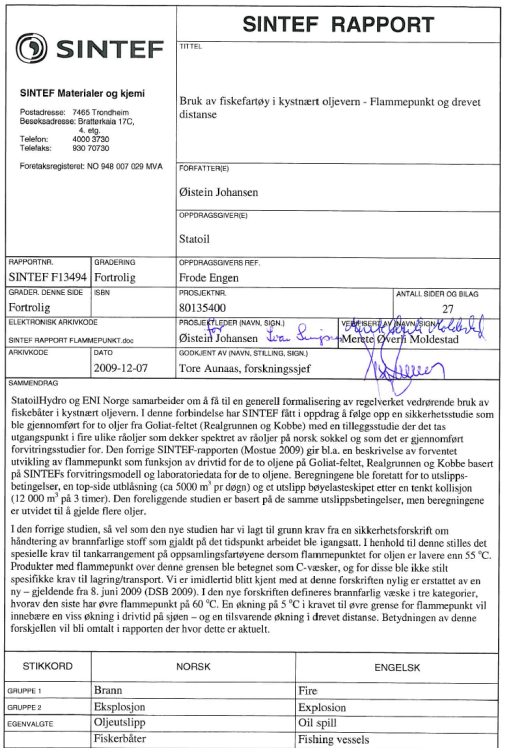
OC2020 A-058 - Åpen

Rapport

Bruk av fiskefartøy i kystnært oljevern - Flammepunkt og drevet distanse

Forfatter(e)
Øistein Johansen



SINTEF

SINTEF Materialer og kjemi

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: Brattørkaia 17C, 4. etg
Telefon: 4000 3730
Telefaks: 930 70730

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL
Bruk av fiskefartøy i kystnært oljevern - Flammepunkt og drevet distanse

FORFATTER(E)
Øistein Johansen

OPPDRAGSGIVER(E)
Statoil

RAPPORTNR.	GRADERING	OPPDRAGSGIVERS REF.	
SINTEF F13494	Fortrolig	Frode Engen	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR.	ANTALL SIDER OG BILAG
Fortrolig		80135400	27
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.)
SINTEF RAPPORT FLAMMEPUNKT.doc		Øistein Johansen	Merete Øverli Moldestad
ARKIVKODE	DATO	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)	
	2009-12-07	Tore Aunaas, forskningssjef	

SAMMENDRAG

StatoilHydro og ENI Norge samarbeider om å få til en generell formalisering av regelverket vedrørende bruk av fiskebåter i kystnært oljevern. I denne forbindelse har SINTEF fått i oppdrag å følge opp en sikkerhetsstudie som ble gjennomført for to oljer fra Goliat-feltet (Realgrunnen og Kobbe) med en tilleggsstudie der det tas utgangspunkt i fire ulike råoljer som dekker spektret av råoljer på norsk sokkel og som det er gjennomført forvitringsstudier for. Den forrige SINTEF-rapporten (Mostue 2009) gir bl.a. en beskrivelse av forventet utvikling av flammepunkt som funksjon av drivtid for de to oljene på Goliat-feltet, Realgrunnen og Kobbe basert på SINTEFs forvitringsmodell og laboratoriedata for de to oljene. Beregningene ble foretatt for to utslipps-betingelser, en top-side utblåsning (ca 5000 m^3 pr døgn) og et utslipp bøyelasteskipet etter en tenkt kollisjon (12 000 m^3 på 3 timer). Den foreliggende studien er basert på de samme utslippsbetingelser, men beregningene er utvidet til å gjelde flere oljer.

I den forrige studien, så vel som den nye studien har vi lagt til grunn krav fra en sikkerhetsforskrift om håndtering av brannfarlige stoff som gjaldt på det tidspunkt arbeidet ble igangsatt. I henhold til denne stilles det spesielle krav til tankarrangement på oppsamlingsfartøyene dersom flammepunktet for oljen er lavere enn 55 °C. Produkter med flammepunkt over denne grensen ble betegnet som C-væsker, og for disse ble ikke stilt spesifikke krav til lagring/transport. Vi er imidlertid blitt kjent med at denne forskriften nylig er erstattet av en ny – gjeldende fra 8. juni 2009 (DSB 2009). I den nye forskriften defineres brannfarlig væske i tre kategorier, hvorav den siste har øvre flammepunkt på 60 °C. En økning på 5 °C i kravet til øvre grense for flammepunkt vil innebære en viss økning i drivtid på sjøen – og en tilsvarende økning i drevet distanse. Betydningen av denne forskjellen vil bli omtalt i rapporten der hvor dette er aktuelt.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Brann	Fire
GRUPPE 2	Eksplosjon	Explosion
EGENVALGTE	Oljeutslipp	Oil spill
	Fiskerbåter	Fishing vessels

SINTEF Ocean AS

2020-05-28

SINTEF Ocean AS
Postadresse:
Postboks 4762 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 46415000

Foretaksregister:
NO 937 357 370 MVA

Rapport

Bruk av fiskefartøy i kystnært oljevern - Flammepunkt og drevet distanse

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
OC2020 A-058	80135400	2.0	2020-05-28

EMNEORD:
Brann
Eksplosjon
Oljeutslipp
Fiskebåter
Oljevern

FORFATTER(E)
Øistein Johansen

OPPDRAGSGIVER(E)
Statoil

OPPDRAGSGIVERS REF.
Frode Engen

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
2 + 27

GRADERING	GRADERING DENNE SIDE	ISBN
Åpen	Åpen	978-82-7174-387-1

SAMMENDRAG
Nedgradering av SINTEF Materialer og Kjemi rapport F13494 datert 2009-12-07.
Nedgradering ble bestilt av Equinor ved Hanne Greiff Johnsen i mail datert 2020-05-27.

Rapporten er nedgradert av SINTEF Ocean AS, avd. Miljø og Nye ressurser.

Den originale rapporten er vedlagt

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATION
DNV·GL
ISO 9001 = ISO 14001
OHSAS 18001

ORIGINAL FORFATTER	NEDGRADERT AV	GODKJENT AV
Øistein Johansen	Kristin Rist Sørheim	Mimmi Throne Holst

Dokumentet har gjennomgått SINTEFs godkjenningsprosedyre og er sikret digitalt

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
1.0	2009-12-07	Original rapport
2.0	2020-05-28	Nedgradering av lukket rapport – originalt rapportnummer SINTEF F13494

SINTEF

SINTEF Materialer og kjemi

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: Brattørkaia 17C, 4. etg.
Telefon: 4000 3730
Telefaks: 930 70730

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Bruk av fiskefartøy i kystnært oljevern - Flammepunkt og drevet distanse

FORFATTER(E)

Øistein Johansen

OPPDRAGSGIVER(E)

Statoil

RAPPORTNR.	GRADERING	OPPDRAGSGIVERS REF.	
SINTEF F13494	Fortrolig	Frode Engen	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR.	ANTALL SIDER OG BILAG
Fortrolig		80135400	27
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.)
SINTEF RAPPORT FLAMMEPUNKT.doc		Øistein Johansen	Merete Øverli Moldestad
ARKIVKODE	DATO	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)	
	2009-12-07	Tore Aunaas, forskningssjef	

SAMMENDRAG

StatoilHydro og ENI Norge samarbeider om å få til en generell formalisering av regelverket vedrørende bruk av fiskebåter i kystnært oljevern. I denne forbindelse har SINTEF fått i oppdrag å følge opp en sikkerhetsstudie som ble gjennomført for to oljer fra Goliat-feltet (Realgrunnen og Kobbe) med en tilleggsstudie der det tas utgangspunkt i fire ulike råoljer som dekker spektret av råoljer på norsk sokkel og som det er gjennomført forvitringsstudier for. Den forrige SINTEF-rapporten (Mostue 2009) gir bl.a. en beskrivelse av forventet utvikling av flammepunkt som funksjon av drivtid for de to oljene på Goliat-feltet, Realgrunnen og Kobbe basert på SINTEFs forvitringsmodell og laboratoriedata for de to oljene. Beregningene ble foretatt for to utslipps-betingelser, en top-side utblåsning (ca 5000 m^3 pr døgn) og et utslipp bøyelasteskipet etter en tenkt kollisjon (12 000 m^3 på 3 timer). Den foreliggende studien er basert på de samme utslippsbetingelser, men beregningene er utvidet til å gjelde flere oljer.

I den forrige studien, så vel som den nye studien har vi lagt til grunn krav fra en sikkerhetsforskrift om håndtering av brannfarlige stoff som gjaldt på det tidspunkt arbeidet ble igangsatt. I henhold til denne stilles det spesielle krav til tankarrangement på oppsamlingsfartøyene dersom flammepunktet for oljen er lavere enn 55 °C. Produkter med flammepunkt over denne grensen ble betegnet som C-væsker, og for disse ble ikke stilt spesifikke krav til lagring/transport. Vi er imidlertid blitt kjent med at denne forskriften nylig er erstattet av en ny – gjeldende fra 8. juni 2009 (DSB 2009). I den nye forskriften defineres brannfarlig væske i tre kategorier, hvorav den siste har øvre flammepunkt på 60 °C. En økning på 5 °C i kravet til øvre grense for flammepunkt vil innebære en viss økning i drivtid på sjøen – og en tilsvarende økning i drevet distanse. Betydningen av denne forskjellen vil bli omtalt i rapporten der hvor dette er aktuelt.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Brann	Fire
GRUPPE 2	Eksplosjon	Explosion
EGENVALGTE	Oljeutslipp	Oil spill
	Fiskerbåter	Fishing vessels
	Oljevern	Oil spill preparedness

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 Bakgrunn 3

2 Beregninger med SINTEFs forvitringsmodell (OWM) 4

2.1 Valg av representative råoljer 4

2.2 Sammenheng mellom flammepunkt og avdampet mengde for de utvalgte råoljer 5

3 Bestemmelse av drivtid og drevet distanse 8

4 Referanser 17

5 Vedlegg A: Flammepunkt og avdampet mengde fra SINTEFs forvitringsmodell 18

6 Vedlegg B – Sikker sone beregnet ut fra tidsvariabel vind 26

1 Bakgrunn

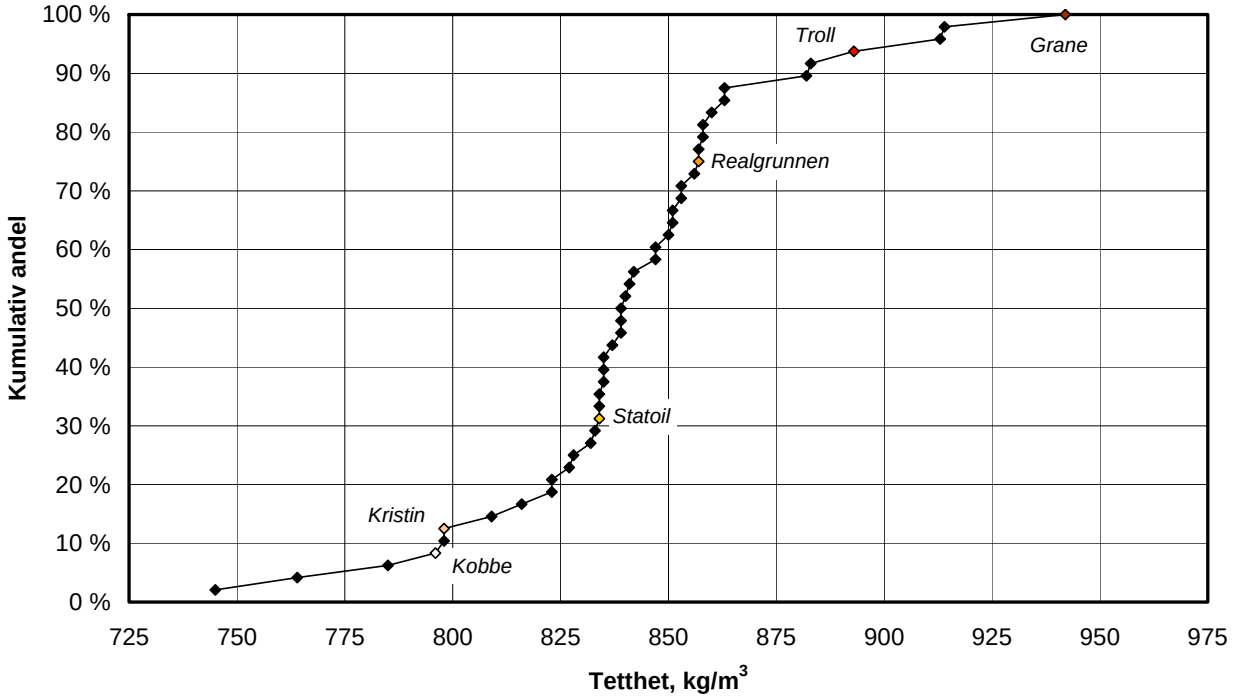
StatoilHydro og ENI Norge samarbeider om å få til en generell formalisering av regelverket vedrørende bruk av fiskebåter i kystnært oljevern. I denne forbindelse har SINTEF fått i oppdrag å følge opp en sikkerhetsstudie som ble gjennomført for to oljer fra Goliat-feltet (Realgrunnen og Kobbe) med en tilleggsstudie der det tas utgangspunkt i fire ulike råoljer som dekker spektret av råoljer på norsk sokkel og som det er gjennomført forvitringsstudier for. Den forrige SINTEF-rapporten (Mostue 2009) gir bl.a. en beskrivelse av forventet utvikling av flammepunkt som funksjon av drivtid for de to oljene på Goliat-feltet, Realgrunnen og Kobbe basert på SINTEFs forvitringsmodell og laboratoriedata for de to oljene. Beregningene ble foretatt for to utslipps-betingelser, en top-side utblåsning (ca 5000 m^3 pr døgn) og et utslipp bøyelasteskipet etter en tenkt kollisjon (12 000 m^3 på 3 timer). Den foreliggende studien er basert på de samme utslippsbetingelser, men beregningene er utvidet til å gjelde flere oljer.

Sikkerhetsrisikoen ved oppsamling og lasting av olje knyttes ofte til flammepunktet. I den forrige studien, så vel som den nye studien har vi lagt til grunn krav fra en sikkerhetsforskrift om håndtering av brannfarlige stoff som gjaldt på det tidspunkt arbeidet ble igangsatt. I henhold til denne stilles det spesielle krav til tankarrangement på oppsamlingsfartøyene dersom flammepunktet for oljen er lavere enn 55 ^oC. Produkter med flammepunkt over denne grensen ble betegnet som C-væsker, og for disse ble ikke stilt spesifikke krav til lagring/transport. Vi er imidlertid blitt kjent med at denne forskriften nylig er erstattet av en ny – gjeldende fra 8. juni 2009 (DSB 2009). I den nye forskriften defineres brannfarlig væske i tre kategorier, hvorav den siste har øvre flammepunkt på 60 ^oC. En økning på 5 ^oC i kravet til øvre grense for flammepunkt vil innebære en viss økning i drivtid på sjøen – og en tilsvarende økning i drevet distanse. Betydningen av denne forskjellen vil bli omtalt i rapporten der hvor dette er aktuelt.

2 Beregninger med SINTEFs forvitringsmodell (OWM)

2.1 Valg av representative råoljer

Følgende fire oljetyper er valgt for dekke den representativ bredden av oljetyper fra norsk sokkel: Kristin lettolje, Statfjord, Troll og Grane, i tillegg til de to oljene fra Goliat (Kobbe og Realgrunnen). Som Figur 2.1 viser dekker dette utvalget det aktuelle spennet i tetthet av fersk olje. Tettheten av oljene i fersk tilstand avspeiler i stor grad sammensetningen av oljene er en av de lettest målbare og mest karakteristiske egenskaper ved råoljene. Som det fremgår er Grane den tyngste av råoljene i utvalget, og også den tyngste av råoljene på norsk sektor. Kobbe er den letteste oljen i utvalget, men er ikke den letteste oljen på norsk sektor. Oljene som er lettere enn denne er imidlertid kondensat som i praksis ikke lar seg samle opp med mekaniske oljevernsystem.



Figur 2.1. Tetthet av oljer fra norsk sektor. Kurven viser fordelingen av tetthet av norske råoljer i fersk tilstand, basert på data fra SINTEFs forvitringsdatabase. De utvalgte oljene er markert på kurven.

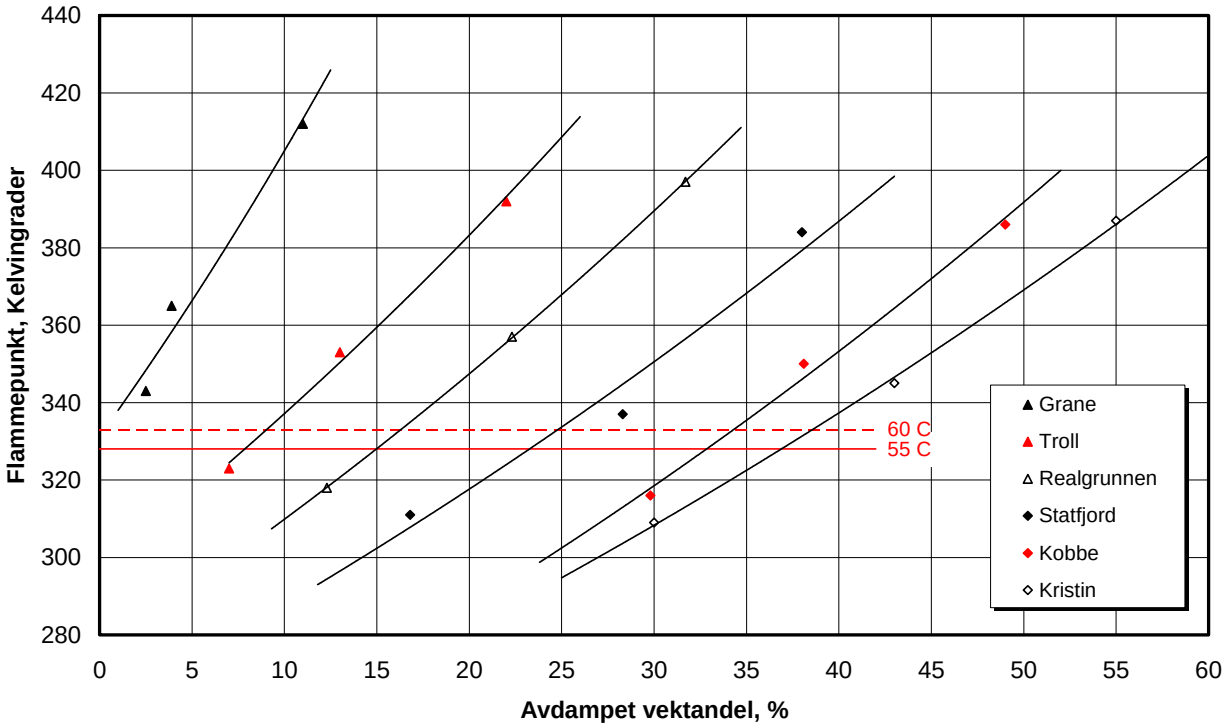
2.2 Sammenheng mellom flammepunkt og avdampet mengde for de utvalgte råoljer

Flammepunktet er blant de viktigste egenskaper som benyttes for å angi brann- og eksplosjons-farligheten av en væske i forbindelse med skipstransport. Flammepunktet for en væske tilsvarer den temperaturen som væsken må ha for å danne konsentrasjoner av brennbar damp tilsvarende væskens nedre flammegrense (engelsk: Lower Flammable Limit, LFL). Når denne temperaturen nås kan en flamme forplante seg i dampfasen i et lukket prøvekammer over væsken. Dette blir synlig ved en glimt (derav "flash point" på engelsk). På dette grunnlag kan flammepunktet i prinsippet bestemmes ved hjelp av teoretiske beregninger (Hanley 1998), men i praksis bestemmes flammepunktet eksperimentelt ved hjelp av en bestemt testmetode. I forvitringsstudiene som utføres i SINTEFs laboratorier bestemmes flammepunktet for en olje ved ulike forvitringsgrader, dvs. for fersk olje (dersom dette lar seg gjøre), samt for tre forvitringsgrader angitt ved kokepunktsgrensen for restfraksjonen (residue) etter avdampning; 150^{o}C+, 200^{o}C+ og 250^{o}C+. Disse restfraksjonene tilsvarer en økende avdampet vektandel av utgangsoljen, og inneholder en økende andel av tyngre oljekomponenter med tilhørende økende flammepunkt. Figur 2.2 viser utviklingen av flammepunktet ved forvitring av de utvalgte oljene. Resultatene fra forvitringsmodellen er her plottet i Kelvingrader (absolutt temperatur) fordi dette danner grunnlaget for kurvetilpassning og etterfølgende interpolering og ekstrapolering i forvitringsmodellen. De tynne linjene på figuren viser kurvetilpassningen som benyttes i forvitringsmodellen. Data for fersk olje er ikke tatt med siden slike data ikke lar seg bestemme for alle oljer, og derfor ikke blir benyttet i forvitringsmodellen. Den røde linjen på figuren angir grenseverdien for C-væske (55 ^{o}C, heltrukken linje) eller brannfarlig væske i henhold til den nye forskriften (60 ^{o}C, stiplet linje). Skjæringen mellom de tilpassede kurvene og den røde linjen gir den avdampede vektandel som tilsvarer grenseverdien for C-væske eller brannfarlig væske (se Tabell 2.1).

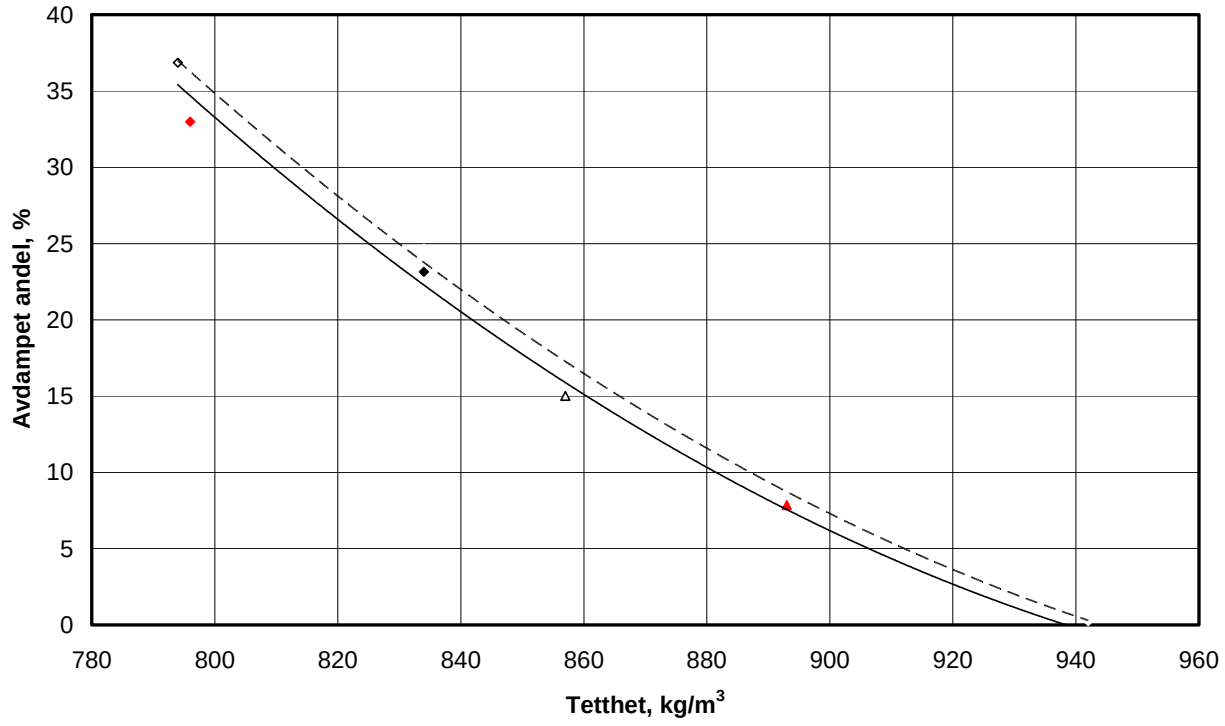
På Figur 2.3 er avdampet mengde ved grenseverdiene (55 og 60 ^{o}C) plottet som funksjon av tettheten for fersk olje. På Figur 2.4 er de respektive avdampede vektandeler basert på et kritisk flammepunkt på 55 ^{o}C vist sammen med kokepunktskurvene for de utvalgte råoljene. Det fremgår at de avdampede vektandeler ved overgang til C-væske grovt sett samsvarer med et kokepunkt på 150 ^{o}C for alle oljene, med unntak av den tyngste oljen (Grane) som i praksis vil være C-væske helt fra den slippes på sjøen. Et kritisk flammepunkt på 60 ^{o}C viser seg å samsvare med et litt høyere kokepunkt, ca 160 ^{o}C (ikke vist).

Tabell 2.1. Avdampet vektandel ved overgangen til C-væske. Verdiene for avdampet andel er avledet fra Figur 2.2 som skjæringspunktet mellom kritisk flammepunkt (55 eller 60 ^{o}C) og de tilpassede flammepunktkurvene for hver olje. Tettheten av fersk olje er gitt i samme tabell.

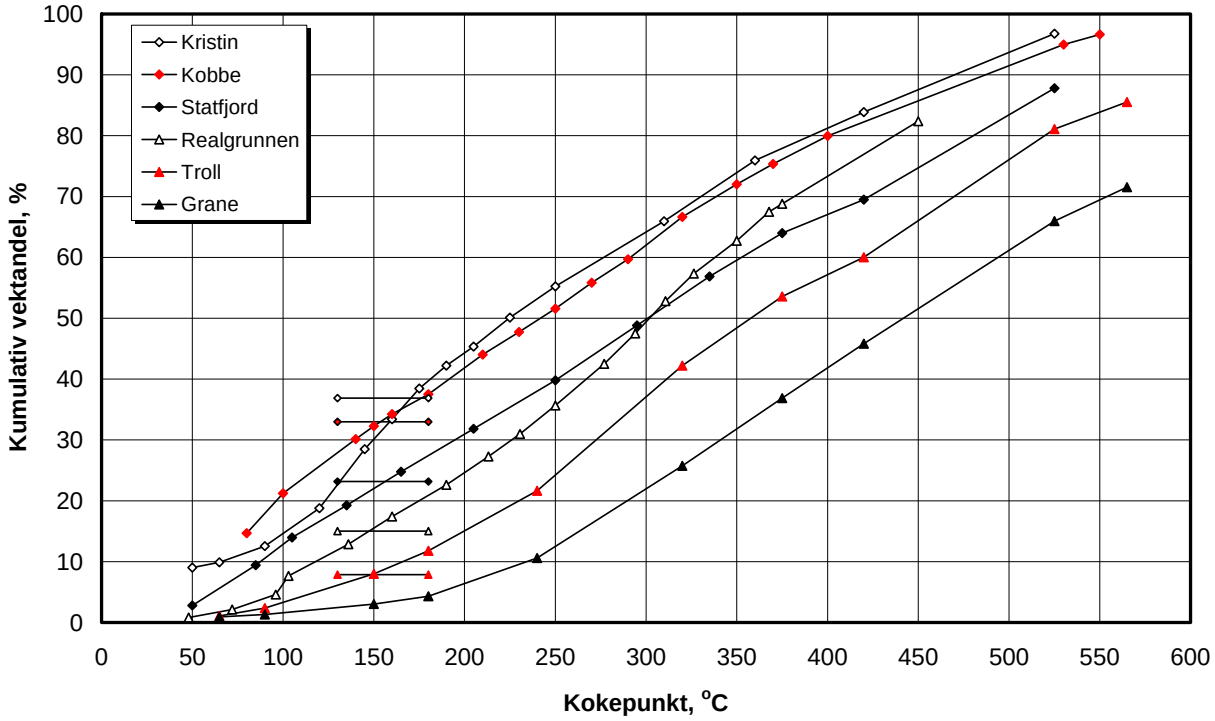
		Avdampet vektandel, %	
Oljetype	Tetthet, kg/m^3	55 ^{o}C	60 ^{o}C
Grane	942	-	0.3
Troll	893	7.9	9.0
Realgrunnen	857	15.0	16.3
Statfjord	834	23.1	24.7
Kobbe	796	33.0	34.5
Kristin	794	36.0	38.5



Figur 2.2. Flammepunkt (grader Kelvin) som funksjon av avdampet vektandel for ulike råoljer. De horisontale røde linjer markerer sikkerhetsgrense for flammepunkt (55 og 60 °C). Øvrige linjer er kurvetilpassninger til data. Skjæring mellom disse linjer og grenseverdien gir avdampet mengde når flammepunktet stiger over kritisk verdi (kritisk avdampet vektandel).



Figur 2.3. Sammenheng mellom tetthet og kritisk avdampet vektandel for de utvalgte råoljer. Symbolene viser til de ulike råoljen og er de samme som på Figur 2.2. Heltrukken og stiplet kurve viser kurvetilpassninger til data for kritisk flammepunkt på respektive 55 og 60 °C.



Figur 2.4. Kokepunktskurver og kritisk avdampet mengde for de utvalgte råoljer. Tallene for kritisk avdampet mengde er basert på kritisk flammepunkt på 55 °C.

3 Bestemmelse av drivtid og drevet distanse

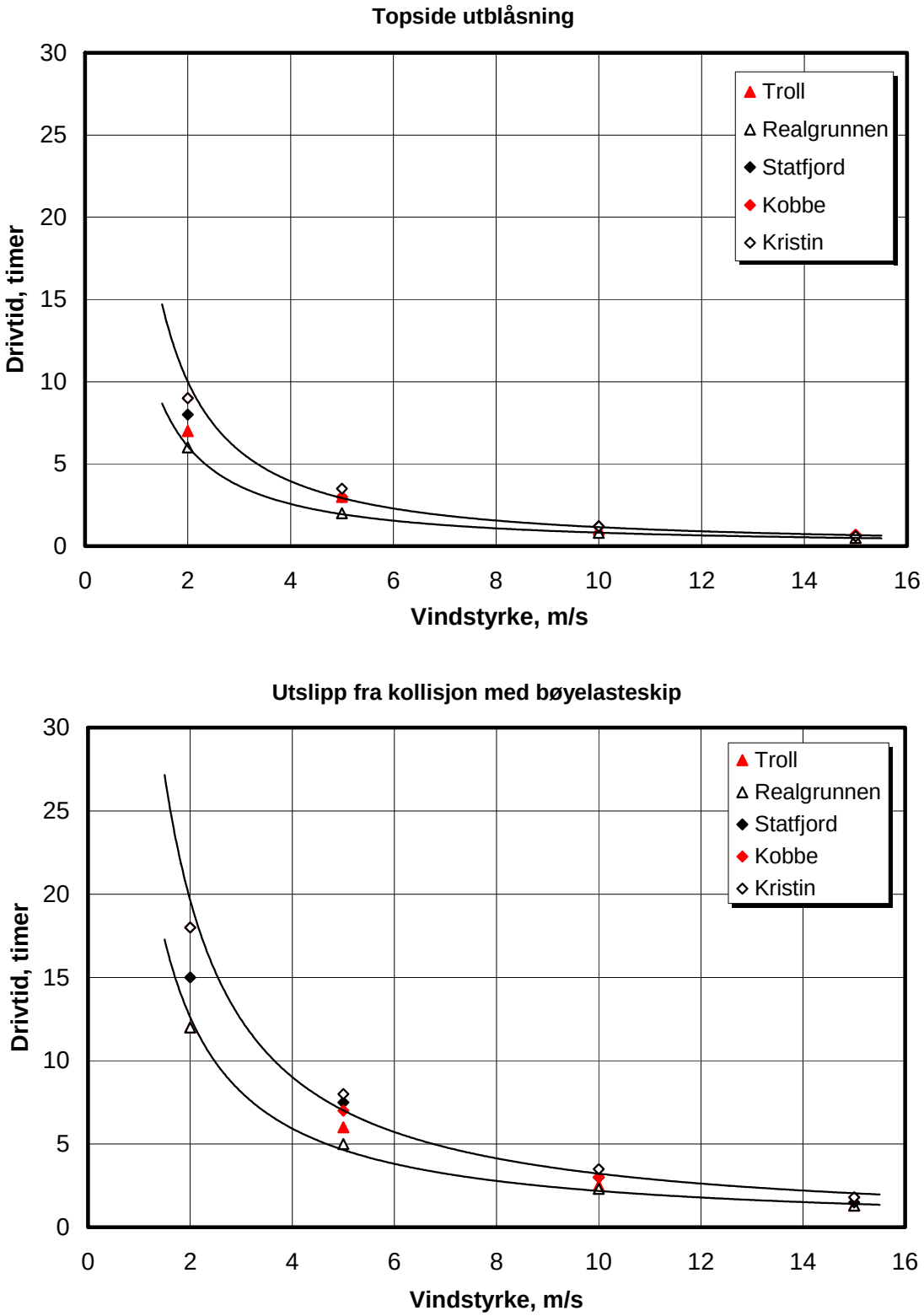
Drivtiden som kreves for at de utvalgte oljene skal gå over til C-væske ved ulike utslippsbetingelser og vindhastigheter er beregnet ved hjelp av SINTEFs forvitringsmodell. De to utslippsbetingelsene tilsvarer som nevnt en top-side utblåsning med en rate på 5315 m^3 per døgn og et utslipp på 12 000 m^3 i løpet av 3 timer fra et uhell med et bøyelasteskip. Disse utslippsbetingelsene vil gi ulike filmtykkelser av oljen på sjøen (størst for det massive kortvarige utslippet). Ulik filmtykkelse medfører forskjeller i fordampningsforløpet (langsommere fordampning ved økende filmtykkelse). Overgang til C-væske vil således ta lengre tid ved et massivt kortvarig utslipp enn ved et utslipp med lavere rate. Resultatene fra beregningene med forvitringsmodellen er vist på grafisk form i Vedlegg A.

For hver oljetype er det vist to sett med figurer – ett sett for top-side utblåsning og ett sett for skipsuhell. Hvert sett innholder to figurer, den ene viser avdampet vektandel som funksjon av drivtid ved fire ulike vindhastigheter (2, 5, 10 og 15 m/s), mens den andre viser utviklingen av flammepunktet ved de samme vindhastigheter. På disse figurene er grensen for brannfare (*fire hazard*) satt til 60 ^oC (angitt med skravering), men vi har som før nevnt opprinnelig benyttet en grenseverdi på 55 ^oC i denne studien. En gjennomgang av figurene fra forvitringsmodellen viser at en økning av grenseverdien fra 55 til 60 ^oC vil innebære en økning i drivtid på sjøen på mellom 20 og 30 % (størst økning for topside utblåsning og minst for utslipp fra bøyelasteskip). En drivtid som er bestemt til 12 timer for en grenseverdi på 55 ^oC vil således tilsvare ca 15 timer om grenseverdien økes til 60 ^oC.

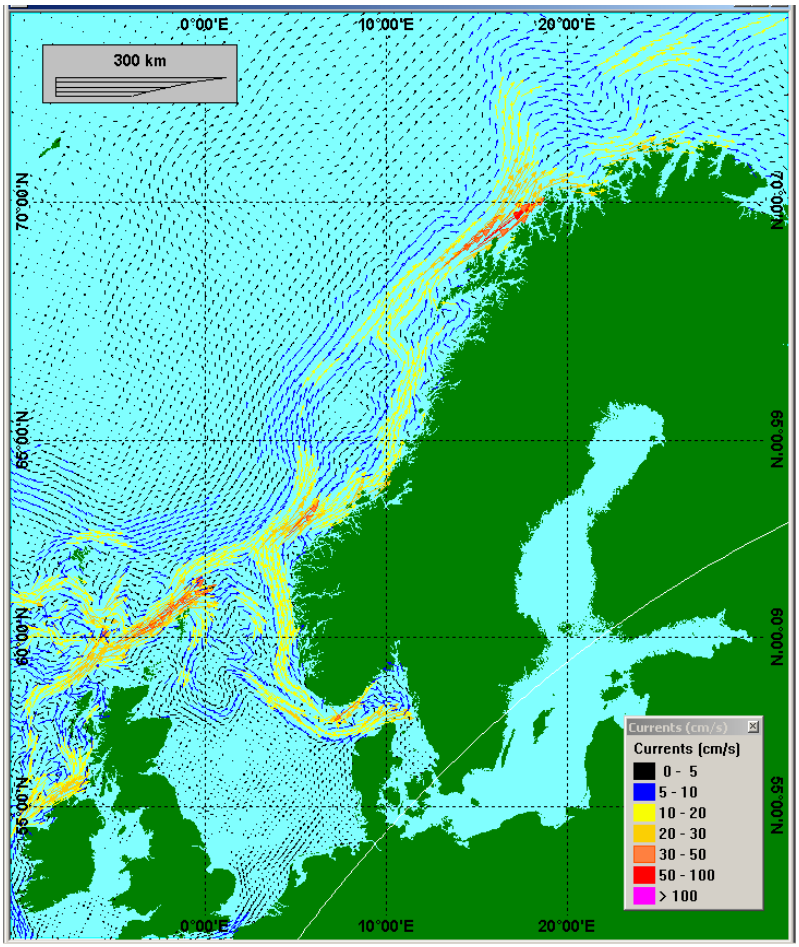
For den tyngste oljen (Grane) viser resultatene fra forvitringsmodellen at flammepunktet vil ligge over grenseverdien praktisk talt fra det øyeblikk oljen kommer på sjøen. Grane-oljen kan således betraktes som en C-væske uavhengig av drivtid. Resultatene for de øvrige fem oljene er sammenfattet i Tabell 3.1 og Figur 3.1. Som det fremgår vil drivtiden frem til passering av grenseverdien for flammepunkt avta med økende vindhastighet. Vi ser også at utslipp fra bøyelasteskip i alle tilfeller gir lengre drivtider. Dette henger sammen med at økt vind gir raskere fordampning, mens større filmtykkelse vil medføre redusert fordampningshastighet. Trendkurvene som er tegnet inn på Figur 3.1 viser at drivtiden fra utslipp av oljen til overgang til C-væske vil øke omtrent omvendt proporsjonalt med vindhastigheten (en dobling av vindstyrken gir ca en halvering av drivtiden), mens forskjellen mellom topside utblåsning og utslipp fra bøyelasteskip vil tilsvare omtrent en dobling av drivtiden.

Tabell 3.1. Drivtid i timer til passering av sikkerhetsgrensen for flammepunkt (55 ^oC) avhengig av oljetype, utslipp og vindhastighet. Drivtidene er avlest fra figurene i vedlegg A. En økning i grenseverdien til 60 ^oC vil medføre en økning i drivtidene på mellom 20 (bøyelasteskip) og 30% (topside utblåsning).

		Vindhastighet, m/s			
Oljetype	*Utslipp*	*2*	*5*	*10*	*15*
Realgrunnen	Topside utblåsning	6	2	0,8	0,5
	Bøyelasteskip	12	5	2,3	1,3
Kobbe	Topside utblåsning	9	3	1.2	0,7
	Bøyelasteskip	18	7	3	1,8
Troll	Topside utblåsning	7	3	1	0,5
	Bøyelasteskip	12	6	2,5	1,3
Statfjord	Topside utblåsning	8	3	1,2	0,6
	Bøyelasteskip	15	7,5	3	1,5
Kristin	Topside utblåsning	9	3,5	1,2	0,6
	Bøyelasteskip	18	8	3,5	1,8



Figur 3.1. Drivtid i timer til passering av sikkerhetsgrensen for flammepunkt (55 °C) avhengig av oljetype, utslipp og vindhastighet. Data fra Tabell 3.1. Kurvene som er tegnet inn for å illustrere den generelle tendensen er kurvetilpassninger for henholdsvis Realgrunnen og Kristin. Drivtidene vil øke mellom 20 % (bøyelasteskip) og 30 % (topside utblåsning) ved en økning av sikkerhetsgrensen til 60 °C.

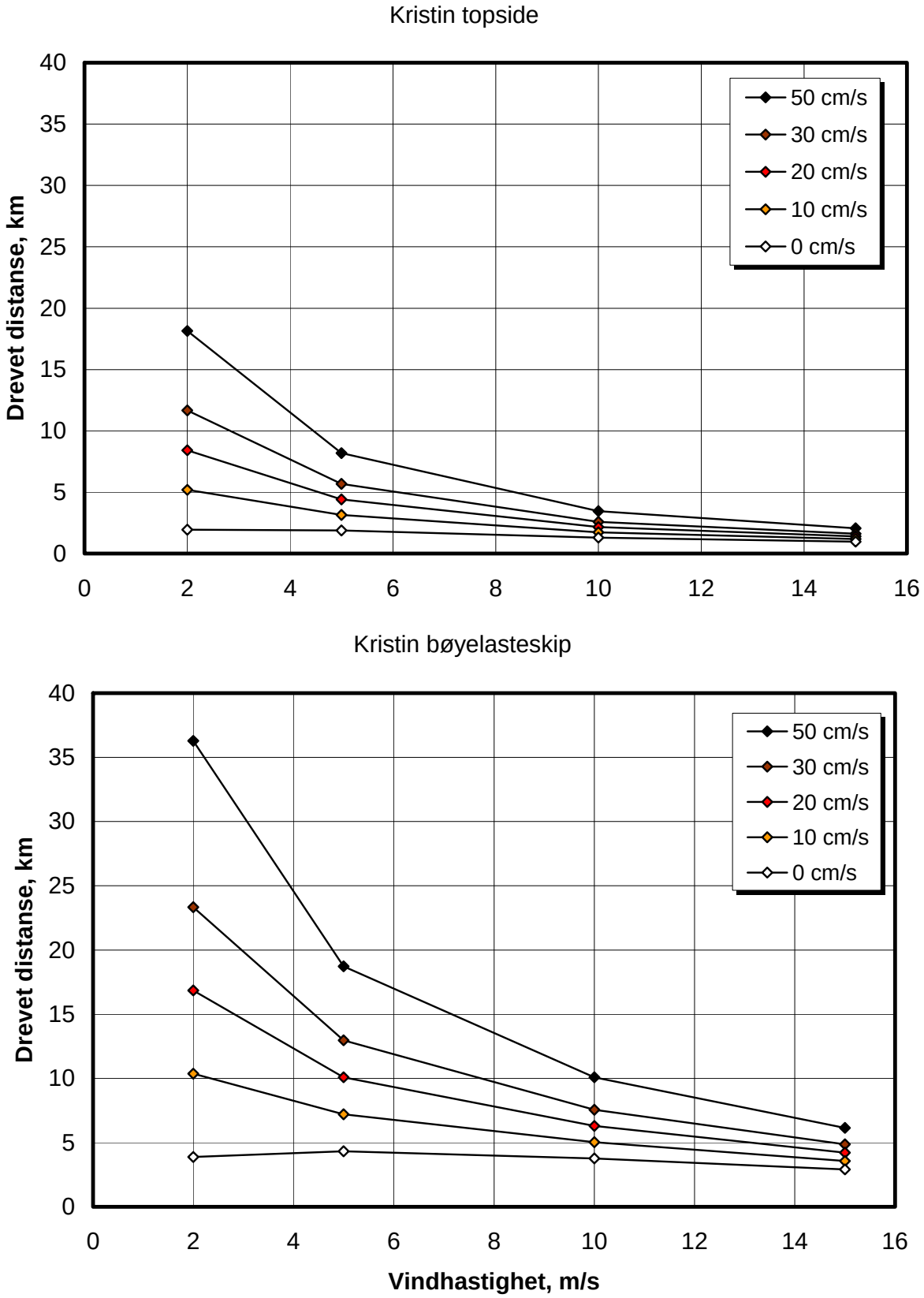


Figur 3.2. Kart som viser bakgrunnsstrømfeltet i Nordsjøen og Norskehavet basert på simuleringer med DNMI's hydrodynamiske modell. Horisontal oppløsning er 20 × 20 km. Strømstyrken er angitt med fargekode og lengde av pilene.

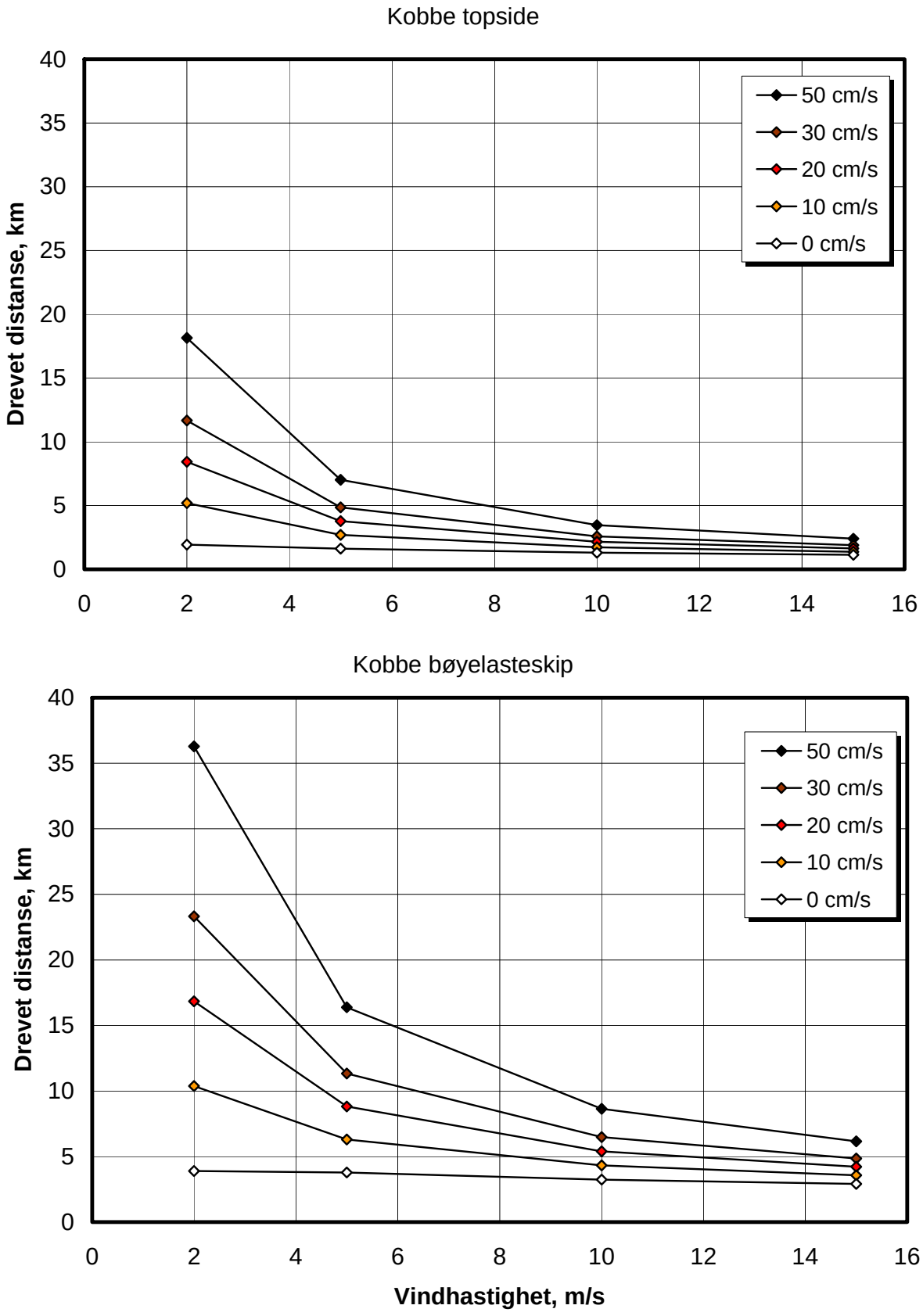
Drevet distanse som kreves for at oljene skal gå over til C-væske er avhengig av vindhastighet og styrken av bakgrunnsstrømmen i det aktuelle området. Vi kan således anslå drivlengde fra drivtid og vindindusert strøm, med et variabelt tillegg for ulike styrker av bakgrunnsstrøm. Dersom vi antar at vindstrøm og bakgrunnsstrøm går i samme retning får vi følgende uttrykk for drevet distanse X i drivtiden t_D: $X = (u_W + u_B)t_D$, der u_W er vindindusert strøm og u_B er bakgrunns-strømmen. Siden vindindusert strøm kan antas å være proporsjonal med vindstyrken U kan vi skrive $u_W = \alpha U$, der vinddriftfaktoren α = 0,03 (3% av vindstyrken).

På dette grunnlag har vi for hver olje laget en figur for hver av utslippsbetingelsene (top-side utblåsning og bøyelasteskip) med kurver for drevet distanse som funksjon av vindstyrke for et spenn i bakgrunnsstrøm fra 0 til 50 cm/s (Figur 3.3 til Figur 3.7). I alle tilfeller er bakgrunnsstrøm og vind antatt å gi drift i samme retning. Dette vil selvsagt ikke alltid være tilfelle, men vi har valgt å bygge på denne antagelse siden dette er den situasjonen som gir lengst drevet distanse[1]. Kartet på Figur 3.2 viser bakgrunnsstrømfeltet i Nordsjøen og Norskehavet basert på modellberegninger utført av Meteorologisk institutt (DNMI). Vi ser at bakgrunnsstrømmen i store deler av området sjelden overskrider 10 cm/s, med klare unntak for områder som berøres av kyststrømmen og andre kjente permanente strømsystemer (Færøy-Shetland strømmen). I slike områder kan styrken bakgrunnsstrømmen være betydelig, dvs. helt opp til 50 cm/s (ca. en knop).

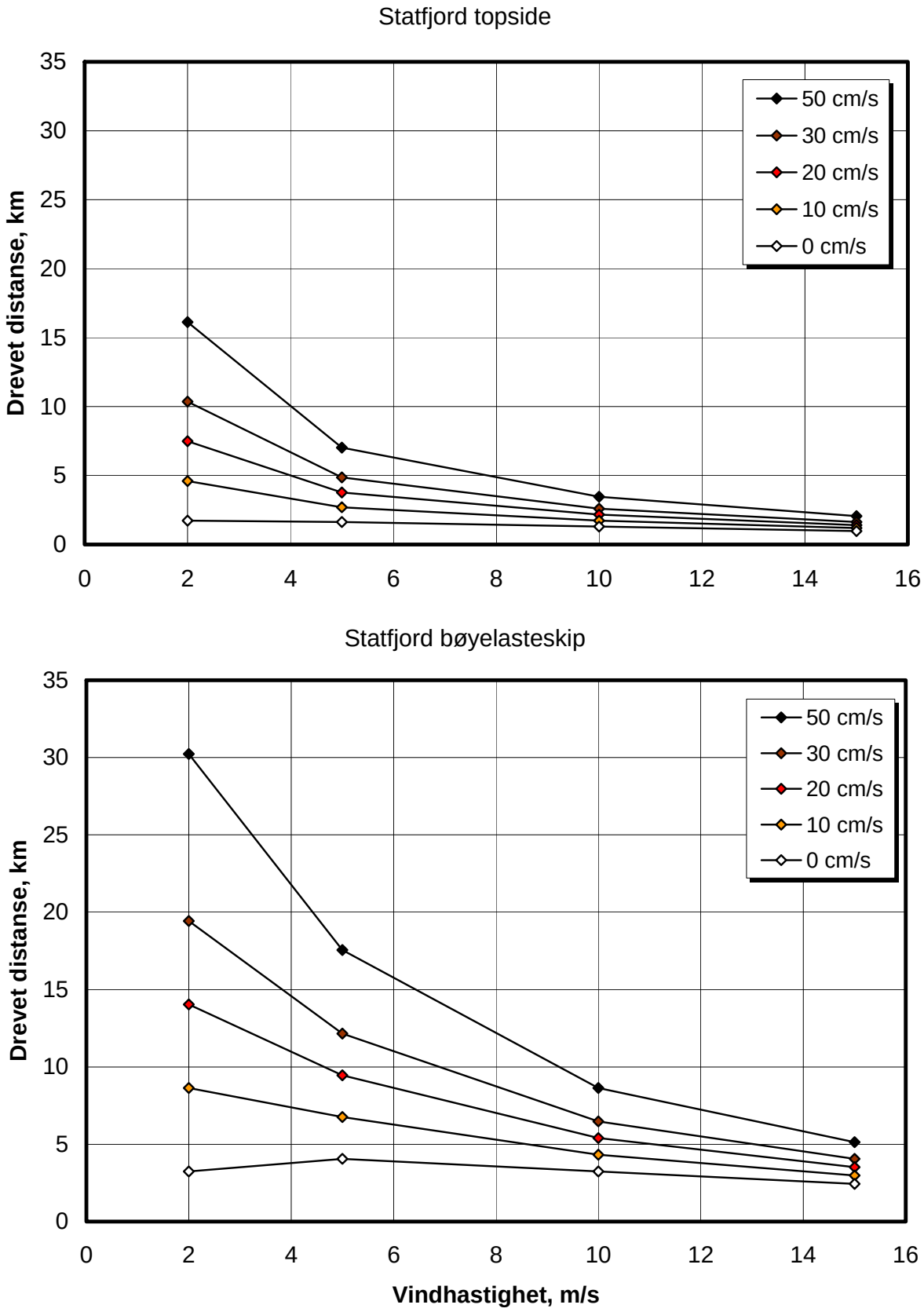
[1] Dette problemet er belyst mer i detalj i Vedlegg B, der vi demonstrerer en alternativ beregningsmåte som tar hensyn til variasjon i vindstyrke og retning over tid.



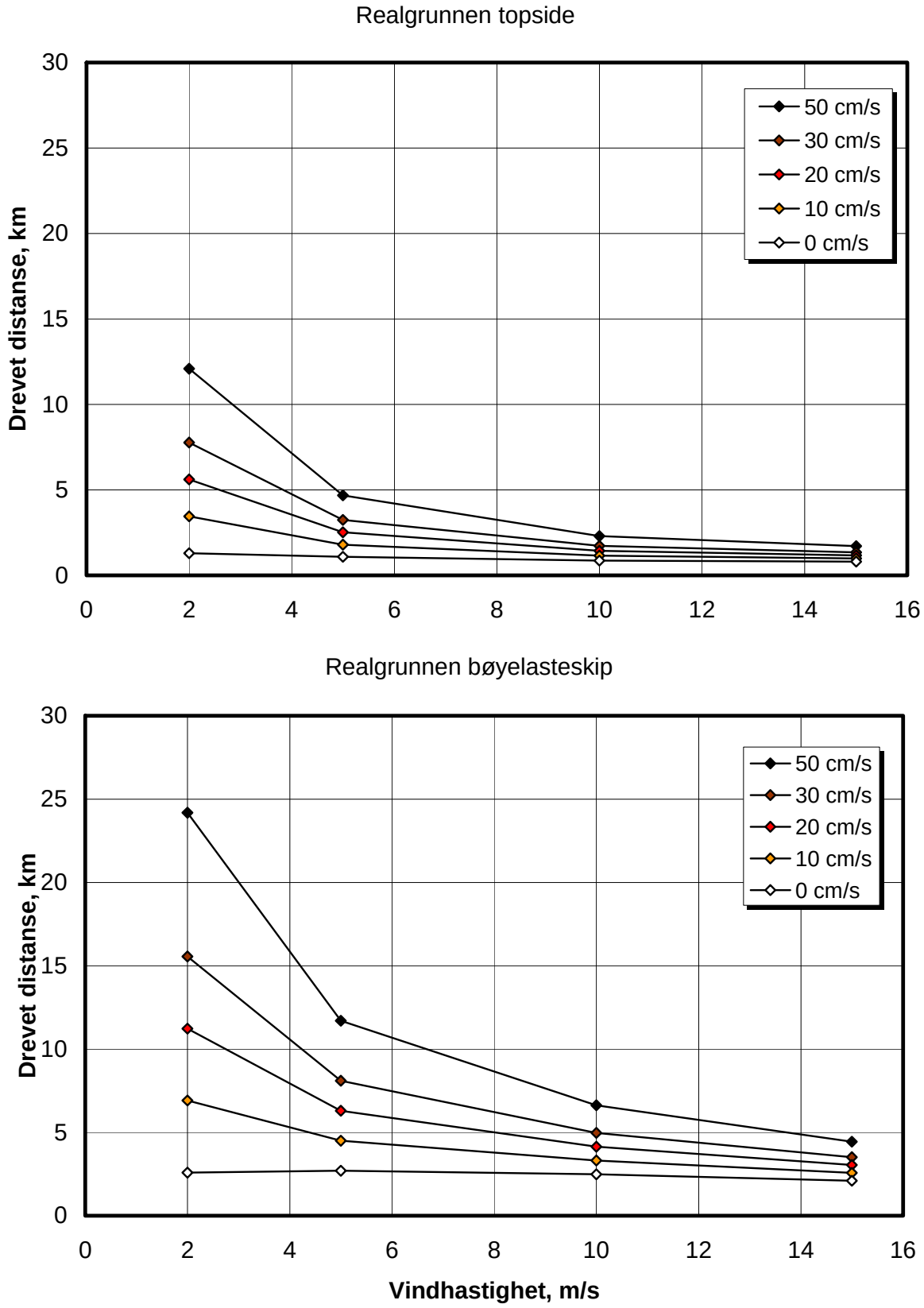
Figur 3.3. Drevet distanse frem til passering av sikkerhetsgrensen for flammepunkt (55 ^{o}C) for Kristin kondensat, avhengig vindhastighet og styrke på bakgrunnsstrømmen. Topside utblåsning (øverst) og utslipp fra bøyelasteskip (nederst).



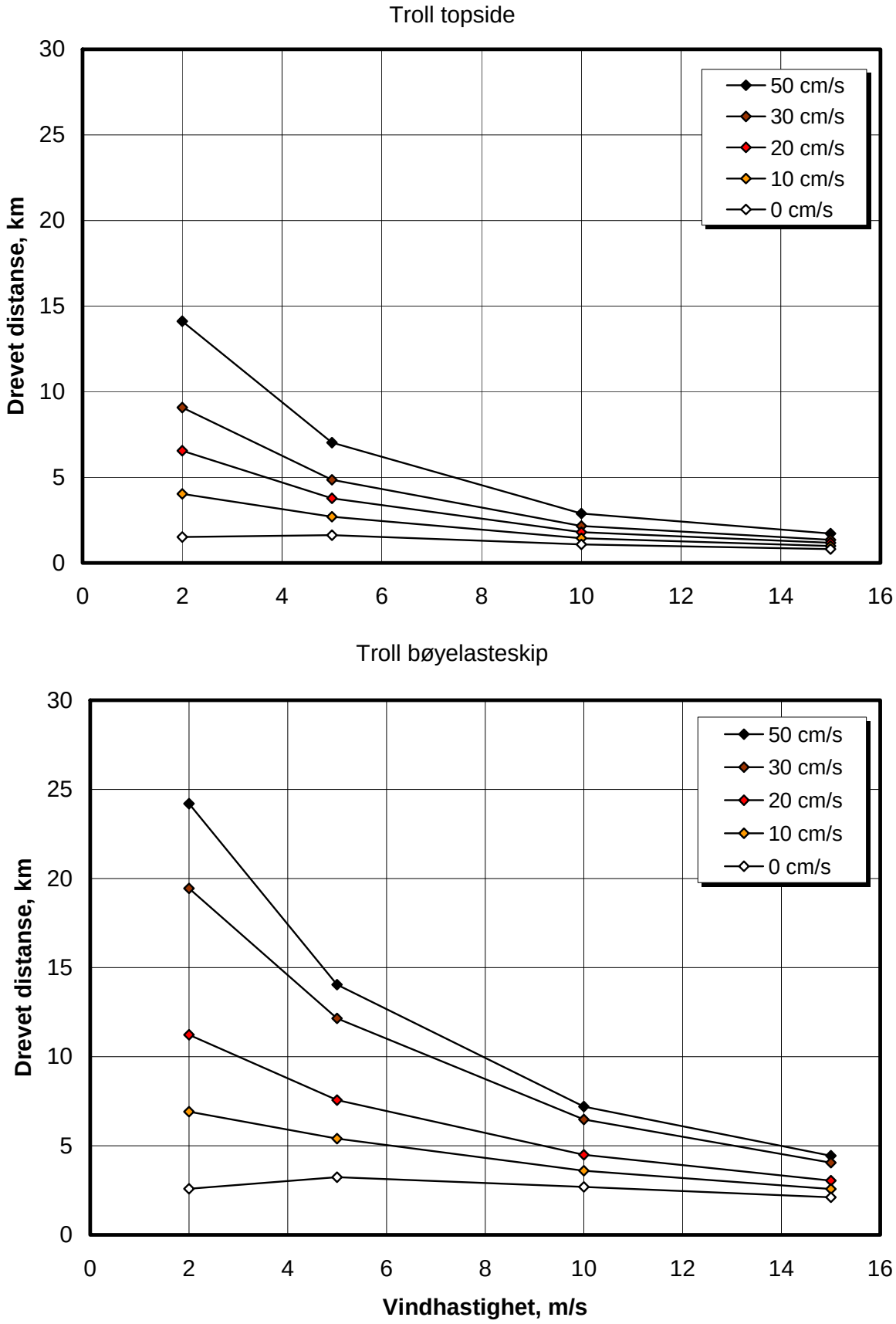
Figur 3.4. Drevet distanse frem til passering av sikkerhetsgrensen for flammepunkt (55 ^{o}C) for Kobbe, avhengig vindhastighet og styrke på bakgrunnsstrømmen. Topside utblåsning (øverst) og utslipp fra bøyelasteskip (nederst).



Figur 3.5. Drevet distanse frem til passering av sikkerhetsgrensen for flammepunkt (55 ^{o}C) for Statfjord, avhengig vindhastighet og styrke på bakgrunnsstrømmen. Topside utblåsning (øverst) og utslipp fra bøyelasteskip (nederst).



Figur 3.6. Drevet distanse frem til passering av sikkerhetsgrensen for flammepunkt (55 ^{o}C) for Realgrunnen, avhengig vindhastighet og styrke på bakgrunnsstrømmen. Topside utblåsning (øverst) og utslipp fra bøyelasteskip (nederst).



Figur 3.7. Drevet distanse frem til passering av sikkerhetsgrensen for flammepunkt (55 ^{o}C) for Troll, avhengig vindhastighet og styrke på bakgrunnsstrømmen. Topside utblåsning (øverst) og utslipp fra bøyelasteskip (nederst).

På figurene som viser beregningene for de ulike oljetypene kan vi merke oss at drevet distanse vil holde seg omtrent konstant ved økende vind når bakgrunnsstrømmen er fraværende ($u_B = 0$). Dette skyldes at vindindusert strøm er proporsjonal med vindstyrken, mens drivtiden frem til sikkerhetsgrensen for flammepunktet er nådd øker omtrent omvendt proporsjonalt med vindstyrken. Dermed vil drevet distanse i et gitt tidsrom bli omtrent konstant uten bakgrunns-strøm. For øvrig viser figurene at drevet distanse øker med økende bakgrunnsstrøm, men vi ser at utslaget er størst ved lave vindhastigheter. Ellers kan en merke seg at drevet distanse generelt blir størst for de letteste oljene (Kristin og Kobbe), og minst for de tyngste (Realgrunnen og Troll). For tyngre oljer enn Troll (eksempelvis Grane) fant vi at oljen i praksis kan regnes som C-væske fra starten av utslippet (dvs. drevet distanse vil være praktisk talt lik 0).

Vi kan ellers merke oss at siden drevet distanse er proporsjonal med drivtiden, vil en økning i grenseverdien for flammepunkt fra 55 til 60 ^{o}C medføre en økning i drevet distanse med samme prosentandel som økningene i drivtidene – altså ca. 20 % for utslipp fra bøyelasteskip og ca. 30 % for topside utblåsning.

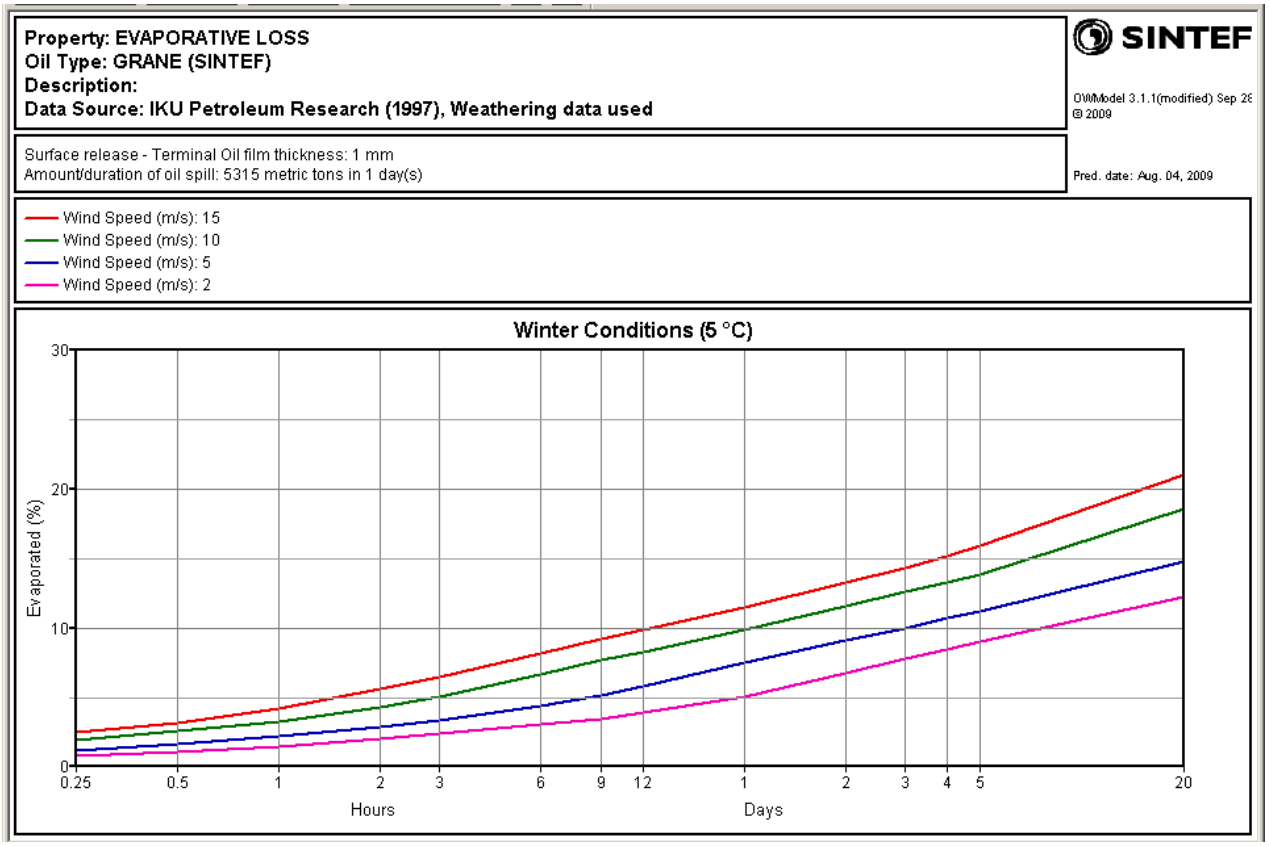
4 Referanser

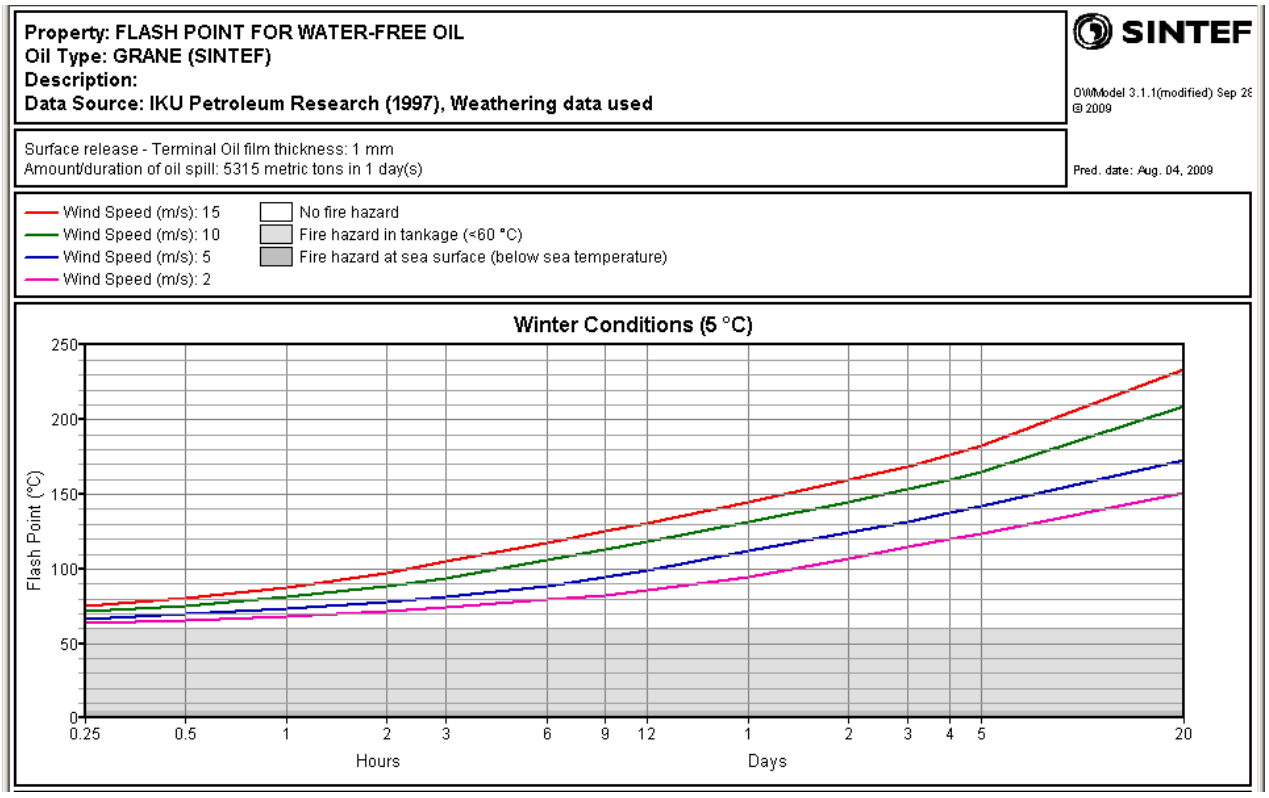
Hanley, B., 1998: A model for the calculation of the verification of closed cup flash points for multicomponent mixtures. Process Safety Progress, Vol. 17, pp. 88-96.

Mostue, B. et al., 2009: Brann- og eksplosjonsfare ved å benytte fiskefartøyer i oljevernaksjoner i kystnære områder. SINTEF Rapport F11400 (Fortrolig). SINTEF Teknologi og samfunn. Trondheim. 38 s + 23 s vedlegg.

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2009: Forskrift 8. juni 2009 om håndtering av brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff samt utstyr og anlegg som beskyttes ved håndteringen.

5 Vedlegg A: Flammepunkt og avdampet mengde fra SINTEFs forvitringsmodell.





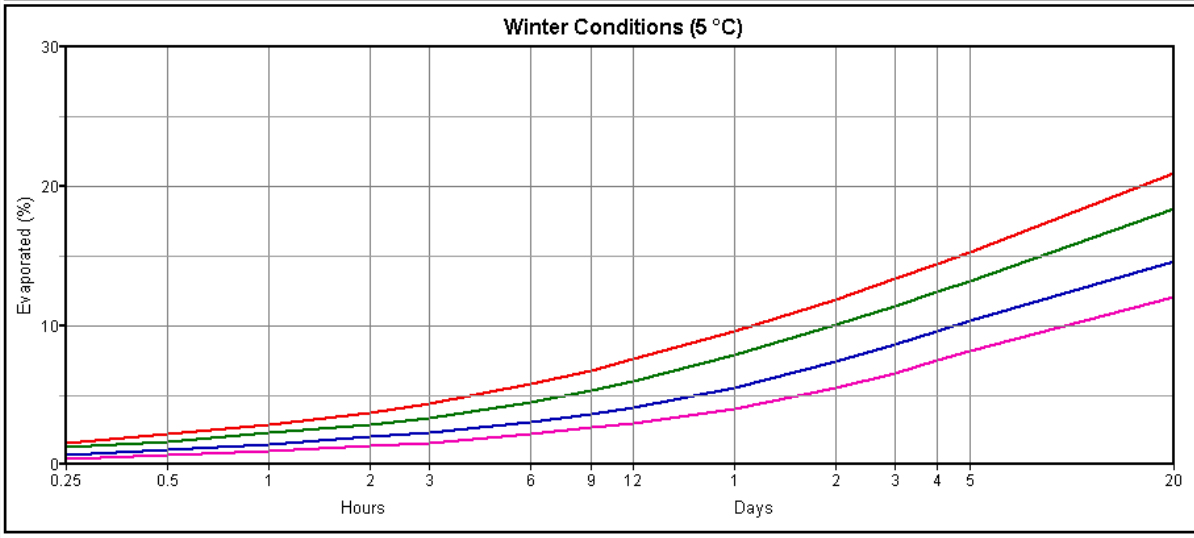
Property: EVAPORATIVE LOSS
Oil Type: GRANE (SINTEF)
Description:
Data Source: IKU Petroleum Research (1997), Weathering data used

SINTEF
OWModel 3.1.1(modified) Sep 28
© 2009

Surface release - Terminal Oil film thickness: 1 mm
Amount/duration of oil spill: 12000 metric tons in 3 hour(s)

Pred. date: Aug. 04, 2009

Wind Speed (m/s): 15
Wind Speed (m/s): 10
Wind Speed (m/s): 5
Wind Speed (m/s): 2



Ready

Property: FLASH POINT FOR WATER-FREE OIL
Oil Type: GRANE (SINTEF)
Description:
Data Source: IKU Petroleum Research (1997), Weathering data used

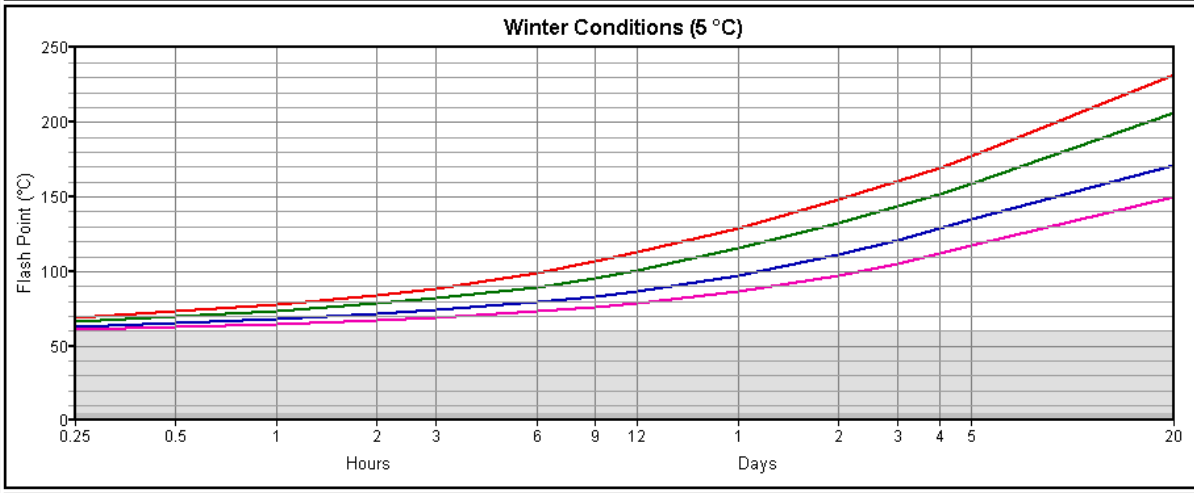
SINTEF
OWModel 3.1.1(modified) Sep 28
© 2009

Surface release - Terminal Oil film thickness: 1 mm
Amount/duration of oil spill: 12000 metric tons in 3 hour(s)

Pred. date: Aug. 04, 2009

Wind Speed (m/s): 15
Wind Speed (m/s): 10
Wind Speed (m/s): 5
Wind Speed (m/s): 2

No fire hazard
Fire hazard in tankage (<60 °C)
Fire hazard at sea surface (below sea temperature)



Based on flash point measurements of weathered, water-free oil residues.

Property: EVAPORATIVE LOSS
Oil Type: TROLL (IKU)
Description: Troll B Crude, distillation data from Statoil.
Data Source: IKU Petroleum Research (1995), Weathering data used

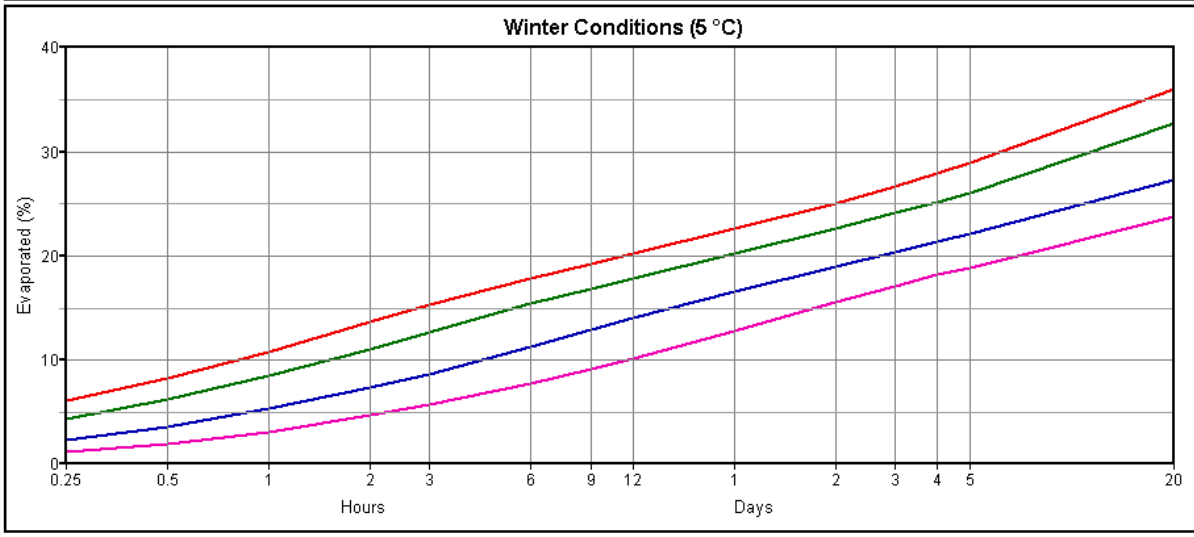
SINTEF

OWModel 3.1.1(modified) Sep 28
© 2009

Surface release - Terminal Oil film thickness: 1 mm
Amount/duration of oil spill: 5315 metric tons in 24 hour(s)

Pred. date: Aug. 04, 2009

- Wind Speed (m/s): 15
- Wind Speed (m/s): 10
- Wind Speed (m/s): 5
- Wind Speed (m/s): 2



Property: FLASH POINT FOR WATER-FREE OIL
Oil Type: TROLL (IKU)
Description: Troll B Crude, distillation data from Statoil.
Data Source: IKU Petroleum Research (1995), Weathering data used

SINTEF

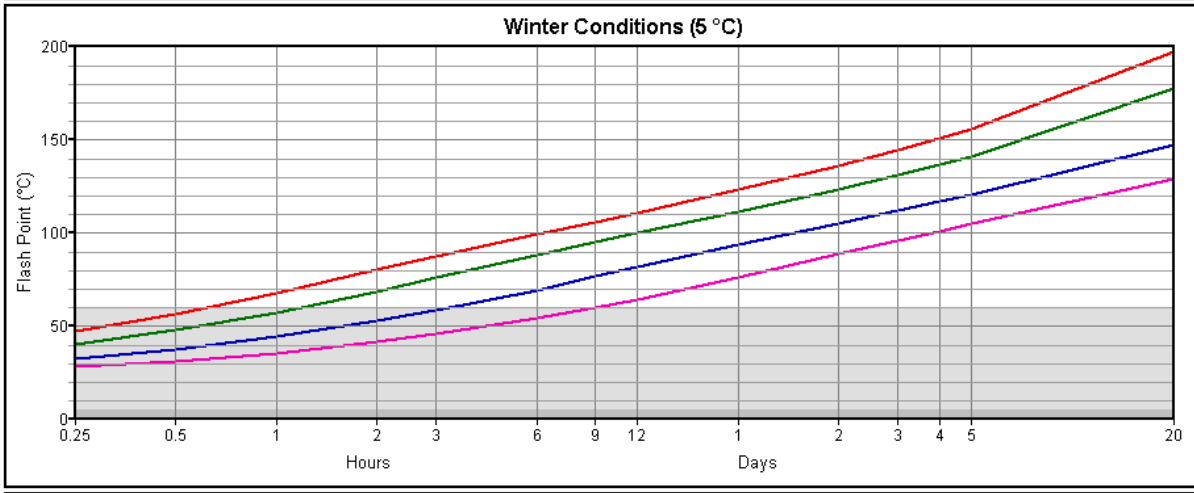
OWModel 3.1.1(modified) Sep 28
© 2009

Surface release - Terminal Oil film thickness: 1 mm
Amount/duration of oil spill: 5315 metric tons in 24 hour(s)

Pred. date: Aug. 04, 2009

- Wind Speed (m/s): 15
- Wind Speed (m/s): 10
- Wind Speed (m/s): 5
- Wind Speed (m/s): 2

- No fire hazard
- Fire hazard in tankage (<60 °C)
- Fire hazard at sea surface (below sea temperature)



Based on flash point measurements of weathered, water-free oil residues.

Property: EVAPORATIVE LOSS
Oil Type: TROLL (IKU)
Description: Troll B Crude, distillation data from Statoil.
Data Source: IKU Petroleum Research (1995), Weathering data used

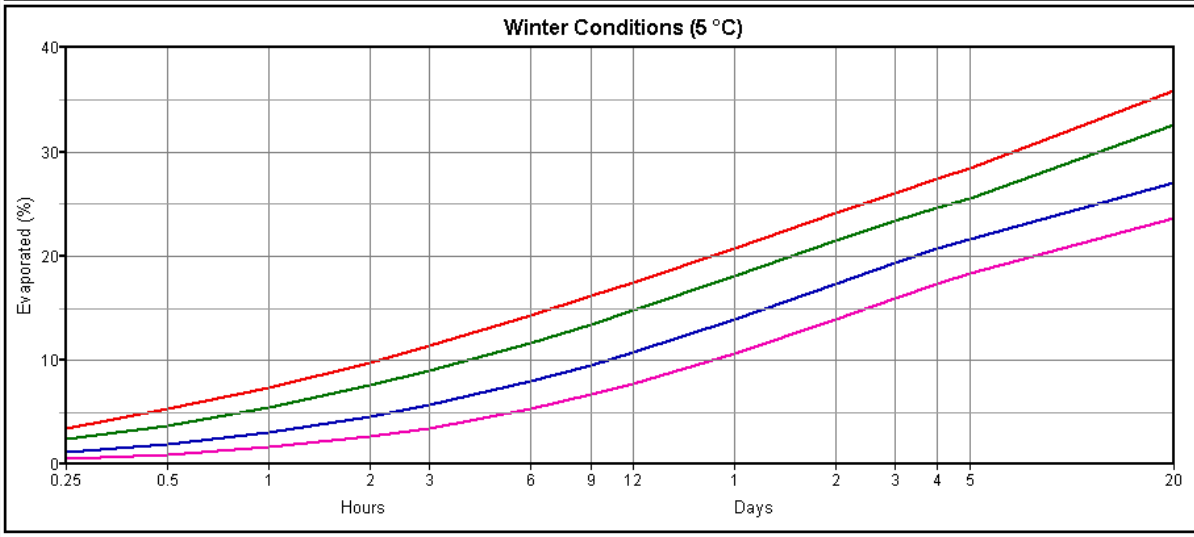
SINTEF

OWModel 3.1.1(modified) Sep 28
© 2009

Surface release - Terminal Oil film thickness: 1 mm
Amount/duration of oil spill: 12000 metric tons in 3 hour(s)

Pred. date: Aug. 04, 2009

Wind Speed (m/s): 15
Wind Speed (m/s): 10
Wind Speed (m/s): 5
Wind Speed (m/s): 2



Property: FLASH POINT FOR WATER-FREE OIL
Oil Type: TROLL (IKU)
Description: Troll B Crude, distillation data from Statoil.
Data Source: IKU Petroleum Research (1995), Weathering data used

SINTEF

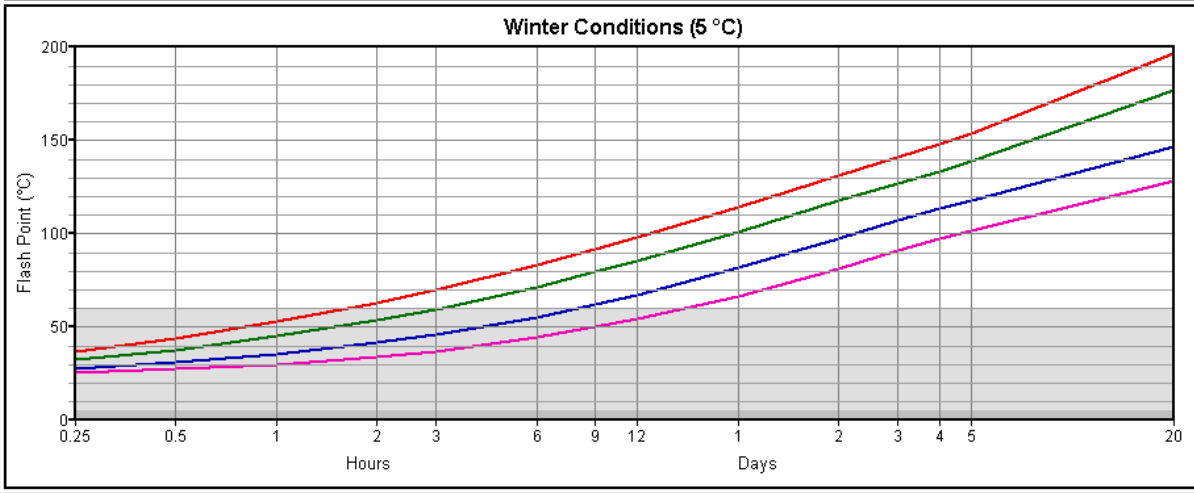
OWModel 3.1.1(modified) Sep 28
© 2009

Surface release - Terminal Oil film thickness: 1 mm
Amount/duration of oil spill: 12000 metric tons in 3 hour(s)

Pred. date: Aug. 04, 2009

Wind Speed (m/s): 15
Wind Speed (m/s): 10
Wind Speed (m/s): 5
Wind Speed (m/s): 2

No fire hazard
Fire hazard in tankage (<60 °C)
Fire hazard at sea surface (below sea temperature)



Based on flash point measurements of weathered, water-free oil residues.

Property: EVAPORATIVE LOSS
Oil Type: STATFJORD (IKU)
Description:
Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data used

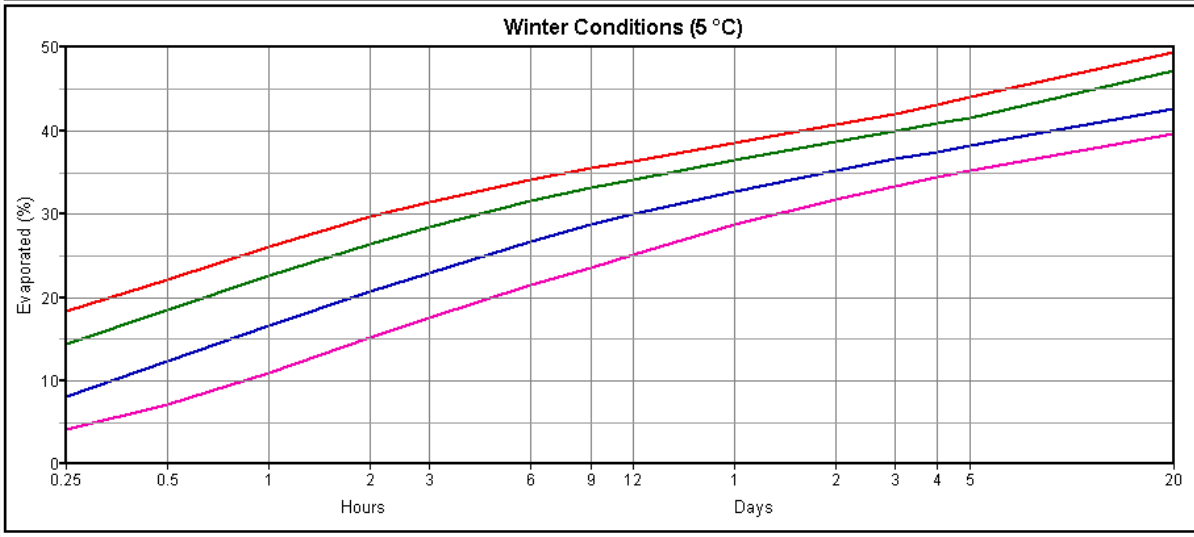
SINTEF

OWModel 3.1.1(modified) Sep 2
© 2009

Surface release - Terminal Oil film thickness: 1 mm
Amount/duration of oil spill: 5315 metric tons in 1 day(s)

Pred. date: Aug. 04, 2009

- Wind Speed (m/s): 15
- Wind Speed (m/s): 10
- Wind Speed (m/s): 5
- Wind Speed (m/s): 2



Property: FLASH POINT FOR WATER-FREE OIL
Oil Type: STATFJORD (IKU)
Description:
Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data used

SINTEF

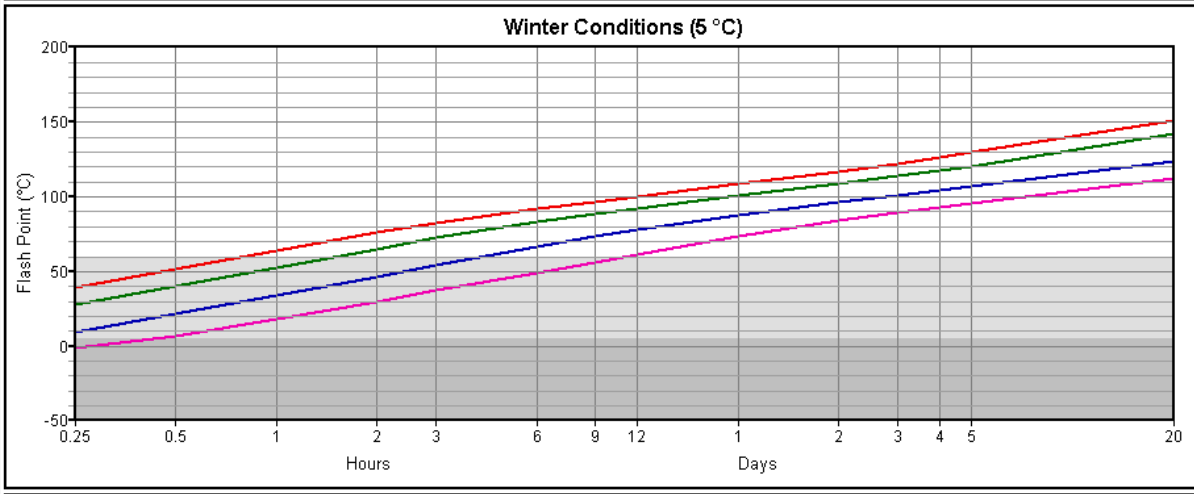
OWModel 3.1.1(modified) Sep 2
© 2009

Surface release - Terminal Oil film thickness: 1 mm
Amount/duration of oil spill: 5315 metric tons in 1 day(s)

Pred. date: Aug. 04, 2009

- Wind Speed (m/s): 15
- Wind Speed (m/s): 10
- Wind Speed (m/s): 5
- Wind Speed (m/s): 2

- No fire hazard
- Fire hazard in tankage (<60 °C)
- Fire hazard at sea surface (below sea temperature)



Based on flash point measurements of weathered, water-free oil residues.

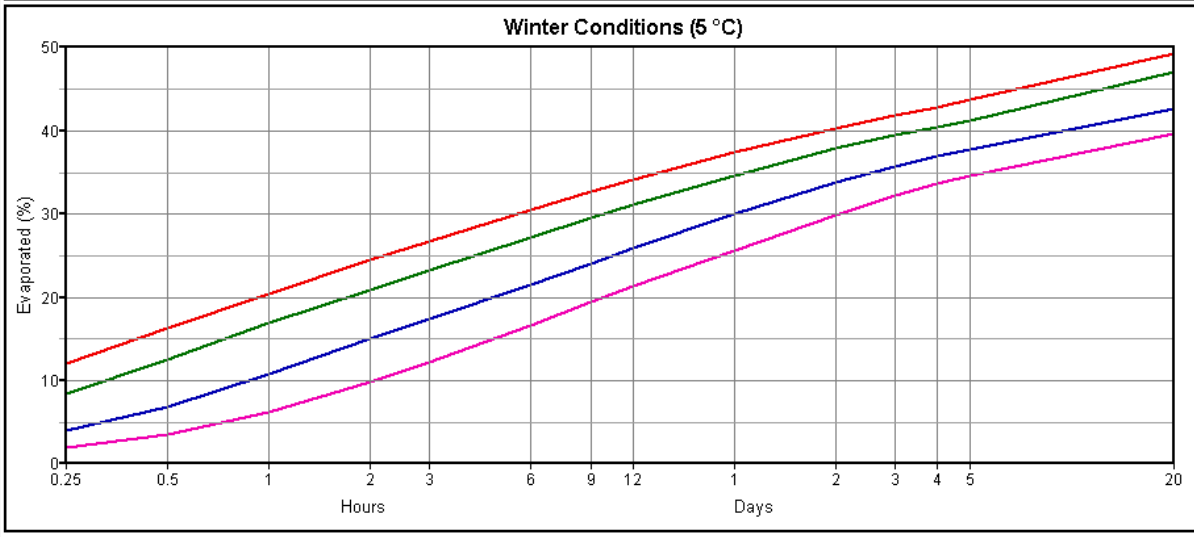
Property: EVAPORATIVE LOSS
Oil Type: STATFJORD (IKU)
Description:
Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data used

SINTEF
OWModel 3.1.1(modified) Sep 28
© 2009

Surface release - Terminal Oil film thickness: 1 mm
Amount/duration of oil spill: 12000 metric tons in 3 hour(s)

Pred. date: Aug. 04, 2009

- Wind Speed (m/s): 15
- Wind Speed (m/s): 10
- Wind Speed (m/s): 5
- Wind Speed (m/s): 2



Property: FLASH POINT FOR WATER-FREE OIL
Oil Type: STATFJORD (IKU)
Description:
Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data used

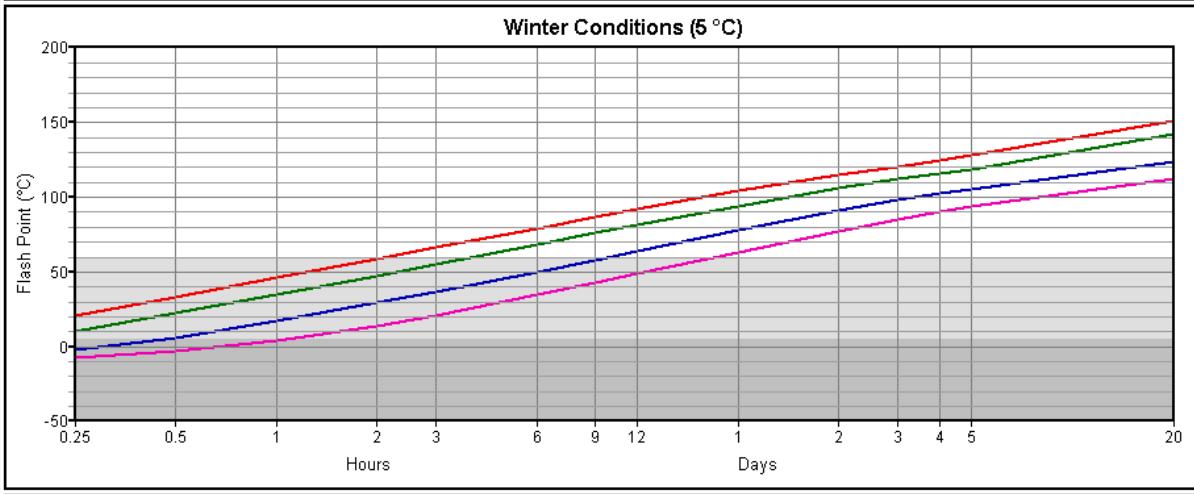
SINTEF
OWModel 3.1.1(modified) Sep 28
© 2009

Surface release - Terminal Oil film thickness: 1 mm
Amount/duration of oil spill: 12000 metric tons in 3 hour(s)

Pred. date: Aug. 04, 2009

- Wind Speed (m/s): 15
- Wind Speed (m/s): 10
- Wind Speed (m/s): 5
- Wind Speed (m/s): 2

- No fire hazard
- Fire hazard in tankage (<60 °C)
- Fire hazard at sea surface (below sea temperature)



Based on flash point measurements of weathered, water-free oil residues.

Property: EVAPORATIVE LOSS
Oil Type: KRISTIN KONDENSAT
Description: Higher stability
Data Source: IKU Petroleum Research (1997), Weathering data used

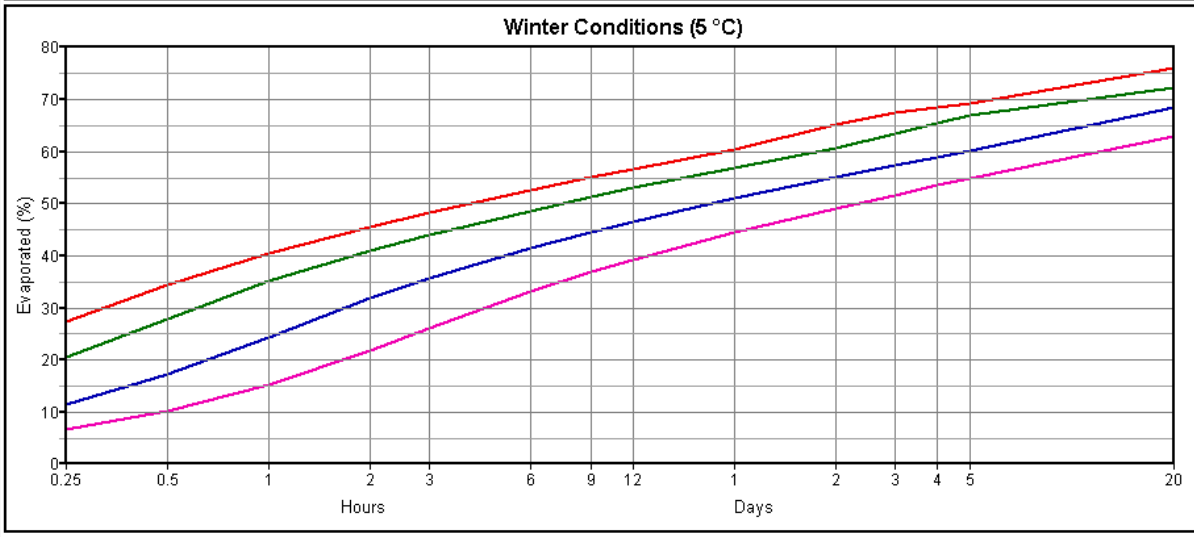
SINTEF

OWModel 3.1.1(modified) Sep 28
© 2009

Surface release - Terminal Oil film thickness: 0.05 mm
Amount/duration of oil spill: 5315 metric tons in 1 day(s)

Pred. date: Aug. 04, 2009

Wind Speed (m/s): 15
Wind Speed (m/s): 10
Wind Speed (m/s): 5
Wind Speed (m/s): 2



Property: FLASH POINT FOR WATER-FREE OIL
Oil Type: KRISTIN KONDENSAT
Description: Higher stability
Data Source: IKU Petroleum Research (1997), Weathering data used

SINTEF

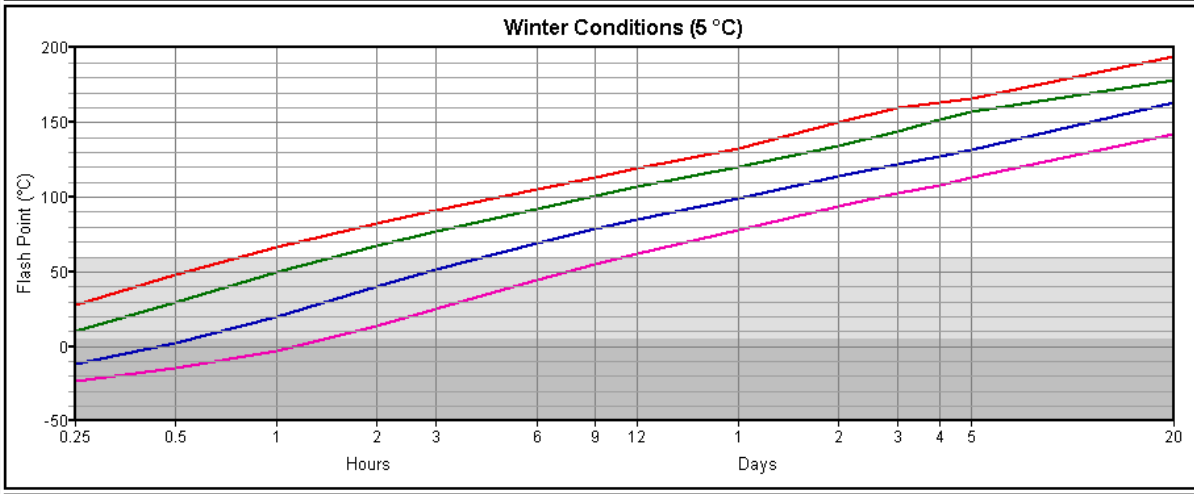
OWModel 3.1.1(modified) Sep 28
© 2009

Surface release - Terminal Oil film thickness: 0.05 mm
Amount/duration of oil spill: 5315 metric tons in 1 day(s)

Pred. date: Aug. 04, 2009

Wind Speed (m/s): 15
Wind Speed (m/s): 10
Wind Speed (m/s): 5
Wind Speed (m/s): 2

No fire hazard
Fire hazard in tankage (<60 °C)
Fire hazard at sea surface (below sea temperature)



Based on flash point measurements of weathered, water-free oil residues.

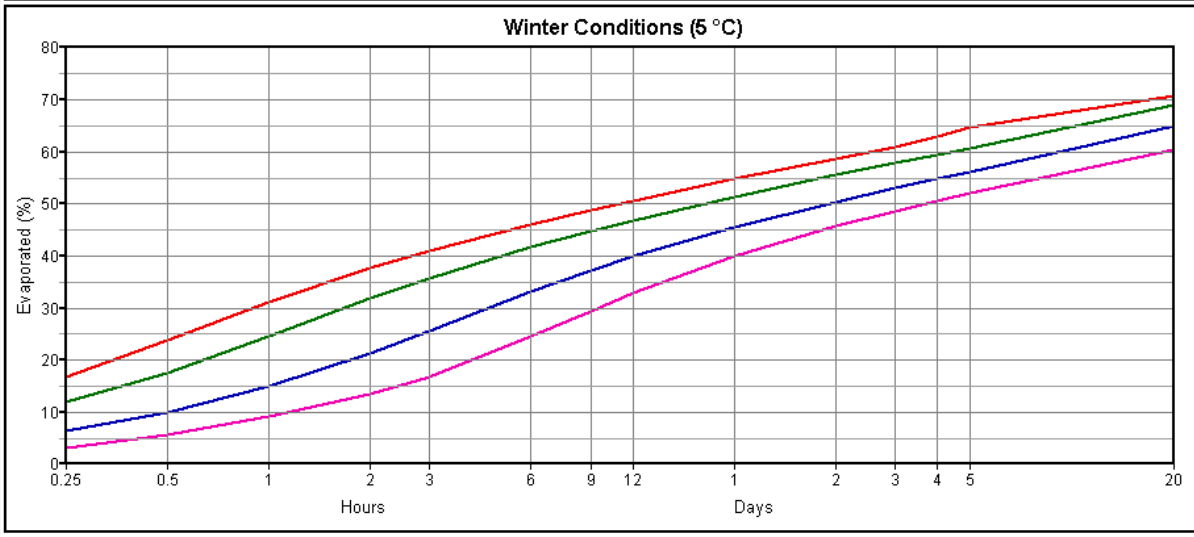
Property: EVAPORATIVE LOSS
Oil Type: KRISTIN KONDENSAT
Description: Higher stability
Data Source: IKU Petroleum Research (1997), Weathering data used

SINTEF
OWModel 3.1.1(modified) Sep 28
© 2009

Surface release - Terminal Oil film thickness: 0.05 mm
Amount/duration of oil spill: 12000 metric tons in 3 hour(s)

Pred. date: Aug. 04, 2009

Wind Speed (m/s): 15
Wind Speed (m/s): 10
Wind Speed (m/s): 5
Wind Speed (m/s): 2



Property: FLASH POINT FOR WATER-FREE OIL
Oil Type: KRISTIN KONDENSAT
Description: Higher stability
Data Source: IKU Petroleum Research (1997), Weathering data used

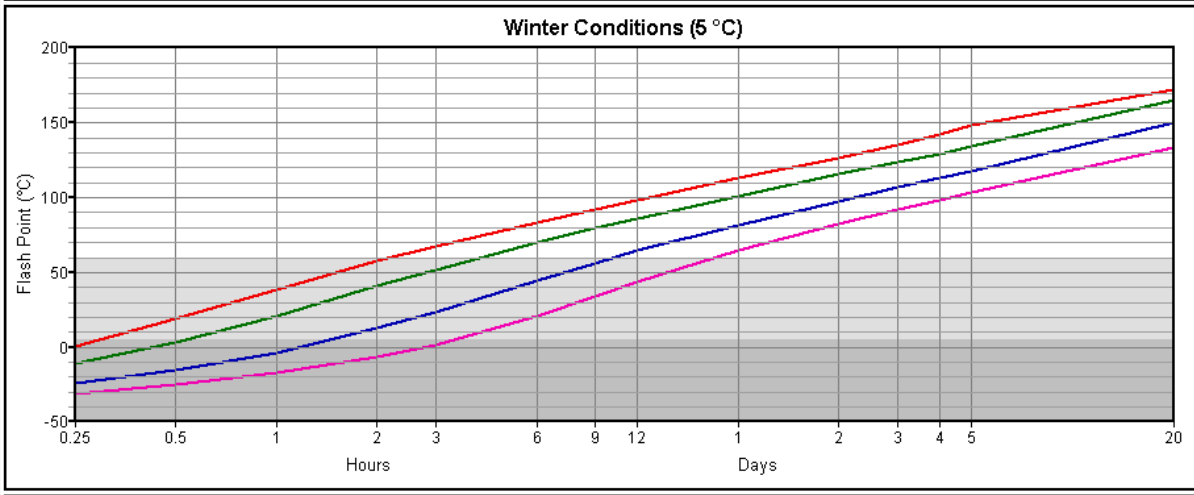
SINTEF
OWModel 3.1.1(modified) Sep 28
© 2009

Surface release - Terminal Oil film thickness: 0.05 mm
Amount/duration of oil spill: 12000 metric tons in 3 hour(s)

Pred. date: Aug. 04, 2009

Wind Speed (m/s): 15
Wind Speed (m/s): 10
Wind Speed (m/s): 5
Wind Speed (m/s): 2

No fire hazard
Fire hazard in tankage (<60 °C)
Fire hazard at sea surface (below sea temperature)



Based on flash point measurements of weathered, water-free oil residues.

6 Vedlegg B – Sikker sone beregnet ut fra tidsvariabel vind

I hoveddelen av rapporten har vi beregnet drevet distanse frem til oljen når sikkerhetsgrensen for flammepunktet under forutsetning av konstant vind og bakgrunnsstrøm i samme retning som vinddriften. Dette er ment å gi et mål for den største avstanden oljen må drive for å kunne håndteres som C-væske. I praksis vil vind og strøm gå i ulik retning. Dessuten vil vinden sjelden være konstant i det aktuelle tidsrom, verken i styrke eller retning.

På grunn av dette vil sikker sone ligge utenfor et område som vi kan kalle "faresonen" (*hazard zone*) med en viss utstrekning omkring utslippsstedet. Utenfor denne sikre sonen vil flammepunktet alltid (eller med en svært stor sannsynlighet) ligge over grenseverdien (dvs. oljen er blitt C-væske), mens innenfor området kan oljen i visse tilfeller ha flammepunkt under grenseverdien (med større eller mindre sannsynlighet).

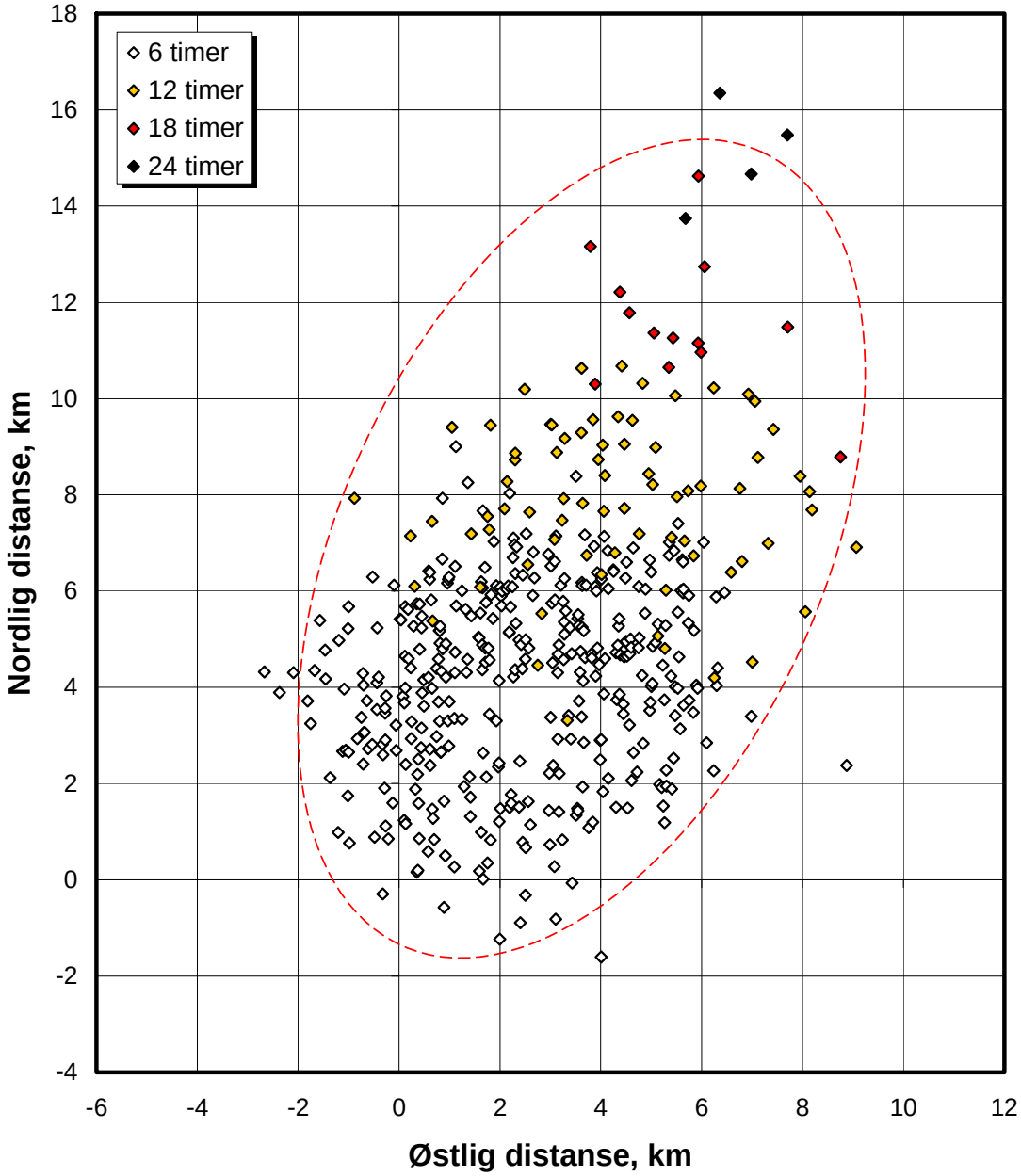
Vi vil her illustrere dette med et eksempel basert på historisk vind fra en lokalitet på Haltenbanken for ett bestemt år (Draugen 1975). Bakgrunnsstrømmen er satt til 20 cm/s i nordnordøstlig retning (30^o). Utslippet er antatt å skyldes en ulykke med bøyelasteskip (utslipp av 12 000 m^3 på 3 timer). Statfjord råolje er valgt som eksempelolje. For denne oljen blir grenseverdien for flammepunktet (55 ^oC) nådd etter at 23 vektprosent av oljen er fordampet. De historiske vinddata foreligger i tidsintervall på 6 timer. Vi har således beregnet drevet distanse i østlig og nordlig retning, samt fordampet andel av oljen etter henholdsvis 6, 12, 18 og 24 timers drift gjennom hele det tilgjengelige datasettet med vind. Fra dette settet har vi plukket ut de situasjoner der mindre enn 23 % av oljen er fordampet etter de samme tidsintervall. Tabell B1 viser hvilken prosentandel av det aktuelle datasettet disse situasjonene utgjør. De tilhørende posisjonene er vist på Figur B1. På Figur B1 har vi skjønnsmessig antydet utbredelsen av faresonen (*hazard zone*) med tynn stiplet linje. De få tilfeller som faller utenfor denne sonen vil disse opptre med svært liten sannsynlighet.

Tabell B1. Antall tilfeller med flammepunkt under grenseverdien ved ulike drivtider. Beregningene er basert på ett år med vinddata med 6 timers intervall, som tilsvarer 1460 verdier. Statfjord er valgt som eksempelolje. Utslipp fra kollisjon med bøyelasteskip (12 000 m^3 i løpet av 3 timer)

Drivtid, timer	6	12	18	24
Antall tilfeller	376	75	13	4
Andel av tilfeller	25,8 %	5,1 %	0,9 %	0.3 %

Resultatene fra beregningene med konstant vind i hoveddelen av rapporten (Figur 3.5, nederst) gir drevet distanse på ca 14 km ved 2 m/s vind og 20 cm/s bakgrunnsstrøm. De ytre områdene av den anslåtte sikre sonen (drevet distanse på mer enn 14 km) må således tilsvare situasjoner med middelvind under 2 m/s i perioder på 24 timer. For de benyttede vinddata finner vi at middelvind lik eller mindre en 2 m/s over 24 timer forekommer i 1 % av tilfellene.

Disse beregningene er ment som et eksempel på en mer omfattende metode for å fastlegge sikker sone. Dersom en slik metode skal få praktisk nytte bør den helst implementeres i en etablert oljedriftsmodell, gjerne SINTEFs OSCAR-modell. Ved å kjøre en slik modell for mange utslippsituasjoner fordelt over ett eller flere år med vind- og strømdata kan en bestemme sannsynligheten for at fordampet andel (eller helst flammepunktet) skal falle under en gitt grenseverdi i ulike deler av influensområdet for et utslipp. Dette forutsetter at modellen er forberedt for dette, dvs. at brukeren kan definere en grenseverdi for avdampet mengde (eller flammepunkt) som det sjekkes mot. Dette er ikke tilfelle med dagens versjon av OSCAR-modellen, men en slik funksjonalitet lar seg implementere dersom det er ønskelig.



Figur B1. Posisjon for olje som har flammepunkt under grenseverdien for C-væske etter å ha drevet i henholdsvis, 6, 12, 18 og 24 timer. Avstandene er angitt i km øst og nord for utslippsstedet. Stiplet kurve angir omtrentlig utbredelse av faresonen (hazard zone). *Beregningene er basert på historiske vinddata for ett år. Statfjord råolje er valgt som eksempel.*