialhåndteringssystemene bør således ha stor fleksibilitet til å håndtere annet enn borestigerør, og må vurderes for hver innretning.

De fleste nyere boreinnretninger (sjette generasjons innretninger) har utstyr og systemer som gir mulighet for å bruke borestigerørs lager til andre lagerformål

Reserve borestigerør

Samme vurderinger med hensyn til reserve elementer som for sommeroperasjon

14.3.4 Bore tørrstofflager / sekkelager

For å sikre at en har tilstrekkelig mengder av tørrstoffer (barytt, bentonit, sement) ombord (boring og sikring av brønn) anbefales følgende:

- Barytt og sement tørrstofflager om bord med kapasitet for å dekke største planlagte hullseksjon, samt to neste hullseksjoner

Enkelte nyere boreinnretninger kan operere med mindre krav til planlagt leveringsfrekvens fra land grunnet flere bulk tanker om bord. Dette er nærmere diskutert i kapittel 16.

14.3.5 Borevann / Diesel

For å sikre at en har tilstrekkelig med diesel / brine og borevann ombord (boring—og sikring av brønn) anbefales følgende for vinteroperasjoner:

- Borevann / diesel om bord med kapasitet for største planlagte hullseksjon, samt to neste hullseksjoner

Forbrenningsdiesel om bord må være tilstrekkelig for å kunne operere boreinnretningen over en gitt periode. For å sikre at en har tilstrekkelig med forbrenningsdiesel om bord (boring og sikring av brønn) anbefales følgende:

- Lagerkapasitet for en og en halv måneds kontinuerlig drift uten forsyning (kapasitet avhengig av om det er anker/ dynamisk eller kombinert posisjonering). Om ikke permanente tanker store nok kan ekstra tanker monteres

De fleste aktuelle boreinnretninger har lagertanker som tar mellom 3.000 og 5.000 tonn og er således tilstrekkelig for en og en halv måneds aktivitet uten forsyning.

Det henvises også til kap. 9.4.5.3 ifm økt diesel forbruk i vinterperiode pga. implementering av omfattende kraftkrevende vinteriseringstiltak og utvidet belysning i mørketid som til sammen tilsier større lagringsplass for diesel.

Ett element som må vurderes er også utforming av selve borekontrakt med eier / operatør av boreinnretningen. Det anbefales at initiativer for mer miljøvennlig kraft produksjon legges inn i driftskontrakt av innretningen ved at eier / operatør av boreinnretning betaler for drivstoff og ikke kunde / oljeselskap

14.3.6 Borkaks

For å sikre at en har plass til å samle opp borkaks / slippe å stoppe boreoperasjonen anbefales følgende:

- Lagerkapasitet for borkaks tilsvarende en hullseksjon boret kontinuerlig. Antatt 400 m³ / 500 tonn borkaks

Effektiv rensing og komprimering om bord for å minimalisere transport vil også være en spesielt stor fordel ved helår (vinter) operasjoner.

14.3.7 Brukt borevæske

For å sikre at en har plass til å samle opp brukt borevæske/ slippe å stoppe boreoperasjonen anbefales følgende:

- Lagerkapasitet for brukt borevæske tilsvarende største og neste hullseksjon boret kontinuerlig

Effektiv rensing ombord for å minimalisere transport vil også være en spesielt stor fordel ved helår (vinter) operasjoner.

14.3.8 Andre system / områder

Helifuel

Samme vurdering som for sommeroperasjoner.

Drikkevann

Samme vurdering som for sommeroperasjoner.

Matlager

Samme vurdering som for sommeroperasjoner.

Avfall fra boligkvarter

Samme vurdering som for sommeroperasjoner.

Medisin

Samme vurdering som for sommeroperasjoner.

14.4 Vedlikehold og delelager / verksteder

Klimaet i Barentshavet sørøst kan føre til store påkjenninger på utstyr, større slitasje, høyere feilrate, og kortere «Mean Time Between Failure» (MTBF). Bruk av material tilegnet lav temperatur, implementering av vinterisering, bruk av tilegnet smøretype / -løsning, tilstandsovervåking og større bruk av habitat for utstyr / personalet vil bidra til færre feil og mindre behov for tidlig utskifting.

Det anbefales således både for sommer og vinteroperasjon at

- Optimal forebyggende og prediktiv vedlikeholdsstrategi er definert og kjent for brukere
- Brukes boreinnretninger der Reliability Based Maintenance (RBM) og Risk Based Inspection (RBI) er eller blir implementert
- Brukes boreinnretninger med doble system for kritiske boresystem som vertikal rørhåndtering
- Reserve opplegg for borevæskpumpe og sement system

Dagens praksis på norsk sokkel for design av delelager kapasitet/størrelse og verksteder ombord er tilpasset riggens design / behov for vedlikehold ombord, samt en antatt forsyningsfrekvens.

For å sikre at en slipper å stoppe boreoperasjonen i påvente av reservedeler / ikke få reparert anbefales følgende:

- Større lagerbeholdning av reservedeler om bord o Erfaring med innretning og utstyr ombord legges til grunn
- Mulighet for å utføre mer og større reparasjoner ombord fremfor å sende til land, m.a.o. boreinnretning med dertil egnede verksted fasiliteter og bemanning

Da det er stor variasjon av lager størrelser og verksteder om bord på aktuelle boreinnretninger er dette et emne som må vurderes spesielt for hver innretning.

Det er vurdert at problemstillingen er lik både for sommer og helårsoperasjoner i Barentshavet sørøst

Lager på land for «beredskaps utstyr» som Capping Stack, BOPer, slukke utstyr og oppsamlings utstyr er omtalt i kapittel 16.

15. MATERIALVALG

Materialtekniske utfordringer ved operasjon i kalde områder i tillegg til lave temperaturer er også hurtige temperaturfall. Materialer blir sprø og særlig sveiseskjøter er utsatt. Stål kan få såkalte sprøbrudd, der en sprekk utvider seg raskt til totalt brudd. I kompositter samt plast og gummi oppstår det en kaller «glasstemperatur», der plast/gummi blir sprø og oppfører seg som glass, tetningene sprekker og en kan få lekkasjer. Materialvalg og egnethet av standarder er således ett viktig element for design av Boreinnretninger og utstyr for bruk i Barentshavet sørøst og vil ikke bli belyst i dette kapittelet.

Materialer brukt over LIWL (laveste is vannlinje) skal tilfredsstillende MDT som fremkommer av klasse notasjon ICE-IC og vinteriseringstemperatur t_w , som for sommeroperasjon er anbefalt til 15 °C (t_{basic}) med isklasse, se tabell 15.1 under.

Tabell 15-1 Lufttemperatur / sjøtemperatur og vindhastighet (DNV GL Winterized Notation)

Qualifier	"Indicative" Winterization Temperature (t_w)	Sea water temperature
Basic	-15°C	+4°C without ice class -2°C with ice class
Cold	-30°C	+2°C without ice class -2°C with ice class
Polar	-45°C	-2°C

The environmental conditions for qualifiers Basic, Cold and Polar are indicated below (the t_w values are only indicative).

Basert på standard DNVGL OS A 201 blir Minimum Design Temperatur (MDT) på 0 °C om MDT velges 15 °C høyere enn ELAT og om ELAT settes lik -15 °C (t_{basic}) (se kapittel 15.3 over). Basert på DNVGL OC C101 derimot kan MDT defineres lik -15 °C (t_{basic}). For eventuelle isforsterkninger i skrog / søyler og pongtonger for å møte isklasse ICE 1C definerer standarder at test temperatur på 0 °C vil vært akseptabelt. Av praktiske hensyn benyttes likevel samme MDT som for over LIWL. Det bør likevel vurderes at en ved inntak velger nyere / siste generasjons boreinnretninger der MDT er satt til -20 °C. Ved nybygg bør også MDT settes til -20 °C. spesielt med hensyn på at det ikke finnes noen material klasse for -15 °C.

Arbeider med ny ISO standard samt SINTEFs KMB prosjekt innen materialkjennskap kan medføre bedre kjennskap til materialer og egnethet ved lavere temperaturer. Dette kan påvirke hvordan en velger den strukturelle design temperatur relatert valgt vinteriseringstemperatur t_w i fremtiden.

Is som stryker langs skroget kan skape statisk elektrisitet som lades ut og påvirker korrosjonsforholdene. Tilpasninger for slike forhold er også noe av det som spesifiseres i materialkravene en må arbeide videre med og som ikke er godt nok klarlagt i dag.

Materialvalg er videre behandlet i Ptils studie «Konstruksjonssikkerhet».

16. BOREINNRETNINGER / KRAV / DIMENSJONER

16.1 Innledning

Dette kapitlet gir en beskrivelse av de boreinnretninger som kan tilpasses bruk i Barentshavet sørøst. Resultatet av studiegruppens forsøk på å finne ut av hvordan andre land styrer forflytning av boreinnretninger fra andre ikke-arktiske områder til arktiske områder, samt mellom forskjellige arktiske områder, er også beskrevet.

Studiegruppen har kjennskap til DNVGL notatet «Prediction of air gap for column-stabilised units», (ref. [69]). Dette notatet inneholder konsistente og oppdaterte retningslinjer for å beregne klaring mellom bølgetopp og underside av dekkstrukturen i alle relevante sjøtilstander. Generelt vil boreinnretninger sertifisert for «World-Wide» operasjon dokumenteres mot Nord-Atlantiske bølgedata. For innretninger (halvt nedsenkbare) som skal operere i Norskehavet eller i Barentshavet vil det for noen innretninger kreves modifikasjoner eller at det innføres værmessige operasjonsbegrensninger. Dette er ikke diskutert videre i denne rapporten som følge av at det er innretningsspesifikt. Det må påpekes likevel at det ikke aksepteres negativ air gap på boreinnretninger brukt i Barentshavet sørøst verken for sommer- eller helårsoperasjoner (Ref. likelydende brev 2016/7/Akv vedrørende Halvt nedsenkbare innretninger og bølger i dekk)

Det er boret en rekke brønner i Barentshavet, også over de senere år (i 2014 ble det boret 13 brønner). De fleste brønnene er boret med halvt nedsenkbare borerigger (SEMI'er) i sommer halvåret hvor alle har vært helt/delvis vinteriserte, men ikke spesielt designet for Barentshavet.

Boring på Korp fjell (med Songa Enabler) boret sommer 2017 (relativt grunt reservoar) ble den nordligste som noen sinne er boret på norsk sokkel ca. 415 kilometer fra norsk fastland. Erfaringer fra denne boreoperasjonen vil være av stor betydning med hensyn til helikopter transport og logistikk generelt men studiegruppen har ikke tilgang til disse data.

Boreoperasjoner på Hoop området var tidligere lengst unna land med over 360 kilometer til nærmeste base, og en rekke erfaringer med hensyn til logistikk og operasjonelle utfordringer er opparbeidet. Disse problemstillingene er også vurdert på et overordnet nivå for denne studien. Lagerbehov for de viktigste forbruksmaterialer er omtalt i separat kapittel i denne rapporten.

Studiegruppen har vurdert at per i dag er halvt nedsenkbare (semi og bøye) innretninger og skipsinnretninger aktuelle for bruk i Barentshavet Sørøst.

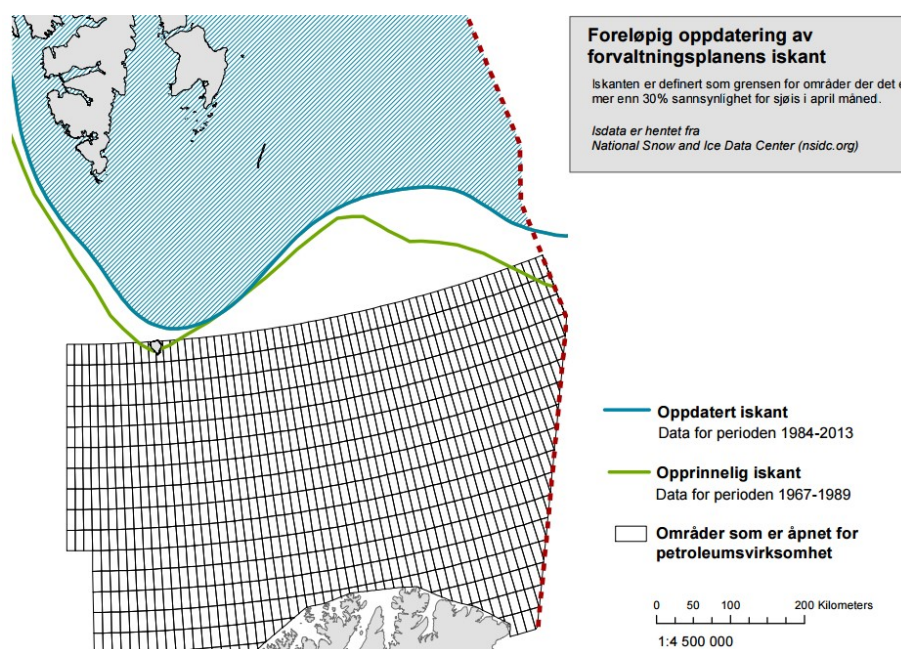
Det må antas at for helårs produksjonsboring må en ta i bruk mer skreddersydde boreinnretninger for aktuelle havdyp og lokasjonsspesifikke værforhold i Barentshavet sørøsts nordligere deler.

Ifølge Meld St 20 (2014-15) «Oppdatering av forvaltningsplanene for Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten med oppdatert beregning av iskanten» settes det tidsbegrensninger for leteboring langs den faktiske/ observerte iskanten (der isen til enhver tid befinner seg). Iskanten er i naturen ikke et skarpt skille mellom åpent hav og tett drivis, men en dynamisk og gradvis overgangssone som varierer i bredde avhengig av vind og strøm. Iskantens beliggenhet varierer sterkt med årstidene, vanligvis med maksimum utbredelse i april og minimum i september. Isutbredelsen og iskantens beliggenhet varierer også mye fra år til år. I de tidligere forvaltningsplanene krever regelverk at boring ikke skal foregå nærmere enn 50 km fra iskant i periode 15. desember til 15. juni. Iskanten er definert som grensen for områder der det er mer enn 30% sannsynlighet for sjøis i april måned.

Følgende enkelte forhold trenger videre avklaringer:

- definisjon av begrepet «operere» (område rundt boreinnretning, brønnlokasjon osv.)
- Krav til permanent plugging av brønn der iskanten kan komme nærmere enn 50 km
- Klarere mulighet for avviksboring og avlastningsboring der iskanten kan komme nærmere enn 50 km

Studiegruppen har ikke sett nærmere på denne problemstillingen men anbefaler at begrepet boring nær iskant defineres bedre.



Figur 16-1 Iskant (ref. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/oppdatering-av-iskanten-iforvaltningsplanen-for-barentshavet--lofoten/id2362052/>)

16.2 Forankring / ankersystemer

Mandatet for denne ST2 studien dekker i utgangspunktet ikke forankring eller dynamiske posisjoneringssystemer for boreinnretningene. I forstudien var emnet derimot dekket, og det er således valgt å kort oppsummere ankersystemer med hoved emnet «ankervinsjer» fra denne forstudien.

16.2.1 Systemer og erfaring

Følgende områder er vurdert:

- Ankere
- Ankervinsjer
- Ankerline (kjetting /tau / vaier) og sjakler
- Ankerkjetting ledesystemer

Ankersystemet skal sikre at fartøyet skal ligge i ro og med stor nøyaktighet (maksimum 2 til 3 meter avdrift) ved værforhold en har valgt å bore / operere innen. Dette gjøres ved hjelp av ankere og vinsjer som styres ved hjelp av datasystem.

Flyttbare innretninger på norsk sokkel benytter «drag embedded» ankere. Å sikre holdekraft / installasjonstrekk er et kjent problemområde og må vies spesiell oppmerksomhet i

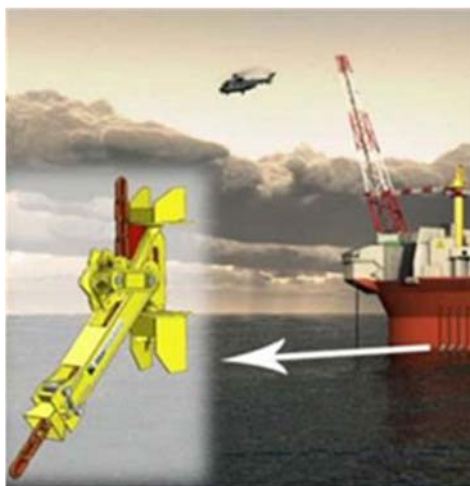
Barentshavet sørøst. Tap av holdekraft har tre hovedårsaker; ankerline brudd, tapt holdekraft i ankeret og vinsj svikt med dertil rask utløsning av ankerlinen.

Feil med vinsjer / bremser kan være relatert til manglende vedlikehold, men for Barentshavet sørøst er det antatt at også feil som følge av nedising vil kunne være ett mulig problemområde. Nediset vinsj er vist i figuren under.



Figur 16-2 Nediset ankervinsj (ref. [85])

For de aktuelle havdybder i Barentshavet sørøst er det antatt at vaiere og tau er best egnet som ankerline. Materialkvalitet med hensyn til å tåle lavere temperaturer enn -20°C må også tas hensyn til for ankerline (vaiere/tau) og ledesystem, samt styrke i forhold til beregnet belastning. For områder med større havdyp (over 300 meter) der det ikke er andre innretninger og/eller mange fartøy i nærhet, er bruk av fibertau bedre egnet enn stålvaier. Ledesystem som utviklet for Goliat er vist i figuren under.



Figur 16-3 Ledesystem for ankerline (ref. [86])

Ising på ankerliner/vinsjer er ikke definert som et problemområde basert på erfaringer fra sommeroperasjoner i Barentshavet til dags dato.

16.2.2 Vurderinger for Barentshavet sørøst

Klimaforholdene i Barentshavet sørøst vil kreve robuste løsninger som sikrer at fartøyet skal ligge i ro med stor nøyaktighet ved værforhold en har valgt å bore / operere innen, og vil kreve robuste løsninger med hensyn til både design og feltinstallasjon.

Det må tross erfaring til dags dato (sommeroperasjoner) antas at værforhold ved vinteroperasjon vil kunne medføre nedising av vinsjer og anker liner. Men idet det er en risk

for at en sommeroperasjon kan gå over i en vinter / helårsoperasjon anbefales samme krav for sommer- og vinteroperasjon.

Det bemerkes at ankersystemer presentert under kun er vurdert for halvt nedsenkbare enheter. Ankersystemer for skip med turrett løsning er annerledes og mer beskyttet med ankerlinjen nedsenket i sjø samt vinsjer plassert i beskyttet område.

Valg av ankerline type og -materiale

Ankerliner blir kun utsatt for lave temperaturer fra sjø og opp til vinsjene. Det antas videre at design temp -30°C (t_{cold}) også legges til grunn for temperatur i hele området fra sjø og opp.

For ankerkjeder (herdet stål eller vaier) er det en gitt risiko med hensyn til sprøbrudd ved temperaturer under -20°C . Det må også påpekes at kjetting stort sett impact testes ved 0°C . Studiegruppen har sjekket noen produsenter samt ABS standard for ankerkjetting, og alle opererer med Charpy test ved 0°C .

Ankerliner kan også tilvirkes av andre materialer enn stål, slik som for eksempel fibermaterialer, idet lav temperatur ikke ansees å være et problemområde.

Vurderingen er således at det brukes en kombinasjon av ankerliner av stål for deler som er i sjø, og ankerliner av fiber for deler som er over sjø.

Ankervinsjer

Type og kapasitet for ankervinsjer vil være som for norsk sokkel generelt idet vind og bølgekrefter for Barentshavet sørøst defineres likt som eller litt mindre enn for Norskehavet.

For å beskytte vinsjer mot snø- og is oppbygging anbefales det at vinsjene innebygges / beskyttes helt med tak og fra sider.

Det anbefales også enten oppvarming av innebygd vinsjområdet eller at det monteres varmekabler på vinsjene for derav å kunne bruke standard vinsjer med standard materialkvalitet (charpy impact -20°C).

For å unngå at mulig is på ankerlinen tetter spolen på vinsjen anbefales det at man legger opp til uttak for vanndamp (steam) ved vinsjene, samt har en dedikert og beskyttet arbeidsplass for å kunne avise ankerline ved opptrekk.

Vedlikehold

Selv ved innbygging og oppvarming er det svært viktig at et kontinuerlig vedlikeholdsprogram av vinsjene følges.

Det må vurderes at det monteres et system for tilstandsovervåking for å sikre et mest mulig optimalt vedlikehold og unngå nedetid.

16.3 Riggforflytning

Forenklet forflytning fra andre land / andre lands sokler til Barentshavet sørøst vil kunne gi følgende fordeler:

- Enklere / raskere tilgang til innretninger for boring av avlastningsbrønn
- Mer konkurranse / lavere riggrater for spesialtilpassede boreinnretninger

Studiegruppen har forsøkt å innhente kunnskap om temaet og hvordan forenklet riggforflytning håndteres på andre lands sokler, særlig ifm. forenklet flytting av innretninger

mellom soklene. Emnet er svært aktuelt med hensyn til økt samhandling over grensene i nord, samt kunnskapsbasert næringssatsing. I denne sammenheng må det påpekes at studiegruppen ikke har tilstrekkelig bakgrunn til å kunne sette dette i relasjoner til økt samhandling over grensene i nord, samt kunnskapsbasert næringssatsing. Studiegruppen har således kun vurdert emner som kan forenkle forflytninger og derav medføre kostnadsreduksjoner ved selve inntaket og / eller sikre mer konkurranse på riggrater.

Det har over de senere år blitt kjørt en rekke studier som omhandler forflytning mellom sokler og spesielt kan nevnes:

- North West European HSE Case Guidelines for MODU issue 01-Agust 2002 - Rapporten er primært laget for å hjelpe borekontraktører med hensyn til å muliggjøre forflytning mellom sokler i nord vest Europa (NWE) uten å måtte lage spesifikke HSE cases per forflytning.
- Smedvik; Regulatory requirement project 2001-2002 (NPD vs HSE) - Rapporten beskriver forskjeller melle UK Safety case og den norske Acknowledgement of Compliance (AoC)/ Samsvaruttalelse(SUT).
- PTIL; Flyt av flyttbare innretninger mellom kontinentalsokler i Nordsjøbassenget (juni 2015). - Rapporten beskriver emner / forslag for å forenkle forflytning mellom ulike lands sokler.

Studie gruppen har ikke funnet det relevant å liste opp alle emner/ konklusjoner fra de overnevnte studier eller andre studier, men kort oppsummere det viktigste i del kapitler under, og splittet på forflytningstype.

I denne sammenheng påpeker studiegruppen at krav til vinterisering og HMS-nivå generelt ikke må reduseres som følge av forenklet riggforflytning samt at dagens ordninger, inkludert tilsynsregimet, ikke må svekkes.

16.3.1 Typiske element i en inntaksprosess til norsk sokkel

Noen typiske elementer som må avklares for inntak av boreinnretninger for Barentshavet sørøst er som følger:

- Isklasse
- Standarder anvendt for skrog og utstyr
- Bore- og kompletterings utstyr
- BOP og BOP kontroll systemer
- Marine systemer, anker håndtering og DP system
- Elektrisk anlegg
- Nødkraft
- Vedlikeholds system og verksteds kapasitet
- Lagerkapasitet
- Løfteutstyr og kraner
- Vinteriserings standard
- Dropped object protection scheme (DROPS)
- Sikkerhets system; f.eks. ESD, brann og gass systemer
- Hjelpesystemer
- Beredskapssystemer
- Opplæring- og kompetanse programmer
- Tredjeparts kontrakter, utstyr og kompetanse
- Samsvarserklæring

Det må også foretas en detaljert inspeksjon av innretningen samt sørge for at all dokumentasjon er til stede og relevant for operasjon i Barentshavet sørøst. Riggens ytelse / oppetid og vedlikeholdsbehov samt tilgang til reservedeler er også av stor betydning og må

dokumenteres. En slik gjennomgang vil vanligvis føre til et oppgraderingsbehov og det anbefales at operatør bør være en aktiv deltager/ oppfølger på byggeplass. Når dette er gjennomført/avklart og eventuelle utbedringer er gjennomført, foretas en siste inspeksjon og aksept før operasjon kan starte.

16.3.2 Generell riggforflytning på andre lands sokler

Generelt kreves det at boreinnretninger følger vanlige standarder slik som IMO / ISO / ISO-DIS / Lloyds / ABS / DNVGL (ISO /DIS etc. relatert Arktiske operasjoner).

Studiegruppen konkluderer likevel at det er vanskelig å få tilgang til detaljerte oppsett for hvordan andre lands regelverk styrer forenklet forflytning fra andre lands sokler til eget lands sokkel, samt hvordan dette fungerer i praksis. Det kan likevel konkluderes at prosessene for førstegangsoperasjon med flyttbare innretninger er vesentlig forskjellige mellom andre land og Norge. Viktigste forskjeller er innenfor håndheving og prosesser forut for førstegangsoperasjon.

Vi har funnet eksempler på at boreinnretninger er flyttet fra operasjoner utenfor Grønland til operasjon utenfor Canada, men ikke funnet detaljer om hvordan dette i praksis har blitt utført.

Ocean Endeavor ble flyttet fra operasjon i tropisk farvann til operasjon i Svartehavet, men først etter en større oppgradering og vinterisering. Heller ikke for denne forflytning har det vært mulig å fremskaffe detaljer om hvordan prosessen ble håndtert.

16.3.3 Forholdet mellom norsk og utenlandsk regelverk

Studiegruppen har vurdert hvordan regelverk og standarder brukes / håndheves på norsk og utenlands sokkel. Norsk HMS-regelverk regulerer flere tema enn andre lands regelverk, inkludert oppfølgingen fra myndighetene. Noen land prioriterer storulykkes risiko fremfor arbeidsmiljø, mens Norge har en balansert vektning mellom disse.

Ptils regelverk viser konkret til standarder, eller deler av slike, mens andre lands HSE regelverk viser til standarder i mer generelle termer.

Standarder definerer i praksis minimumskrav i større grad på norsk sokkel enn på andre sokler. Enkelte standarder er så sentrale på norsk sokkel at det i praksis er vanskelig å få aksept for bruk av alternative måter for å møte regelverkskrav.

En eventuell ytterligere harmonisering av krav/håndheving må kanskje skje ved ensidig tilpassing fra norsk side som følge av EUs direktiv for sikkerhet på offshoreinstallasjoner, men dette emnet er ikke diskutert videre i denne rapporten.

Forflytninger etter førstegangsoperasjon på norsk sokkel foregår derimot sømløst spesielt for boreinnretninger som flytter relativt hyppig.

Det er erfart en varierende standard på innretninger som søker SUT etter operasjon på utenlandsk sokkel. Det er også erfart at innretninger som borer i Nordsjøbassenget ikke automatisk innehar en standard som er akseptabel for norsk sokkel.

Innretninger fra Russisk sokkel kan også være aktuelle, men studiegruppen har ikke tilgang på data for slike innretninger og relaterte emner som må avklares videre er;

- Juridiske (ref. sanksjoner)
- Standarder anvendt
- Selskaps spesifikke krav / harmonisere

- HMS
- Bemanningslønninger / bruk av norsk mannskap

Det anbefales at dette blir vurdert i en fremtidig studie.

16.3.4 Forenklet forflytning av innretninger / avlastningsenheter til Barentshavet sørøst

For å kunne møte krav til boreinnretninger for bruk til avlastningsboring (starte boring 12 dager etter beslutning) må en ha identifisert type (sertifiseringer) og generelle krav til boreinnretninger som kan være aktuelle, og således defineres som forhåndsgodkjent med hensyn til:

- Isklasse og sertifisering
- Utstyr (borevæske volumer og pumpe kapasitet), spesifikt relatert kastifiserte bergarter
- Vinteriserings løsninger
- Lagerkapasitet

Studiegruppen har ikke vurdert i hvilken fase av et brønnproblem en beslutning skal tas med hensyn til bruk av avlastnings innretning, men det antas at slike vurderinger starter umiddelbart når problem oppstår.

Videre bør en ha oversikt over hvilke av mulige nominerte boreinnretninger som er i operasjonsfase som enkelt kan forlates uten risiko eller problem for aktivitetene, samt oversikt over innretninger som ligger i varmt opplag.

Mest aktuelle innretninger er fra Nordsjøen / Norskehavet med transport tid på 4 til 8 dager avhengig av vær og lokasjon i Barentshavet, samt med godkjent Samsvarsuttalelse (SUT).

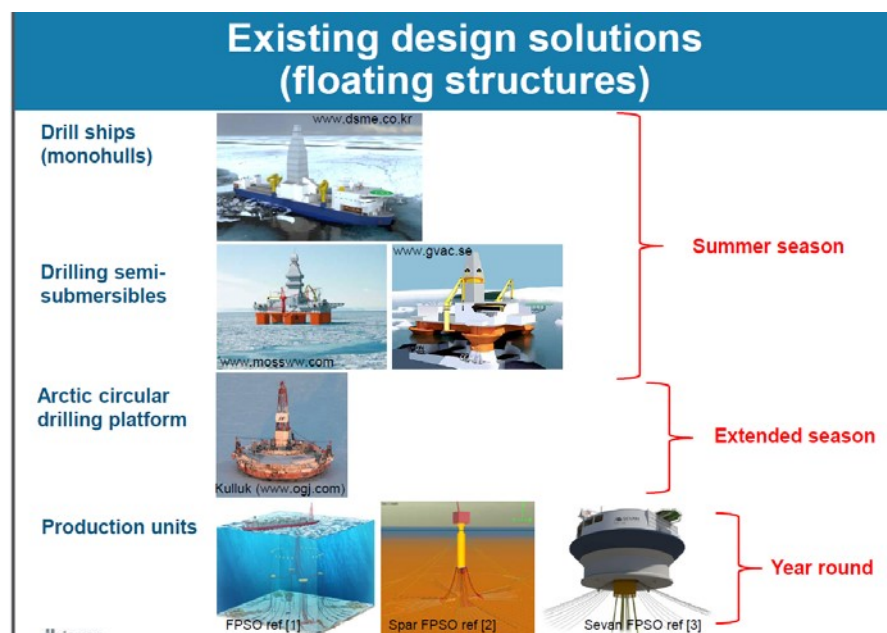
For helårs / vinteroperasjon kan transport til felt være avgjørende for hvorvidt det er mulig å sikre en avlastningsenhet inne 12 dager, og løsninger må vurderes spesielt for hver brønnlokasjon med hensyn til egnet avlastnings innretning.

16.4 Drøfting av egnede innretninger

Halvt nedsenkbare enheter (SEMIs), bøyedesign og skipsinnretninger kan være egnet både til leteboring, avgrensningsboring og produksjonsboring (helårsboring) i Barentshavet sørøst. For lete-/avgrensningsboring i sommersesong kan de fleste siste generasjons innretninger være egnet. For helårsboring i de mest utsatte deler av Barentshavet sørøst vil ekstra tiltak trolig være nødvendig, som beskrevet i tidligere kapitler.

Med de havdybder en har i Barentshavet sørøst er oppjekkbare innretninger (jack-ups) ikke aktuelle.

Eksempler på forskjellige typer innretninger og mulig bruk er vist på figur 16-4.

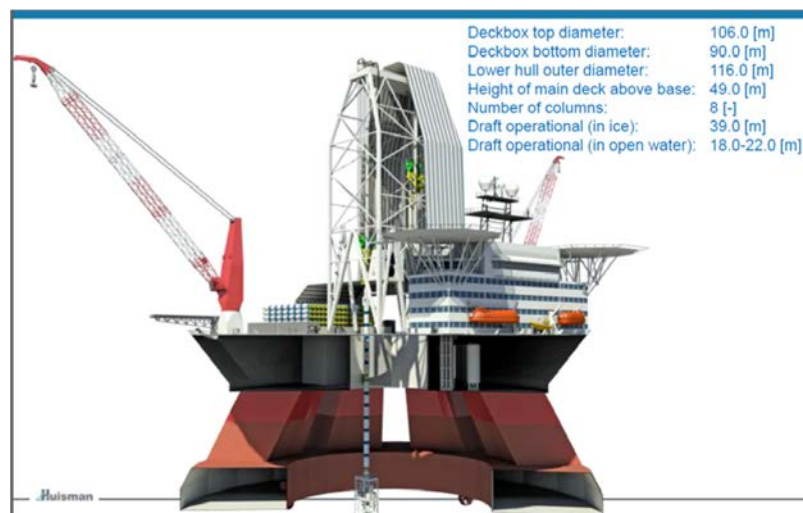


Figur 16-4 Boreinnretninger aktuelle for Barentshavet sørøst og periode (Kilde: Huismann)

16.4.1 Bøye innretning

Det er i dag under utvikling skreddersydde halvt nedsenkbare enheter for Arktiske områder der spesielt beskyttelse av Kjellerdekk / stigerør og evne til å operere i is er vesentlig forbedret sammenlignet med konvensjonelle enheter. Ett eksempel på en slik innretning er JBF-Arctic fra Huismann som vist på bildet i figur 16-5.

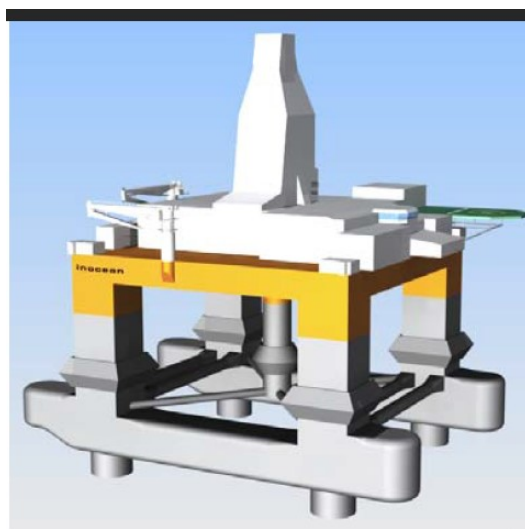
- Bøye innretninger har sylindrisk skrog og således vil respons på vindretning og havstrøm være lik uavhengig av retning. Videre vil rulling og hiv bevegelser være vesentlig mindre enn for andre innretninger, og boreoperasjoner vil være mindre væravhengig (bedre værvindu).
- Kompensasjonssystemet for stigerørsbevegelser får mindre slag å kompensere og kan gjøres lettere/ enklere.
- Borestigerør med tilhørende kabler for BOP kontroll er godt beskyttet med lukket område ned til havflaten (lukket Kjellerdekk).
- Bøye innretninger ansees å ha større lager mulighet grunnet plass og bæreevne enn andre innretninger.
- Bøye innretninger ansees å være mindre følsomme for vinterisering enn andre innretninger.



Figur 16-5 JBF Arctic (Ref. [19])

16.4.2 Semi med beskyttet stigerør

Konseptet er basert på konvensjonelt SEMI design enten i stål eller betong, men med en femte søyle i midten for å beskytte borestigerøret. En slik løsning vil sikre innebygget borestigerør og håndtering blir som på en skipsløsning. Innretningen er planlagt bygget for å operere i temperaturer ned mot -45°C . Typisk enhet er vist på figur 16.6.



Figur 16-6 Inocean Semi med sentral kolonne for å beskytte borestigerør (Kilde: Inocean)

16.4.3 Fremtidige innretninger / løsninger

Det er under utvikling forskjellige alternative løsninger som undervannsplasserte boreinnretninger. Utviklingen av slike konsepter har gått meget sent og det kan ikke antas at slike løsninger er kommersielt tilgjengelige i nær fremtid.

Slike innretninger vil fremdeles kreve innretninger på havflaten for styring og logistikk / lager, og avstand fra land vil som for alle andre innretningstyper være en utfordring.

17. REFERANSER

- [1] P. forespøsel, *Minikonkurranse 2/15 - Tverrfaglig – ST2 Egnede boreinnretninger, saksnr. 15/1015*.
- [2] «Technology and Operational Challenges for the High North, ISBN 978-82-490-0730-1,» International Research Institute of Stavanger, University of Stavanger , 2011.
- [3] C. C. Ryerson, «Assessment of Superstructure Ice Protection as Applied to Offshore Oil Operations Safety Ice Protection Technologies, Safety Enhancements, and Development Needs 20090710300,» US Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development, April 2009.
- [4] «Handbook for Acknowledgement of Compliance (AoC), Rev. 5,» August 2015.
- [5] «Fysisk miljø i Barentshavet Sør-Øst,» BaSEC , 2015 .
- [6] «Værvarslingsutfordringer i Barentshavet,» Meteorologisk Institutt, 2014.
- [7] «Kartlegging av is- og snøforekomst i Barentshavet, inkludert risikovurderinger relatert til petroleumsaktivitet,» SINTEF, 2015.
- [8] «Arktisk vær og Klima – betydning for risiko og design,» Meteorologisk Institutt, 2014.
- [9] «BaSEC, Rapport 3, Bruk av vinteriseringsstandard og tilgjengelig satellittkapasitet,» Barents Sea Exploration Collaboration.
- [10] «DNV-OS-A201, Winterization for Cold Climate Operations,» DET NORSKE VERITAS AS, October 2013.
- [11] «Barents East blocks, Metocean Design Basis,» Statoil, 2015.
- [12] Zubakin G.K. et.al, «Results of investigations of icebergs, glaciers and their frontal zones in the».
- [13] V. A. a. A. T. Abramov, «Atlas of Arctic Icebergs: The Greenland, Barents, Kara, Laptev, East - Siberian, and Chukchi Seas, and the Arctic Basin,» 1996.
- [14] S. a. T. C. Løset, « Sea ice and iceberg observations in the western Barents Sea in 1987,» 1996.
- [15] O. T. G. Adekunle Peter Orimolade, «Impacts of Cold Climate Environmental Conditions on a Riser System Design and Installation,» University of Stavanger, 2015.
- [16] G. Quale, «Technology and Operational Challenges for the High North,» 2011.
- [17] Overview of measures specifically designed to prevent oil pollution in the Arctic marine environment from offshore petroleum activities, Petroleum Safety Authority Norway, PROACTIMA, Rev. 02, 24 Nov. 2015.
- [18] Vær, is og andre fysiske utfordringer ved Barentshavet sørøst, Meteorologisk institutt til Konsekvensutredning for Barentshavet.
- [19] «Rules for classification: Offshore drilling and support units — DNVGL-RU-OU-0101,» DNVGL, Edition April 2016.
- [20] «http://www.skybrary.aero/index.php/Icing_-_Collection_Efficiency».
- [21] «A handbook of industrial electric heat tracing,» Heat Trace Limited.
- [22] «NORSOK standard E-001,» NORSOK, Edition 5, 2007.
- [23] «Arctic offshore and maritime heating solutions,» Thermon.
- [24] «NORSOK R004 - Piping and equipment insulation,» NORSOK, 2006.
- [25] S. Flornes, Experience from operations in The Barents, Norwegian Oil and gas, April 2014.
- [26] Kalde utfordringer, Helse og arbeidsmiljø på innretning i Nordområdene_Thelma, Juni 2010.
- [27] «Forskrift for bygging av flyttbare innretninger (FOR 1987-09-04, nr. 856),» Sjøfartsdirektoratet.
- [28] «NORSOK S-002 Arbeidsmiljø, Rev.4,» Aug.2004.

- [29] «ISO 11079 Ergonomics of the thermal environment – Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects,» ISO, 2007.
- [30] «ISO/DIS 35101 DRAFT (ISO/TC 67/SC 8) Petroleum and natural gas industries - Arctic operations – Working environment (ute på høring, høst 2016)».
- [31] T. S. A. G. O. a. B. J. Markeset, «Petroleum production facilities in Arctic, Barents Sea scenarios,» International Arctic Petroleum Cooperation, , 2015.
- [32] «Arctic Potential – Realizing the promise of U.S. Arctic oil and gas resources. Part 2.,» National Petroleum Council (NPC), 2015.
- [33] Offshore Vessel Operations in Ice and/or Severe Sub-Zero Temperatures In Arctic and SubArctic Regions, OCIMF, First edition 2014.
- [34] «D4.31-Report on rescue and evacuation systems,» Arctic Climate Change Economy and Society, 2013.
- [35] Konsekvensutredning for Barentshavet sørøst, Olje og Energi Departementet 2014.
- [36] A. J. Y.Z.Ayele1, «Drilling Waste Handling and Management in the High North, 978-14799-0986-5/13,» Universitetet i Tromsø,, 2013.
- [37] «Publikasjon 3-Boring og brønnoperasjoner,,» OD, 28.03.2011.
- [38] E. Drægebø, «Reliability Analysis of Blowout Preventer Systems, A comparative study of electro-hydraulic vs.all-electric BOP technology (Mastergrad hovedoppgave),» NTNU, 2014.
- [39] A. M. Madrid, «Trendsetter Engineering, "How Offshore Capping Stacks Work", .,» 2014.
- [40] «Factsheet, Mud-line cellars and top holes,» Shell.
- [41] «FMC Kongsberg, Patent: A method for installing submerged oil and gas wells, and apparatus for the same».
- [42] «Wellhead Protection Concepts for Subsea Marginal Developments – Grand Banks of Newfoundland,» Technip Offshore Canada Limited.
- [43] Kalde utfordringer, Helse og arbeidsmiljø på innretning i Nordområdene_Thelma, Juni 2010.
- [44] Typisk Dynamisk posisjonerings system SEMI SUB, Aker Solutions.
- [45] "Operations in low temperature & ice infested environments, ABS presentasjon i Trondheim, 2014.
- [46] «Innretningsforskriften,» Petroleumstilsynet, 2015.
- [47] «NORSOK S-001 Technical Safety,» Rev.4.
- [48] «International Fire Protection Magezine Issue 57,» March 2014.
- [49] «MODU code,» IMO, 2009.
- [50] [Internett]. Available:
<https://www.norskoljeoggass.no/Global/HMSutfordringer%20i%20nordomr%C3%A5dene/Seminar%204%20-%20Risikostyring%20og%20design/1415%20NOROG-mai-14.pdf>.
- [51] «What about firewater in the Arctic?,» Statoil, 2014.
- [52] Ramboll/Gexcon, «GASSLEKKASJER, BRANNBELASTNING OG EKSPLOSJONSTRYKK I INNELUKKEDE MODULER,» 2014.
- [53] «OGP Report No. 434 – 19, Evacuation, Escape, Rescue,» 2010.
- [54] «https://snl.no/definerte_fare-_og_ulykkessituasjoner,» [Internett].
- [55] «Forskrift om evakuerings og redningsredskaper på flyttbare innretninger, RSR 4-2016,» 2016.
- [56] «Anbefalte retningslinjer 066 for flyging på petroleums-innretninger,» Norsk olje og gass, 2015.
- [57] «Standard Helideck Monitoring Systems Rev 8c,» 2012 07 23.
- [58] «Emergency Response & Rescue Vessel Management Guidelines,» Oil & Gas UK, Issue 5, April 2013.

- [59] «Styringsforskriften,» Ptil.
- [60] «Evaluation of accident risks, Status and trends in risk analysis and evaluation,» Terje Aven.
- [61] «Norsk Olje og Gas notat - Formålstjenlige risikoanalyser,» 2105.
- [62] «Reliability assessment of mechanical systems,» Loughborough University.
- [63] «NORSOK Standard D-010,» Rev 3, August 2004.
- [64] «NORSOK Standard D-001, Edition 3, December 2012».
- [65] «1- OLF guidelines 070, Application of IEC 61508 and IEC 61511 in the Norwegian Petroleum Industry,» rev.02.
- [66] «Risk-based Winterization for Vessels Operations in Arctic Environments,» Memorial University of Newfoundland Canada, Harsh Environment Technology Center, ABS.
- [67] «Status and Inventions in Electrical Power and Thruster Systems for Drillships and Semi Submersible Rigs,» DYNAMIC POSITIONING COMMITTEE, 2004.
- [68] «IADC HSE Case Guidelines for MODU,» International Association of Drilling Contractors, 2014.
- [69] «OGP Risk Assessment Data Directory, Major accidents Report no. 434-17,» The International Association of Oil and Gas Producers, 2010.
- [70] Petroleumstilsynet, «Prinsipper for barrierestyring i petroleumsvirksomheten,» 2013. [Internett].
- [71] S. Sklet, «Safety barriers: Definition, classification, and performance,» Journal of loss prevention, 2005.
- [72] «Ptils avsluttende rapport for oppfølging etter Deepwater Horizon-ulykken,» Petroleumstilsynet, 2014.
- [73] «IAEA safety standard for protecting people and the environment, SSR-2/1 (Rev. 1),» International Atomic Energy Agency.
- [74] «Review of Offshore Drilling in the Canadian Arctic,» National Energy Board, December 2011.
- [75] «Operator Competence and Capacity – Lessons from the Montara Blowout,» Australian National University, May 2011.
- [76] «Deepwater Horizon Accident Investigation Report,» BP, 2010.
- [77] «Process safety - recommended practice on Key Performance Indicators (KPI), report no. 456,» OGP, 2011.
- [78] «Asset integrity - the key to managing major incidents risks, report no. 415,» OGP, 2008.
- [79] «IMPROVEMENT OF PERFORMANCE OF OIL AND GAS PRODUCTION FACILITIES IN ARCTIC REGIONS BY APPLYING HUMAN FACTORS/ERGONOMIC PRINCIPLES AT THE DESIGN PHASE,» 2009.
- [80] «Infrastruktur og logistikk ved petroleumsvirksomhet i Barentshavet sørøst,» DNVGLMulticonsult, 2012.
- [81] B.Nyland, « Barentshavets betydning for ressursbildet, Arctic safety summit,» 2015 .
- [82] L.Brusdal, «Utfordringer og samarbeid i nordområdene,,» Statoil, 2014.
- [83] «Beskrivelse av miljøteknologi,» Oljedirektoratet, 2010.
- [84] «Sikkerhetstatus og signaler 2013 -2014,» Ptil.
- [85] Internet bilde; anker vinch på SEMI, Aker Solutions.
- [86] Intern tegning / skisse ; anker ledsystem, Aker Solutions.
- [87] E. H. Mathisen, Master Thesis - Well testing in the Barents Sea, THE ARCTIC UNIVERSITY OF NORWAY, UIT, June 2014.
- [88] Recommended practice for diverter systems equipment and operations, API RP 64, Second edition,, Nov. 2001.
- [89] Aker Solutions Drill String Compensator Power Point presentasjon.

- [90] [Internett]. Available: <http://www.con-techinternational.com/cms/category/tote-tankparts/>.
- [91] Arrangements tegning Aker Barents / bønnstest på borerørlager, Aker Solutions.
- [92] Offshore Vessel Operations in Ice and/or Severe Sub -Zero Temperatures, OCIMF, First edition 2014.
- [93] «Internett<https://www.google.no/search?q=transocean+spitsbergen&biw,>»
[Internett]. Available: <https://www.google.no/search?q=transocean+spitsbergen&biw.>
- [94] [Internett]. Available:
http://www.huismanequipment.com/en/products/drilling/jbf_14000/jbf_arctic.
- [95] [Internett]. Available: <http://www.ptil.no/nyheter/tilsyn-med-beredskap-baerendekonstruksjoner-og-maritime.>
- [96] [Internett]. Available: <http://stocklink.no/Article.aspx?id=90124.>
- [97] [Internett]. Available: <http://www.sevanmarine.com/solutions/sevan-arctic.>
- [98] [Internett]. Available: <http://www.oilrig-photos.com/picture/number1697.asp.>
- [99] «IACS Req. 2012. Requirements concerning Mobile Offshore Drilling Units,» INTERNATIONAL ASSOCIATION OF CLASSIFICATION SOCIETIES.
- [100] «OFFSHORE STANDARD DNV-OS-D301, FIRE PROTECTION,» DNV , 2008.
- [101] «Oil and gas industry guidance on voluntary sustainability reporting,» IPIECA, 2015.
- [102] «Multi-National Audit - Human and Organisational Factors in Well Control,» NSOAF (North Sea Offshore Authorities Forum), 2103.
- [103] «KALDE UTFORDRINGER, HELSE OG ARBEIDSMILJØ PÅ INNRETNING I NORDOMRÅDENE,» THELMA , 2010.
- [104] «OTG-13 Prediction of air gap for column stabilised units July 2016,» DNVGL, 2016.
- [105] «Looking Back and Forward – Escape, Evacuation and Rescue (EER) Deepwater Horizon,» Deepwater Horizon Study Group,, 2011.
- [106] H. H. Bergen, «Risk analysis of well control operations considering arctic environmental conditions,» The arctic university of Norway, 2015.