

STF80MK A06170 – Åpen

# RAPPORT

**Vurdering av forvitringsegenskapene til ulike  
Marine Gassoljer.  
Kriterier for fastsettelse av drivstoff kvalitet ut  
fra egenskaper ved et eventuelt utslipp**

Merete Øverli Moldestad og Per S. Daling

**Materialer og kjemi, Marin Miljøteknologi**

Juni 2006

**SINTEF Materialer og kjemi**

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

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Vurdering av forvitringsegenskapene til ulike Marine Gassoljer.  
Kriterier for fastsettelse av drivstoff kvalitet ut fra egenskaper  
ved et eventuelt utslipp**

FORFATTER(E)

Merete Øverli Moldestad og Per S. Daling

OPPDRAGSGIVER(E)

Kystverket

RAPPORTNR. STF80MK A06170	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Ole Hansen	ANTALL SIDER OG BILAG 52
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 82-14-03766-2	PROSJEKTNR. 80401832	
ELEKTRONISK ARKIVKODE Rapport_gassoljer_Svalbard_final.doc		PROSJEKTLÉDER (NAVN, SIGN.) Per S. Daling <i>Per S. Daling</i>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Per Johan Brandvik <i>Per Johan Brandvik</i>
ARKIVKODE	DATO 2006-06-07	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Tore Aunaas, Forskningsjef <i>Tore Aunaas</i>	

## SAMMENDRAG

I forbindelse med at det skal etableres kriterier for regulering av drivstoffkvalitet ved seiling innenfor naturreservatene på Øst-Svalbard, har Kystverket bedt SINTEF om å gjøre noen vurderinger med hensyn på forvitringsegenskaper (bl.a. levetid på sjøen) for ulike kvaliteter av drivstoff. Kystverket har bedt om faglige kriterier for å klassifisere drivstoffkvaliteten og krav/begrensninger for hvilke drivstoff som kan brukes i de nevnte områder. Det siste gjelder både drivstoff som brukes og eventuelt lagres ombord i båtene.

Ut fra dagens kunnskapsnivå om forvitringsegenskapene til destillater anbefales det at klassifiseringen av oljeprodukter baseres på kvalitets spesifisering i hht. ISO 8217. Det anbefales type olje begrenses til at kun marine gassoljer tillates i de nevnte områder. Dette gjelder både drivstoff som brukes og eventuelt lagres ombord i båtene. Anbefalingen er basert på vurderinger rundt at vanlig marine gassoljer ikke etterlater et residue på overflata mens tyngre destillater og tungoljer/bunkersoljer gir et residue på overflata.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Miljø	Environment
GRUPPE 2	Olje	Oil
EGENVALGTE	Destillater	Distillates
	Drivstoff	Fuel

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Gassoljer og bunkers oljer .....</b>	<b>3</b>
2.1	Klassifisering av destillater (Marine distillate fuels) .....	4
2.2	Marine gassoljer .....	5
2.3	Tyngre destillater.....	5
2.4	Tungoljer/bunkersoljer (Marine residual fuel oils) .....	7
<b>3</b>	<b>Forvitringsegenskaper og levetid på sjøen for ulike marine drivstoff kvaliteter.....</b>	<b>8</b>
3.1	Forvittringsdata på Gasoil-11 og Wide Range Gasoil.....	8
3.2	Forvitringsegenskaper på sjøen.....	8
<b>4</b>	<b>Konklusjoner og videre anbefalinger.....</b>	<b>12</b>
4.1	Konklusjoner .....	12
4.2	Videre anbefalinger .....	12
<b>5</b>	<b>Forkortelser .....</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>14</b>
	<b>VEDLEGG A : ISO 8217 Fuel Standard .....</b>	<b>15</b>
	<b>VEDLEGG B : Forvitringsegenskaper til WRG, GO-11, Marin diesel, IF-30 og IF-380 ....</b>	<b>17</b>

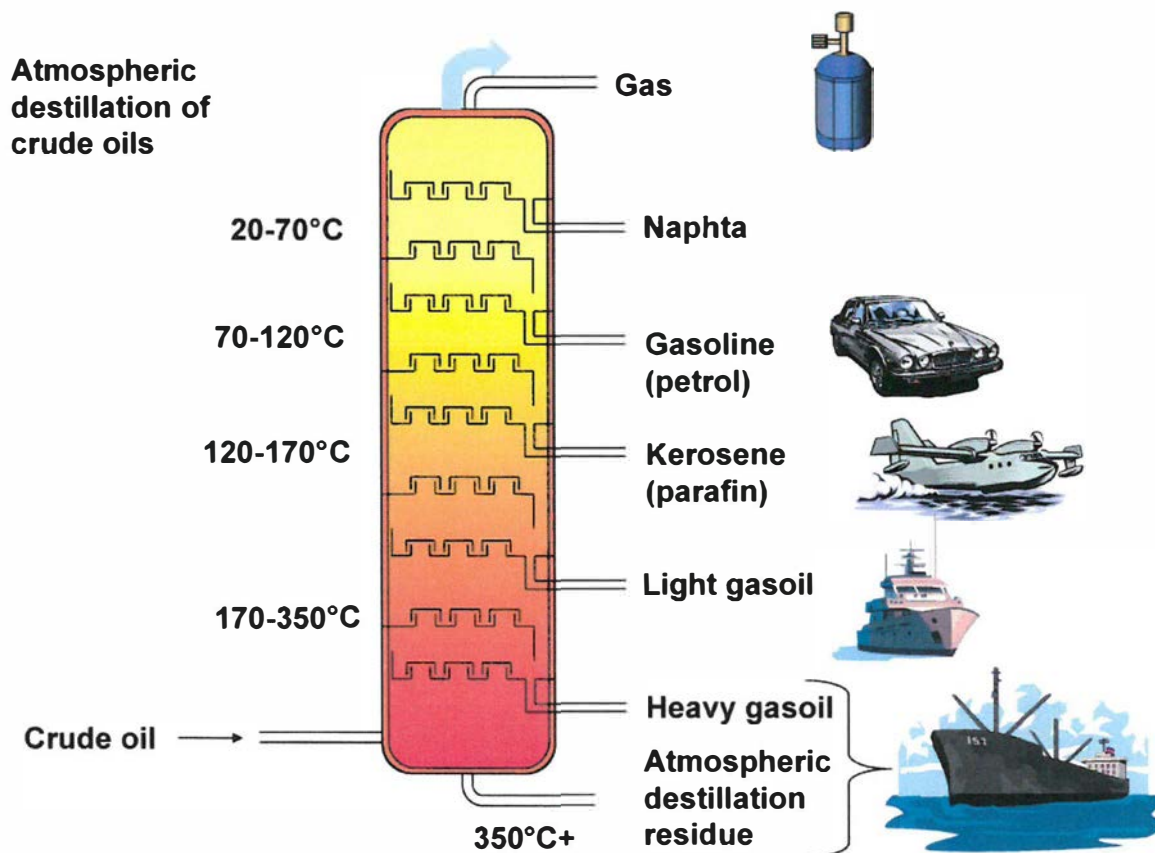
## 1 Innledning

I forbindelse med at det skal etableres kriterier for regulering av drivstoffkvalitet ved seiling innenfor naturreservatene på Øst-Svalbard, har Kystverket bedt SINTEF om å gjøre noen vurderinger med hensyn på forvitringsegenskaper (bl.a. levetid på sjøen) for ulike kvaliteter av drivstoff. Kystverket har bedt om faglige kriterier for å klassifisere drivstoff kvaliteten og krav/begrensninger for hvilke drivstoff som kan brukes i de nevnte områder. Det siste gjelder både drivstoff som brukes og eventuelt lagres ombord i båtene.

SINTEF har kontaktet Statoil ved Elisabeth Kristoffersen og raffineriet på Mongstad ved Frode Bakke og Inge Fønnes for å få bedre kjennskap og oversikt over dagens mest brukte drivstoff kvaliteter. I tillegg er Jan Ove Overvag i Shell, Knut Fossum hos SysseImann og Karl Erik Jensen på Esso Slagentangen kontaktet

## 2 Gassoljer og bunkers oljer

Destillater og tungoljer lages fra råolje på raffinerier. De ulike kuttene fra destillasjonen gir forskjellig produkter med forskjellig bruksområder. En skjematisk bilde er vist i Figur 1. De komponentene i oljen som går over i gassform i destillasjonstårnet går til destillater og de som er i væskeform blir residue som tungolje lages fra.



Figur 1 Eksempel på produkter fra atmosfærisk destillasjon av råoljer.

I følge Statoil (Kristoffersen, 2006) defineres marine drivstoffer i tre hovedkategorier:

- Vanlig marine gassoljer (Marine Gasoil)
- Tyngre destillater (Marine Spesial Destillat)
- Tungoljer/bunkersoljer (Residual fuel oils)

I henhold til ISO standarder lages det ulike destillater til bruk som drivstoff i båter. ISO 8217 beskriver kvalitetskrav for "Marine distilled fuels" og "Marine residual fuels". I standarden er maksimale verdier for ulike egenskaper gitt som spesifikasjon for kvaliteten (VEDLEGG A : ISO 8217 Fuel Standard).

## **2.1 Klassifisering av destillater (Marine distillate fuels)**

Det er fire forskjellige kvalitetsgrader som defineres i hht. ISO 8217 som "Marine distillate fuels"; DMX, DMA, DMB og DMC.

- DMX er en kvalitet med lavt flammepunkt og er derfor en kvalitet som grenser mot parafin.
- DMA er typiske marine gassoljer.
- DMB og DMC er tunge destillater.

Noen viktige egenskaper som måles på drivstoff er:

- Cloud point: temperaturen hvor væsken begynner og blakkes pga. utfelling av vokskrystaller (ASTM D2500).
- Cold Filter Plugging Point (CFPP): temperaturen hvor vokskrystaller begynner å tette filter.
- Stivnepunkt: temperaturen hvor oljen har stivnet pga. gitterstruktur mellom vokskrystaller.
- Pour point/hellepunkt: temperatur hvor væsken fortsatt er flytende. Pour point er 3°C høyere enn stivnepunktet.

Ved lagring i tanker er hovedregelen at lagringstemperaturen skal være 10°C høyere enn Cloud point. Tilsetting av flytforbedrer (flow improver) nedsetter pour point og CFPP mens Cloud point-verdien endres i mindre grad.

## 2.2 Marine gassoljer

Marine gassoljer (MGO) har et typisk kokepunktsområde fra 150-400°C. Gassoljer i denne kvaliteten fra Mongstad angis som for eksempel Gasoil-11. For slike gassoljer angis CFPP, Gasoil-11 har en CFPP på -11°C. Marine gassoljer er kvalitet DMA i hht. ISO 8217.

I følge Statoil har det historisk sett vært liten forskjell på Marin Gassolje og Marin diesel olje (MDO) i Norge. Marin diesel olje produseres ikke i Norge lengre og begrepet MDO har begynt å gå ut av terminologien. Båter som eventuelt har MDO har bunkret i utlandet, f.eks. Rotterdam. Marin diesel olje kan være tilsatt opptil 5% tungolje i gassoljen og fargen er derfor litt mørkere enn "ren" diesel. MDO tilsatt tungolje er kvalitet DMB. Imidlertid er de fysikalsk-kjemiske egenskapene mellom Marin diesel olje som ikke er tilsatt tungolje og Marin diesel olje svært like. Vi har derfor i denne vurderingen valgt ikke å skille mellom MGO og MDO. Som en representant for kvaliteten DMA har vi for det videre arbeidet i dette prosjektet valgt Gasoil-11 NO8 (GO-11) ut fra anbefalinger av Statoil ved Elisabeth Kristoffersen. Forvittrings prediksjoner for Marin diesel er også gitt som sammenligning (Daling og Brandvik, 1991).

## 2.3 Tyngre destillater

Marine Spesial Destillat (MSD) lages fra det tyngste destillatet fra råolje (heavy gasoil i Figur 1). MSD er også omtalt som Heavy Gasoil (HGO), Wide Range Gasoil (WRG) eller Spesial Destillat Marine (SDM). Tyngre destillater som MSD kan inneholde voks som kan medføre problemer i bruk f.eks. tette filtere. MSD kan derfor tilsettes flytforbedrer (flow improver) for å nedsette stivnepunktet. Maksimalt pour point i hht. spesifikasjonen angis som WRG 0 dvs. maksimalt pour point er 0°C. Typiske verdier for noen viktige fysikalske egenskaper til WRG og GO-11 er vist i Tabell 1. Kokepunktsområdet som er angitt i Tabell 2 kan være noe utvidet i forhold til det som er oppgitt. Også betegnelsen IF-10 ble tidligere brukt om denne kategorien av produkt. Viskositeten til dette produktet var nær opptil 10 cSt ved 50°C. I dag benyttes ikke denne betegnelsen innenfor IFO-grade systemet da den ikke er en residual fuel (se 2.4). MGO kan være tilsatt opp til 10% MSD.

MSD er kvalitet DMB eller DMC i hht. ISO 8217.

Tabell 1 Noen fysiske egenskaper til WRG og GO-11.

	<b>Tetthet (g/mL)</b>	<b>Pour point (°C)</b>	<b>Cloud point (°C)</b>	<b>Viskositet (cSt ved 40°C)</b>
WRG 0	0.89	Maks. 0	20	12
GO-11	0.86	-15	-1	3,2

Tabell 2 Kokepunktsdata for WRG og GO-11.

	<b>WRG</b>	<b>GO-11</b>
<b>Volum %</b>	<b>Destillasjons temp. (°C)</b>	<b>Destillasjons Temp. (°C)</b>
IBP	166	164
5	241	195
10	308	205
15	326	216
20	334	229
30	344	249
40	352	265
50	360	279
60	367	292
70	374	307
80	383	325
85	389	338
90	393	354
95	-	378

## 2.4 Tungoljer/bunkersoljer (Marine residual fuel oils)

Bunkersoljer (tungoljer) er en stor gruppe av oljer med høy viskositet og høy tetthet. Disse lages av residuet fra ulike raffineriprosesser (se Figur 1) som blandes med et destillat. Typiske blandinger av residue og destillat (flux) er vist i Tabell 3.

Tabell 3 Typiske tettheter og destillat/residue volum prosent for ulike bunkersoljer fra forskjellige klasser.

	IF-grade	ISO-grade	Density (kg/L)	Destillate ("flux") (Vol%)	Heavy residue (Vol%)
Light Fuel Oil (LFO)	IF-30	RM10	0,93	35-40	60-65
Medium Fuel Oil (MFO)	IF-80	RM15	0,93-0,96	18-30	70-80
	IF-180	RM25	0,94-0,97	5-20	80-92
Heavy Fuel Oil (HFO)	IF-240		0,96-0,98	3-12	90-95
	IF-380	RM35	0,97-0,99	0-10	90-100
Very Heavy Fuel Oils (VHFO/LAPIO)	IF-460-650	RM55-->	1,0-1,05	0-10	90-100

Marine bunkersoljer er ofte klassifisert i hht. "Intermediate Fuel Oil (IFO) Grade system" (kalt IF-grader i Norge) hvor viskositeten er spesifisert ved 50°C som en indikator for oljens pumpbarhet og lagringsegenskaper. En IF180 skal derfor ha en kinematisk viskositet på 180 cSt (centi Stoke) ved 50°C.

I Frankrike blir bunkersoljene ofte klassifisert som Fuel oil No.1 (lett bunkersolje), Fuel oil No.2 (tung bunkers olje). Dette kan være en noe forvirrende benevnelse, og må ikke forveksles med betegnelsen lett fyringsolje no.1 og 2 som fortsatt benyttes som terminologi i bl.a. Norge på "landbaserte" lette fyringsoljer.

International Standards Organisation (ISO) utga i 1996 en spesifikasjon for marine bunkers oljers grader – ISO 8217. Denne spesifikasjonen er basert på viskositeten ved 100°C. Bunkersoljene er klassifisert som RM10, RM 25 osv. hvor 10 er viskositet i cSt ved 100°C. En bokstav er lagt til RM for å skille mellom ulike bunkers oljer innen samme grad. RMB10 og RMC10 har høyere tetthet enn RMA10 og vanadium innholdet til RMC10 er høyere enn RMA10 og RMB10 (Lewis, 2002). Tabell 3 viser sammenhengen mellom IF-grader og ISO-grade.

I dag er IF-180 og IF-380 de mest vanlige bunkersoljene som brukes som drivstoff på større båter.



### 3 Forvitringsegenskaper og levetid på sjøen for ulike marine drivstoff kvaliteter

#### 3.1 Forvitringsdata på Gasoil-11 og Wide Range Gasoil

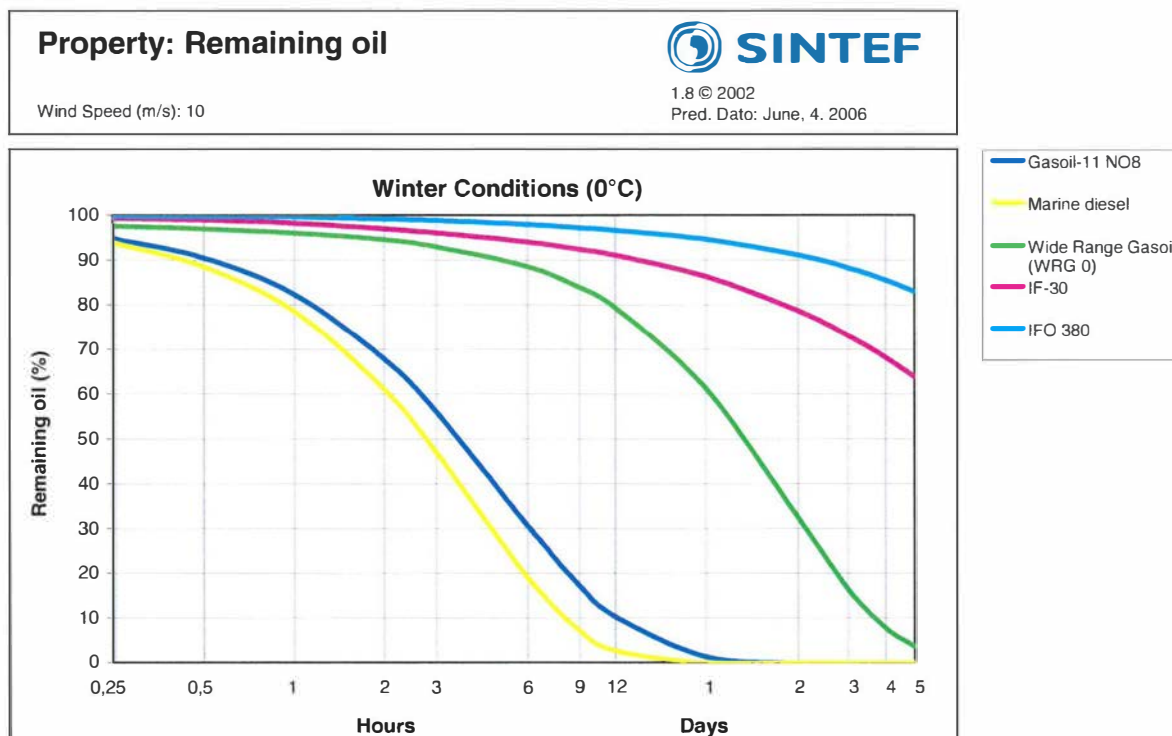
Forvitringsegenskapene til Gasoil-11 og WRG er ikke kartlagt. Noe data er skaffet fra raffineriet på Mongstad slik at Gasoil-11 kan kjøres i SINTEF olje forvitringsmodell (OWM) på basis av et svært begrenset data grunnlag (Tabell 1 og Tabell 2). Det er knyttet større usikkerhet til slike prediksjoner enn prediksjoner med basis i gode forvitringsdata basert på laboratorie forvitringsstudier. Dataene viser at gassoljen har store likhetstrekk med Marin diesel hvor forvitringsdata foreligger fra forvitringsstudium ved SINTEF, og det antas derfor at emulgerende egenskaper hos disse to ligner dvs. at de ikke emulgerer. Prediksjoner for Marin diesel er også vist for sammenligning.

Data for WRG er supplert med laboratorie forvitringsdata for Hago-4ss som er en tung gassolje fra Esso sitt raffineri på Slagentangen. Ut fra de dataene som finnes er Hago-4ss en litt tyngre gassolje enn WRG. Begge er imidlertid voksrike og har et stivnepunkt i nærheten av sjøtemperaturen. Laboratorie studiet av Hago-4ss (Singsaas *et al.*, 1991) viste at denne dannet en slags emulsjon pga. det høye stivnepunktet som gjorde oljefasen helt stiv. Det antas i denne rapporten at WRG emulgerer på samme måte som Hago pga. stivnepunktet som er i nærheten av sjøtemperatur som gjør at oljefasen vil være helt eller delvis stivnet. Usikkerheter knyttet til om WRG emulgerer og reologien til emulsjonene som dannes gjør usikkerheten i prediksjonene store. Det forventes også å være store forskjeller på emulsjoner laget av ulike WRG med ulike pour point (WRG 24, WRG 0 osv.). Dette kan kun dokumenteres gjennom eksperimentelle forvitringsstudier.

#### 3.2 Forvitringsegenskaper på sjøen

Forvitringsprediksjoner og massebalanser for WRG 0, GO-11, Marin diesel, IF-30 og IF-380 beregnet med SINTEFS OWM er vist for to temperaturer og to vindhastigheter i Vedlegg B. I Figur 2 til Figur 6 er forvitringsegenskapene til ulike destillater og bunkersoljer sammenlignet ved en temperatur og vindhastighet.

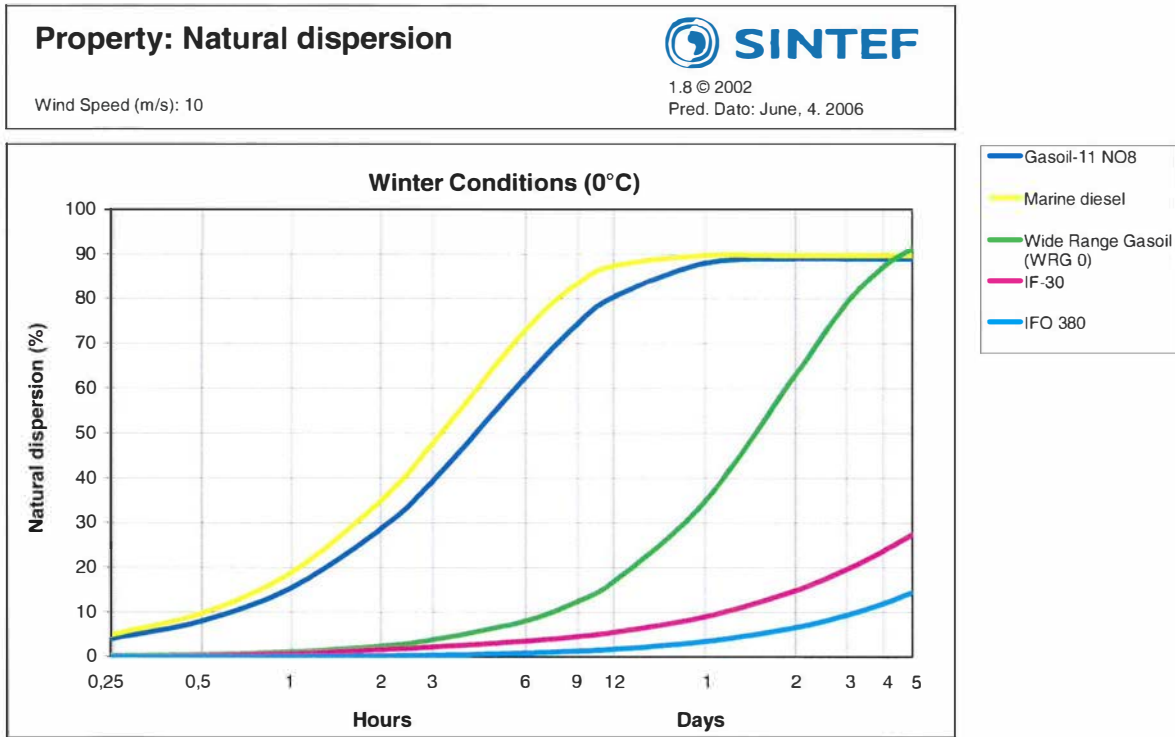
I Figur 2 er gjenværende olje på sjø overflata vist for de tre drivstoff kvalitetene ved sjø temperatur 0°C vindhastighet 10 m/s. Figuren viser at gassoljen har kort levetid på sjøen. Den brytes ned raskt i løpet av noen timer, Marin diesel brytes ned enda litt raskere. Nedbrytningen er rask og egenskapene til den oljen som er på overflata i noen timer gjør at den vil være vanskelig å samle opp i lenser. WRG har betydelig lengre levetid enn gassoljen og Marin diesel, og vil etterlate et voksrikt residue på overflata. Levetida til IF-30 kan til sammenligning forventes å være lengre.



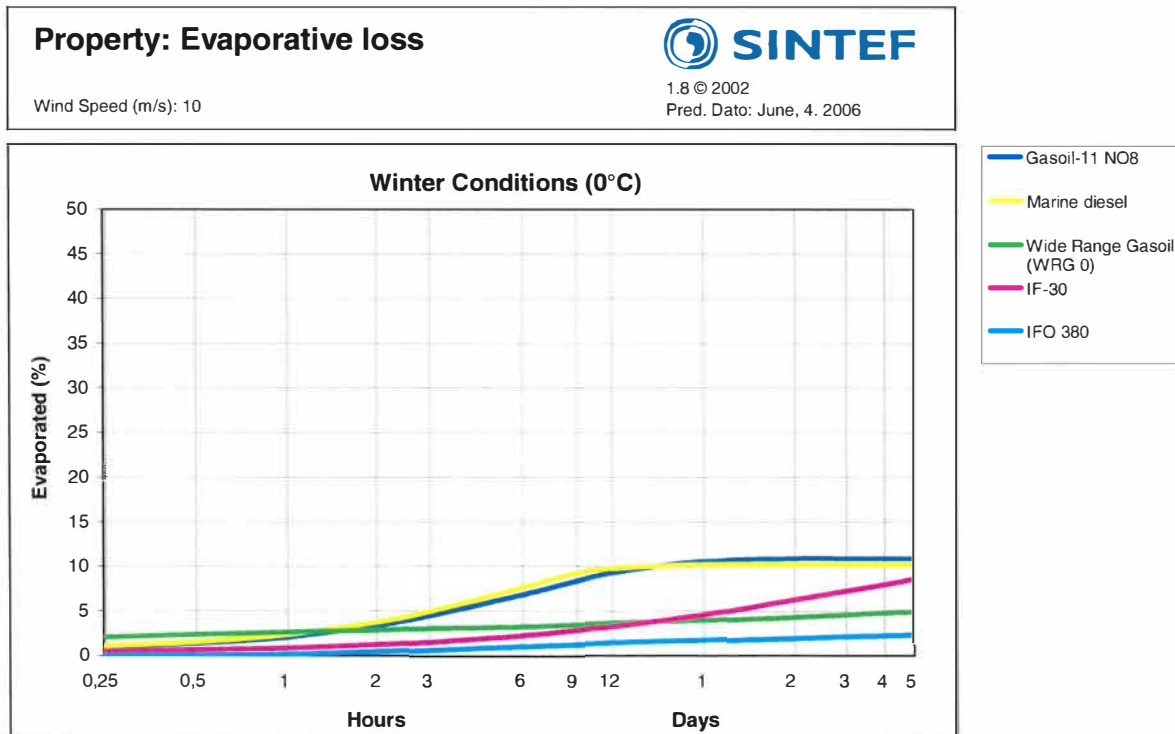
Figur 2 Gjenværende olje på overflata ved sjøtemperatur 0°C og 10 m/s vind.

Dersom WRG emulgerer slik Figur 5 viser (40-59%) vil det totale volumet av WRG øke med en faktor på 2. Testing av Hago-4ss viste at residuet var en blanding av vann og olje hvor emulsjonen var svært stiv og hadde høy relativt viskositet. Ved lavere temperaturer kan derfor oppsamlings problemer som dårlig tilflyt til skimmere, liten pumpbarhet forventes. Opptaksmuligheter med adsorpsjons skimmere som Foxtail er ikke kjent. Det kan forventes at de reologiske egenskapene til residuet vil være påvirket av pour point til residuet og at dette innvirker på de emulgerende egenskaper (vannopptakshastighet, maksimalt vanninnhold og viskositet/elasticitet).

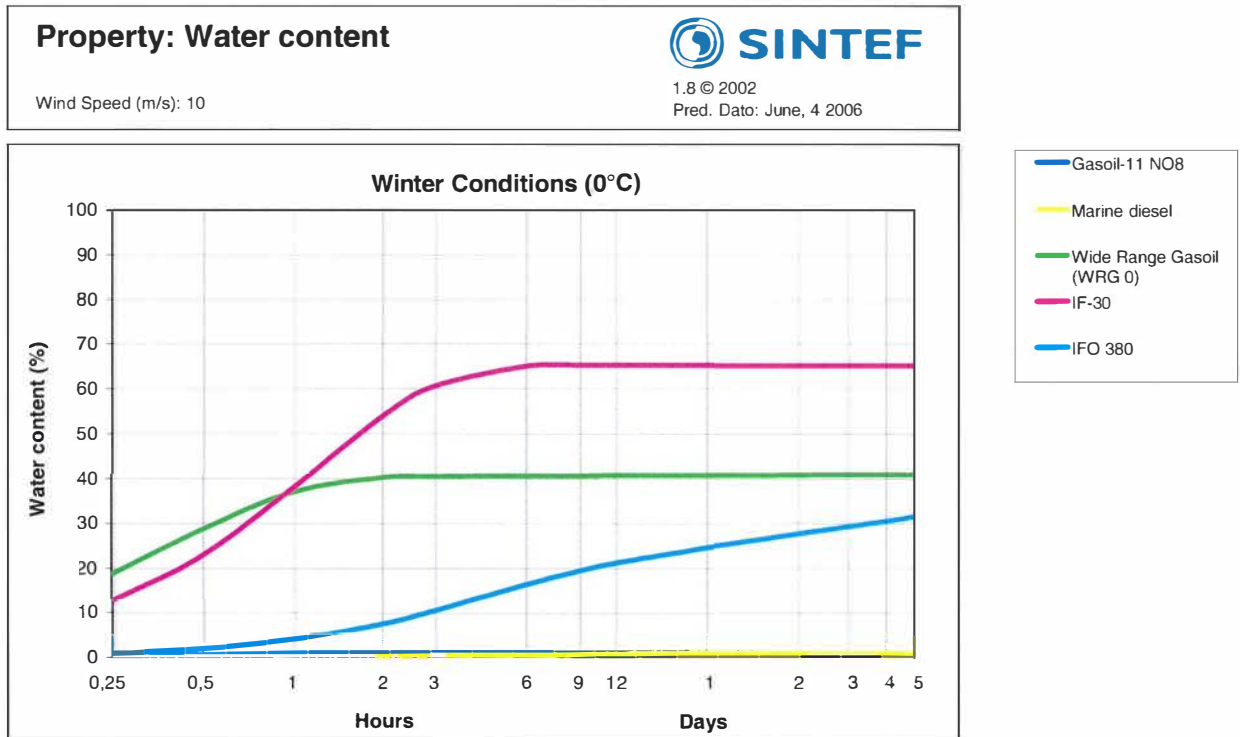
Disse prediksjonene viser at lettere destillater som Gasoil-11 (MGO) brytes raskt ned på sjøen i motsetning til tyngre destillater som WRG som etterlater et voksrikt residue på overflata. Siden det er usikkerheter knyttet til de dataene som er brukt i OWM vil det være viktig å gjøre forvitningsstudier av et utvalg av destillater for å kunne forutsi med større sikkerhet oppførsel og levetid på sjøen for lettere og tyngre destillater.



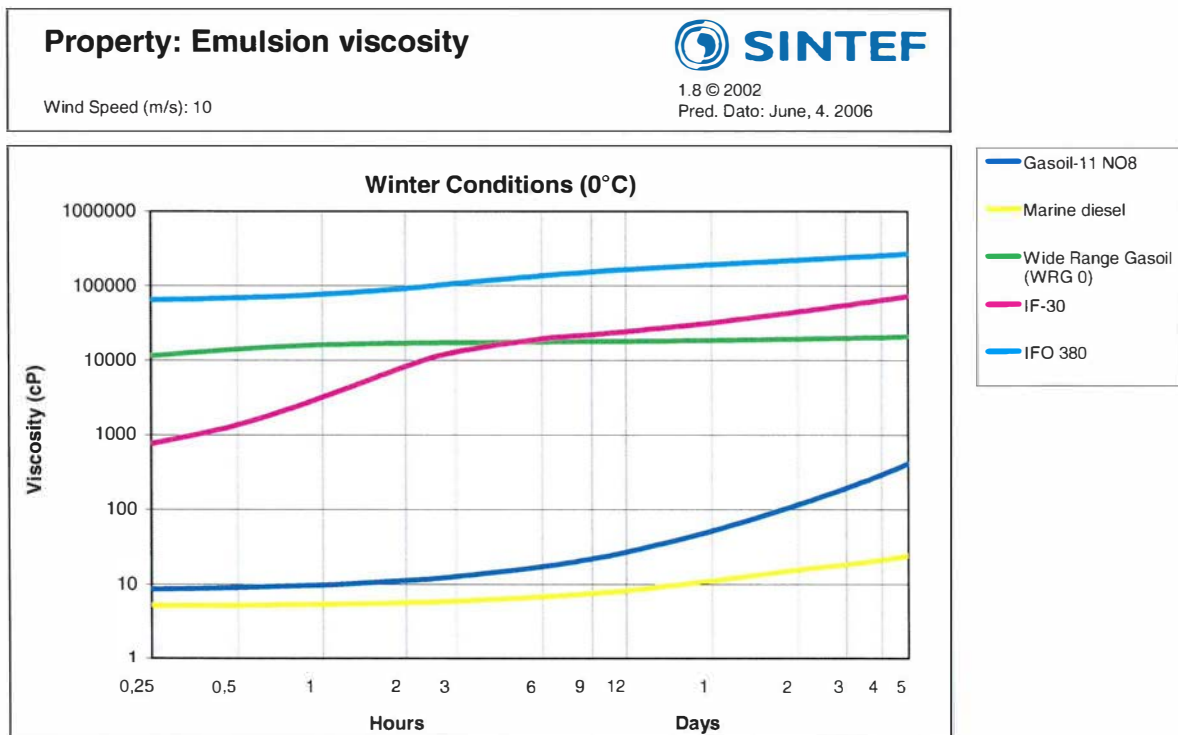
Figur 3 Naturlig dispergering ved sjøtemperatur 0°C og 10 m/s vind.



Figur 4 Avdampning ved sjøtemperatur 0°C og 10 m/s vind.



Figur 5 Vanninnhold i emulsjon 0°C og 10 m/s vind.



Figur 6 Viskositet til emulsjon 0°C og 10 m/s vind.

## 4 Konklusjoner og videre anbefalinger

### 4.1 Konklusjoner

Drivstoffer som brukes på båter kan deles inn i tre hovedkategorier:

Vanlig marine gassoljer (Marine Gasoil) - DMA

Tyngre destillater (Marine Spesial Destillat) – DMB eller DMC

Tungoljer/bunkersoljer (Residual fuel oils) – RM-kvaliteter

Vurderinger av olje egenskaper og forvittrings prediksjoner viser at:

- Vanlig marine gassoljer emulgerer ikke og forventes å ha kort levetid på sjøen.
- Tyngre destillater vil avhengig av bl.a. stivnepunktet ha betydelig levetid på sjøen. De fysiske egenskapene til det gjenværende residuet på overflata vil være avgjørende for omfanget av emulgering. Dette kjenner vi dårlig til i dag, og videre kartlegging kan gjøres gjennom laboratoriestudier.
- Ved lavere temperaturer kan oppsamlings problemer som dårlig tilflyt til skimmere, liten pumpbarhet forventes hos tyngre destillater.
- Bunkersoljer har betydelig lengre levetid på overflata enn gassoljer og tyngre destillater.

Ut fra dagens kunnskapsnivå om forvittringsegenskapene til destillater anbefales det at klassifiseringen av oljeprodukter baseres på kvalitets spesifisering i hht. ISO 8217. Det anbefales type olje begrenses til at kun marine gassoljer tillates i de nevnte områder. Dette gjelder både drivstoff som brukes og eventuelt lagres ombord i båtene. Anbefalingen er basert på vurderinger rundt at vanlig marine gassoljer (DMA) ikke etterlater et residue på overflata mens tyngre destillater (DMB, DMC) og tungoljer/bunkersoljer (alle RM-kvaliteter) gir et residue på overflata. Krav til egenskaper for gassoljer i kvalitet DMA er gitt i VEDLEGG A : ISO 8217 Fuel Standard.

### 4.2 Videre anbefalinger

Siden det er usikkerheter knyttet til de dataene som er brukt i SINTEFs oljeforvittringsmodell, vil det være viktig å gjøre forvittringsstudier av et utvalg av destillater for å kunne forutsi med større sikkerhet oppførsel og levetid på sjøen for lettere og tyngre destillater. Det kan forventes forskjellig emulgerende egenskaper hos ulike tyngre destillater med ulike pour point. Det foreslås et testopplegg som omfatter kartlegging av forvittringsegenskaper hos:

- En vanlig marin gassolje
- Flere tyngre spesial destillater med ulike pour point

## 5 Forkortelser

Noen brukte forkortelser

CFPP Cloud Filter Plugging Point

DM Distillate Marine (kvalitetsbetegnelse på destillater i hht. ISO 8217)

HFO Heavy Fuel Oil

HGO Heavy Gasoil

IFO Intermediate Fuel Oil

LFO Light Fuel Oil

MDO Marine Diesel Oil

MFO Medium Fuel Oil

MGO Marine Gasoil

MSD Marine Special destillate

OWM SINTEFs Oljeforvittringsmodell (Oil Weathering Model)

RM Residual Marine (kvalitetsbetegnelse på tungoljer i hht. ISO 8217)

VHFO Very Heavy Fuel Oil

WRG Wide Range Gasoil

## **6 Referanser**

Bakke, F. (Statoil), 2006: Muntlig kommunikasjon.

Daling, P.S. og Brandvik, P.J., 1991: Characterisation and prediction of the weathering properties of oils at sea – A manual for the oils investigated in the DIWO project. DIWO-report no.16.

Fonnes, I. (Statoil), 2006: Muntlig kommunikasjon.

Fossum, K. (Syssemlannen på Svalbard), 2006: Muntlig Kommunikasjon.

Jensen, K.E. (Esso Slagentangen), 2006: Muntlig kommunikasjon.

Kristoffersen, E. (Statoil), 2006: Muntlig kommunikasjon.

Overvag, J.O. (Shell), 2006: Muntlig kommunikasjon.

## VEDLEGG A : ISO 8217 Fuel Standard

DNV - ISO 8217 Fuel Standard

Page 1 of 2

### ISO 8217 FUEL STANDARD, THIRD EDITION 2005,

**FOR MARINE DISTILLATE FUELS & FOR MARINE RESIDUAL FUELS**

#### MARINE DISTILLATE FUELS

Parameter	Unit	Limit	DMX	DMA	DMB	DMC
Density at 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	Max	-	890.0	900.0	920.0
Viscosity at 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	Max	5.5	6.0	11.0	14.0
Viscosity at 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	Min	1.4	1.5	-	-
Micro Carbon Residue at 10% Residue	% m/m	Max	0.30	0.30	-	-
Micro Carbon Residue	% m/m	Max	-	-	0.30	2.50
Water	% V/V	Max	-	-	0.3	0.3
Sulfur <sup>c</sup>	% (m/m)	Max	1.0	1.5	2.0	2.0
Total Sediment Existent	% m/m	Max	-	-	0.10	0.10
Ash	% m/m	Max	0.01	0.01	0.01	0.05
Vanadium	mg/kg	Max	-	-	-	100
Aluminium + Silicon	mg/kg	Max	-	-	-	25
Flash point	°C	Min	43	60	60	60
Pour point, Summer	°C	Max	-	0	6	6
Pour point, Winter	°C	Max	-	-6	0	0
Cloud point	°C	Max	-16	-	-	-
Calculated Cetane Index		Min	45	40	35	-
Appearance			Clear & Bright		-	-
Zinc <sup>d</sup>	mg/kg	Max	-	-	-	15
Phosphorus <sup>d</sup>	mg/kg	Max	-	-	-	15
Calcium <sup>d</sup>	mg/kg	Max	-	-	-	30
<sup>c</sup>	A sulfur limit of 1.5% m/m will apply in SO <sub>x</sub> Emission Control Areas designated by the International Maritime Organization, when its relevant Protocol comes into force. There may be local variations					
<sup>d</sup>	The Fuel shall be free of ULO. A Fuel is considered to be free of ULO if one or more of the elements are below the limits. All three elements shall exceed the limits before deemed to contain ULO.					



**MARINE RESIDUAL FUELS**

Parameter	Unit	Limit	RMA 30	RMB 30	RMD 80	RME 180	RMF 180	RMG 380	RMH 380	RMK 380	RMH 700	RMK 700
Density at 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	Max	960.0	975.0	980.0	991.0		991.0		1010.0	991.0	1010.0
Viscosity at 50°C	mm <sup>2</sup> /s	Max	30.0		80.0	180.0		380.0			700	
Water	% V/V	Max	0.5		0.5	0.5		0.5			0.5	
Micro Carbon Residue	% m/m	Max	10		14	15	20	18	22		22	
Sulfur <sup>c</sup>	% m/m	Max	3.5		4.00	4.50		4.50			4.50	
Ash	% m/m	Max	0.10		0.10	0.10	0.15	0.15	0.15		0.15	
Vanadium	mg/kg	Max	150		350	200	500	300	600		600	
Flash point	°C	Min	60		60	60		60			60	
Pour point,	°C	Max	6	24	30	30		30			30	

Summer												
Pour point, Winter	°C	Max	0	24	30	30		30			30	
Aluminium + Silicon	mg/kg	Max	80		80	80		80			80	
Total Sediment, Potential	% m/m	Max	0.10		0.10	0.10		0.10			0.10	
Zinc <sup>d</sup>	mg/kg	Max	15									
Phosphorus <sup>d</sup>	mg/kg	Max	15									
Calcium <sup>d</sup>	mg/kg	Max	30									
<sup>c</sup>	A sulfur limit of 1.5% m/m will apply in SO <sub>x</sub> Emission Control Areas designated by the International Maritime Organization, when its relevant Protocol comes into force. There may be local variations.											
<sup>d</sup>	The Fuel shall be free of ULO. A Fuel is considered to be free of ULO if one or more of the elements are below the limits. All three elements shall exceed the limits before deemed to contain ULO.											

Source: ISO 8217 Third Edition 2005-11-01  
Petroleum products - Fuels (class F) - Specifications of marine fuels

**VEDLEGG B : Forvitringsegenskaper til WRG, GO-11, Marin diesel, IF-30 og IF-380**

**Property: EVAPORATIVE LOSS**  
**Oil Type: WIDE RANGE GASOIL (WRG 0)**  
**Description: WRG from Mongstad**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2006), Weathering dat**

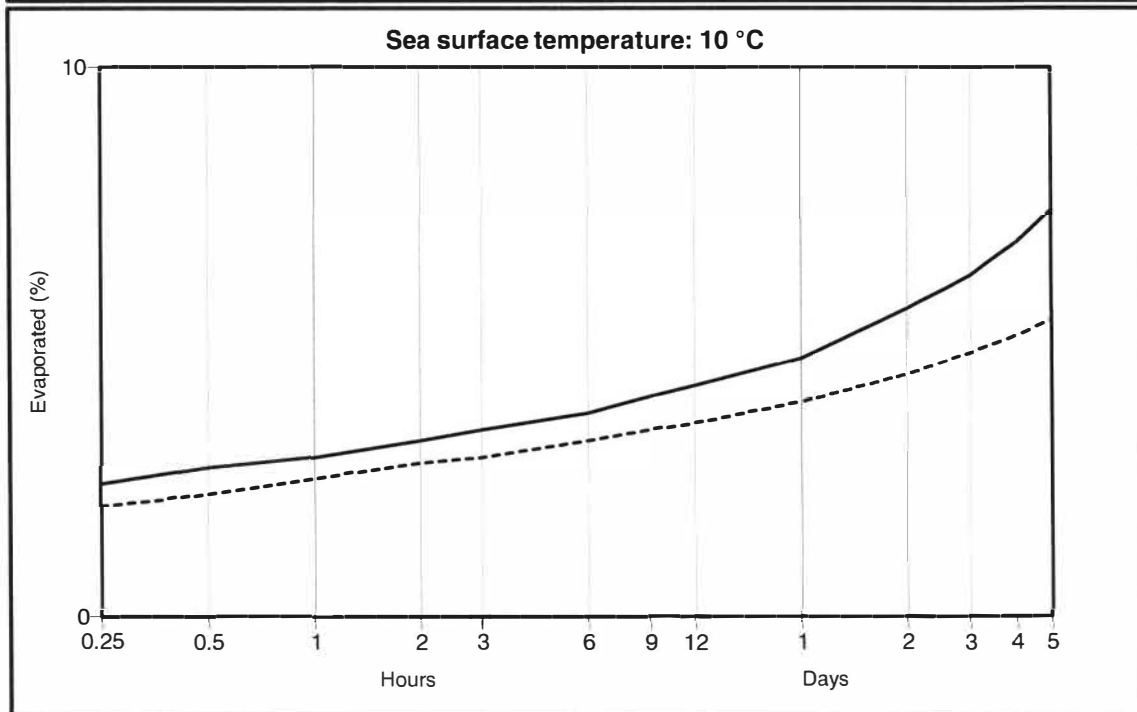
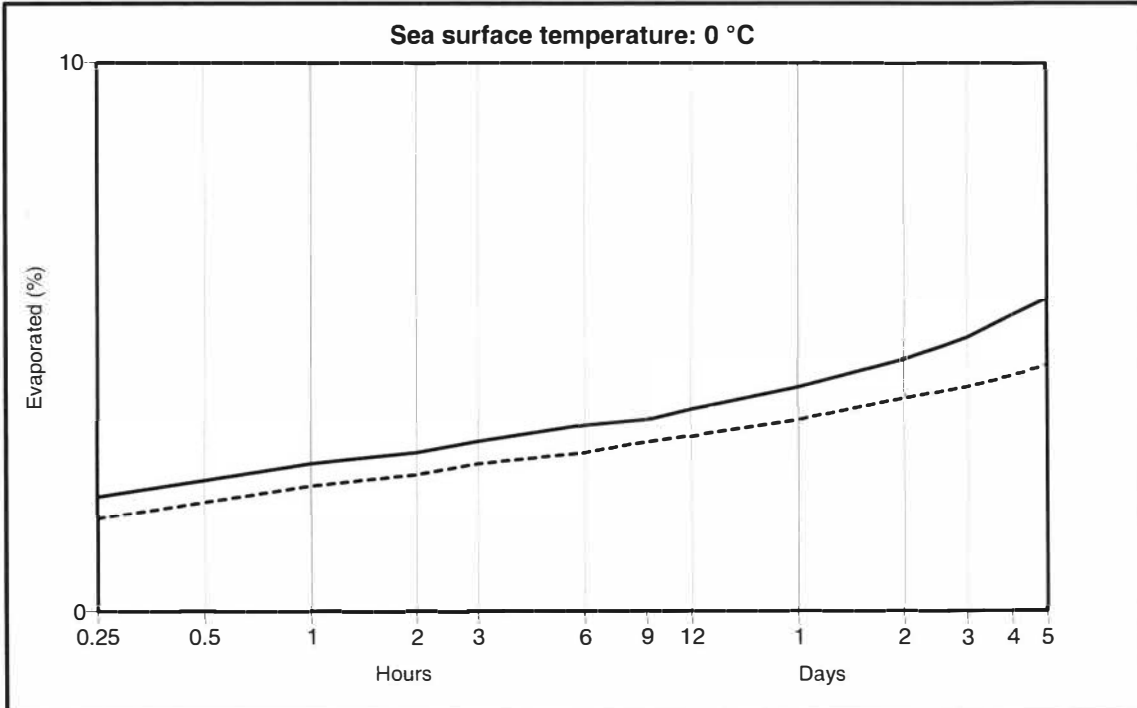


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 04, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



**Property: POUR POINT FOR WATER-FREE OIL**  
**Oil Type: WIDE RANGE GASOIL (WRG 0)**  
**Description: WRG from Mongstad**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2006), Weathering dat**

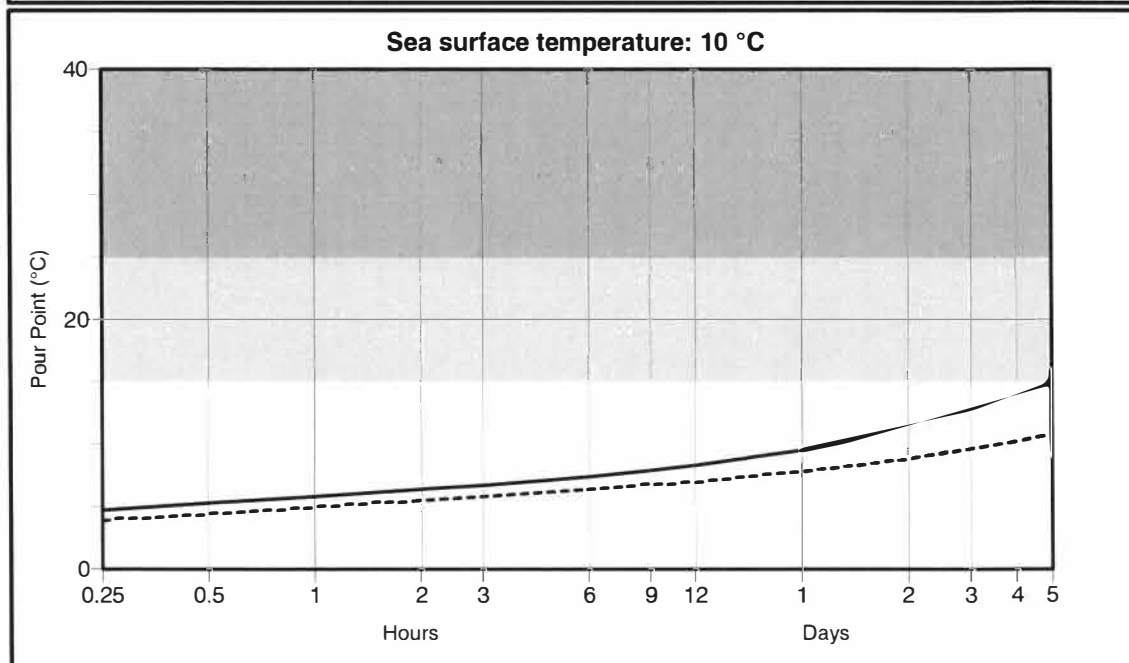
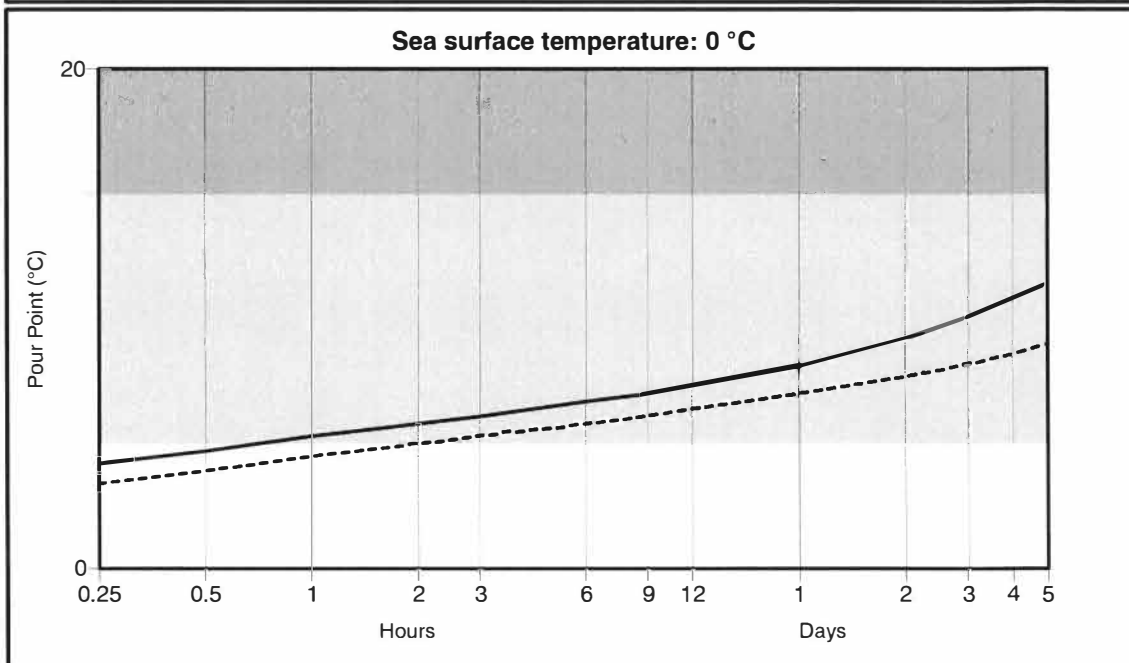


2.0  
© 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 04, 2006

— Wind Speed (m/s): 10      □ Chemically dispersible  
 - - - Wind Speed (m/s): 5      □ Reduced chemical dispersibility  
    □ Poorly / slowly chemically dispersible



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

**Property: VISCOSITY FOR WATER-FREE OIL**  
**Oil Type: WIDE RANGE GASOIL (WRG 0)**  
**Description: WRG from Mongstad**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2006), Weathering dat**

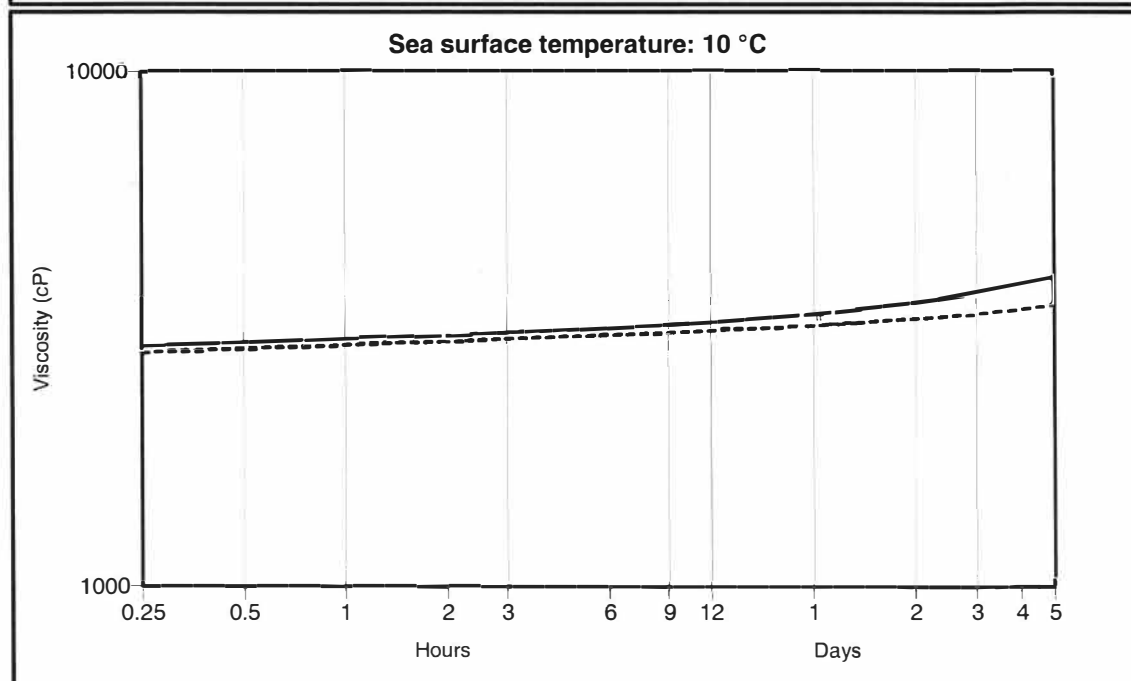
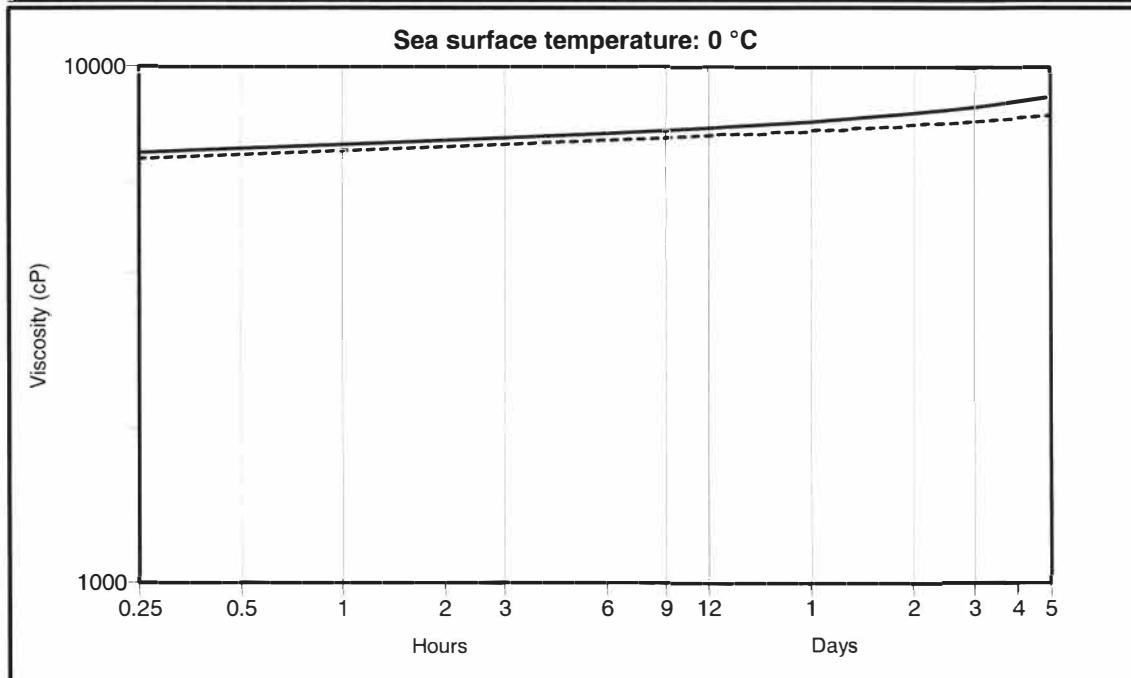


2.0  
© 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 04, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



Based on viscosity measurements carried out at a shear rate of 10 reciprocal seconds.

**Property: WATER CONTENT**  
**Oil Type: WIDE RANGE GASOIL (WRG 0)**  
**Description: WRG from Mongstad**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2006), Weathering dat**

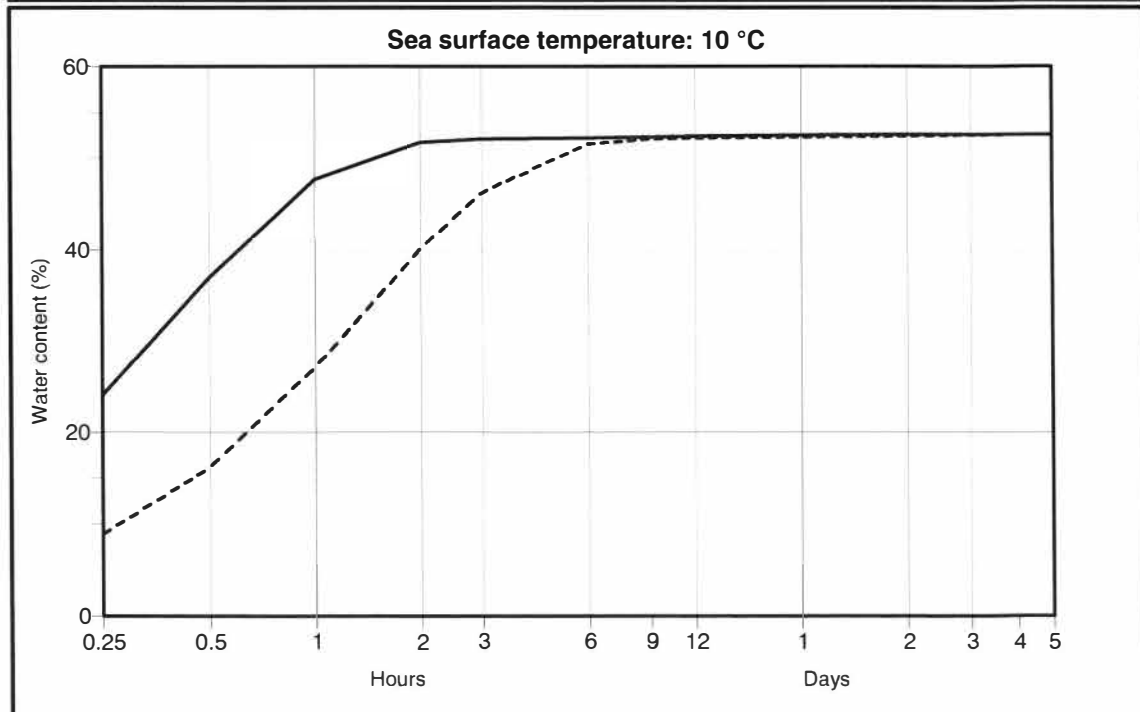
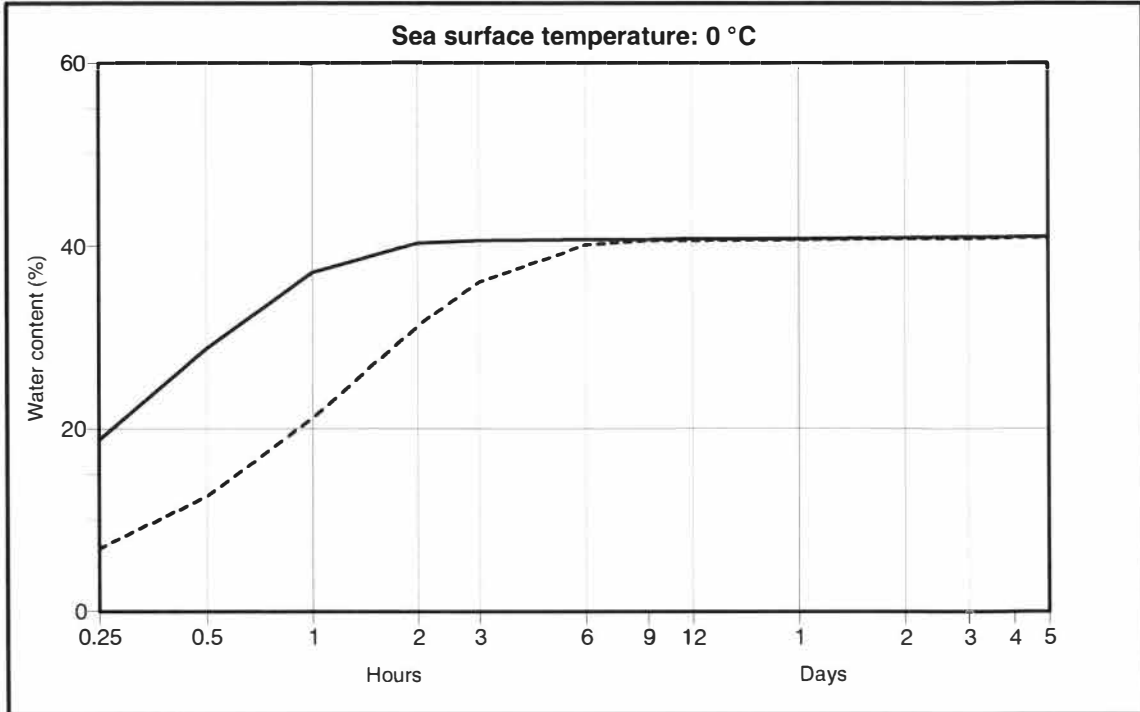


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 04, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



**Property: VISCOSITY OF EMULSION**  
**Oil Type: WIDE RANGE GASOIL (WRG 0)**  
**Description: WRG from Mongstad**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2006), Weathering dat**

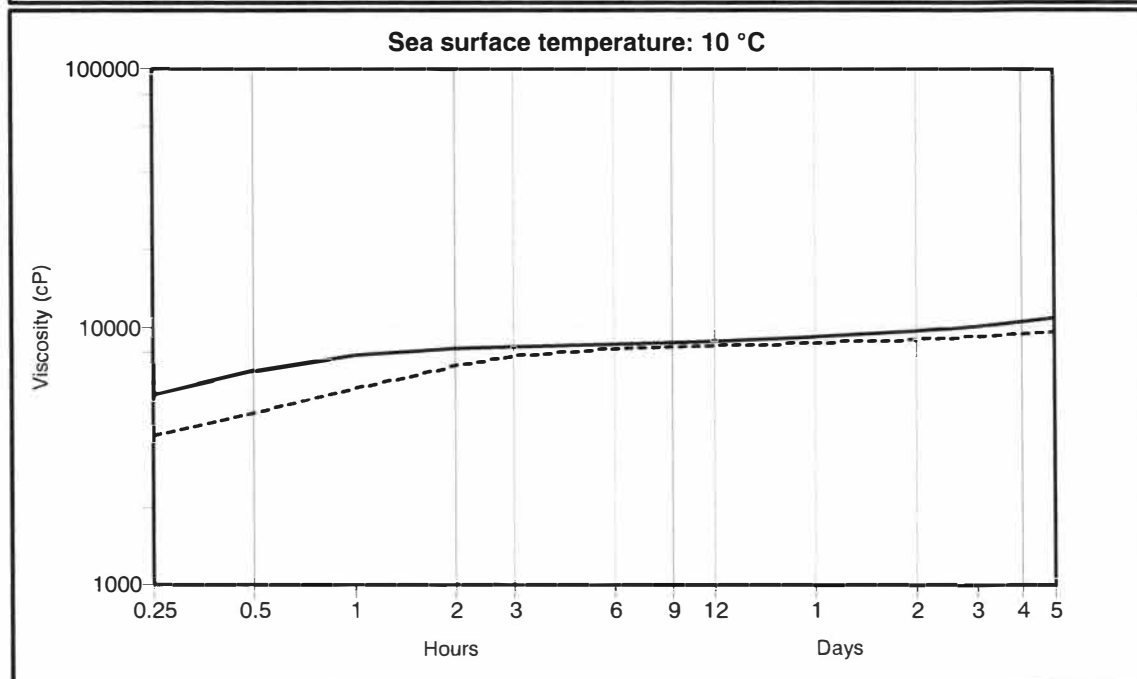
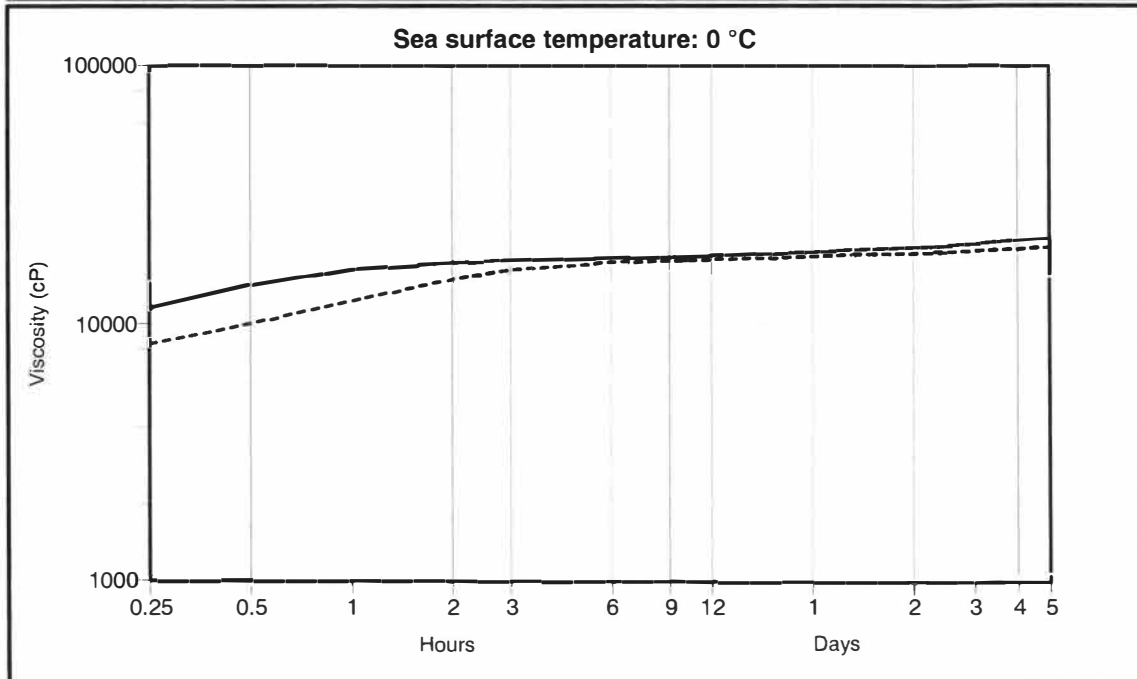


2.0  
© 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 04, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



Based on viscosity measurements carried out at a shear rate of 10 reciprocal seconds.




**Property: MASS BALANCE**  
**Oil Type: WIDE RANGE GASOIL (WRG 0)**  
**Description: WRG from Mongstad**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2006), Weathering dat**

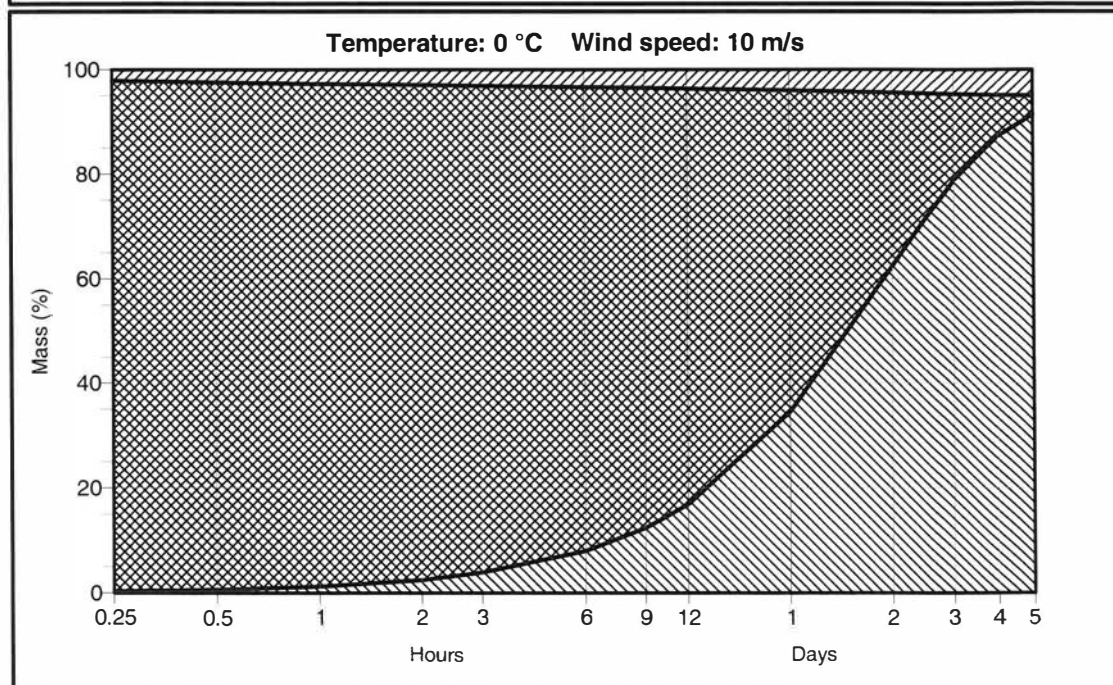
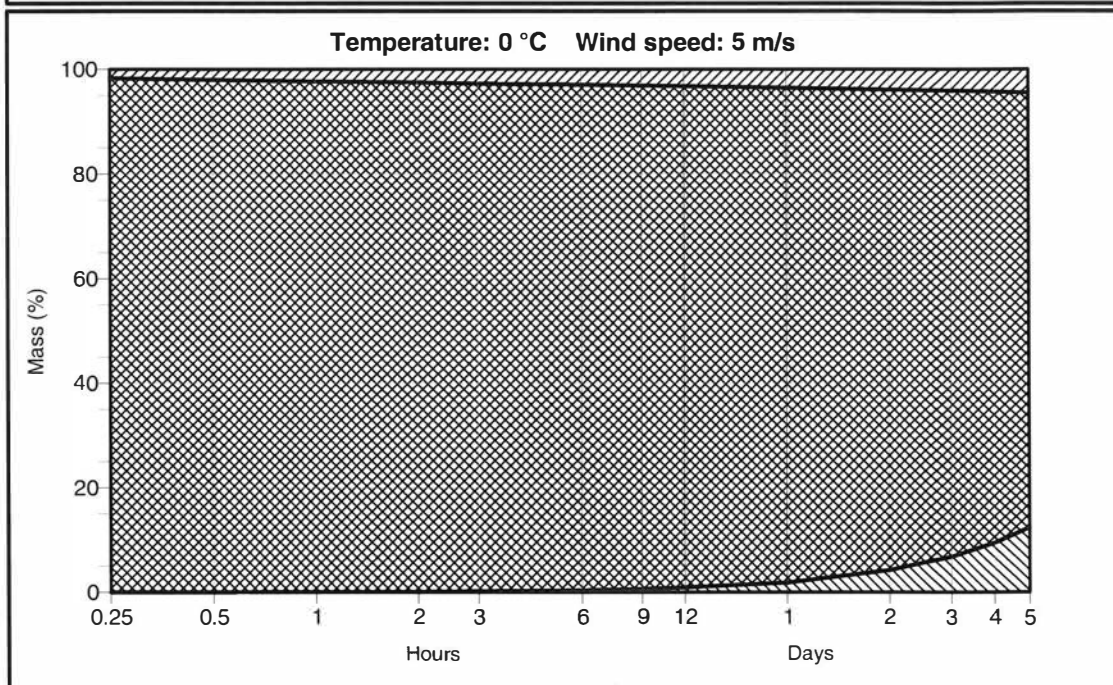


2.0  
© 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 04, 2006

 Evaporated  
 Surface  
 Naturally dispersed








**Property: MASS BALANCE**  
**Oil Type: WIDE RANGE GASOIL (WRG 0)**  
**Description: WRG from Mongstad**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2006), Weathering dat**

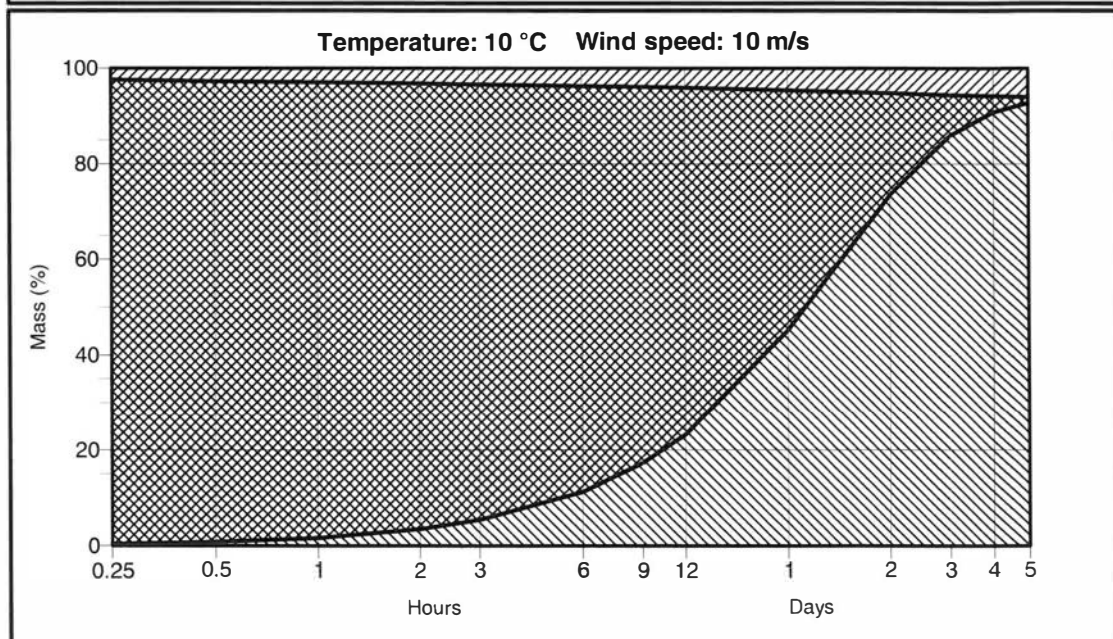
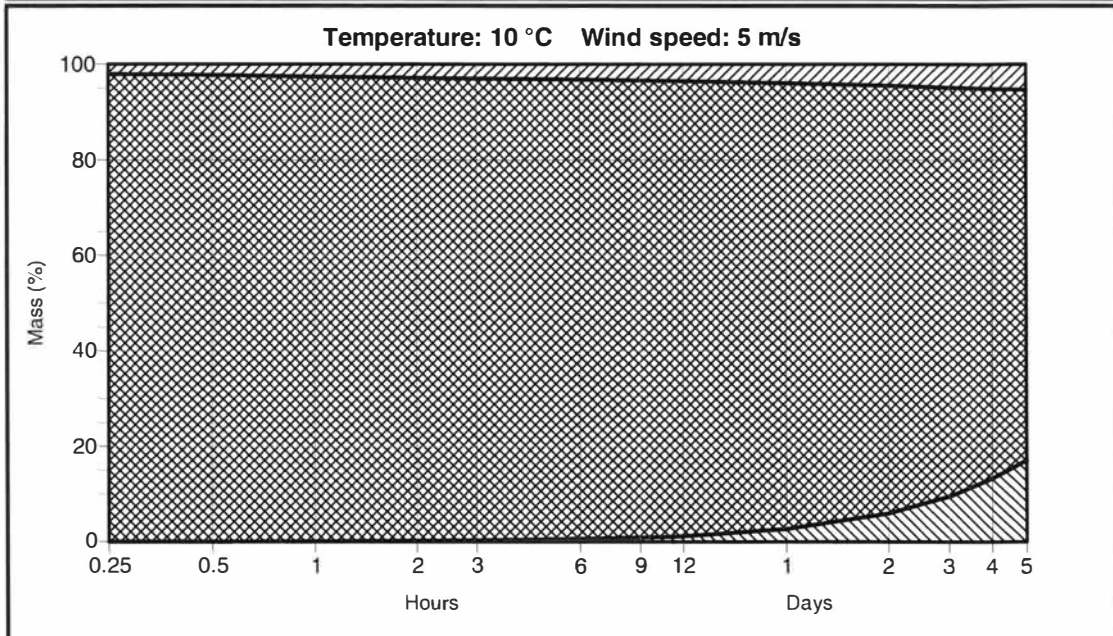


2.0  
© 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 04, 2006

 Evaporated  
 Surface  
 Naturally dispersed



The algorithm for prediction of natural dispersion is preliminary and is currently under improvement. Model predictions have been field-verified up to 4-5 days.

**Property: EVAPORATIVE LOSS**  
**Oil Type: GASOIL-11**  
**Description: Gasoil-11 NO8**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2006), No weathering**

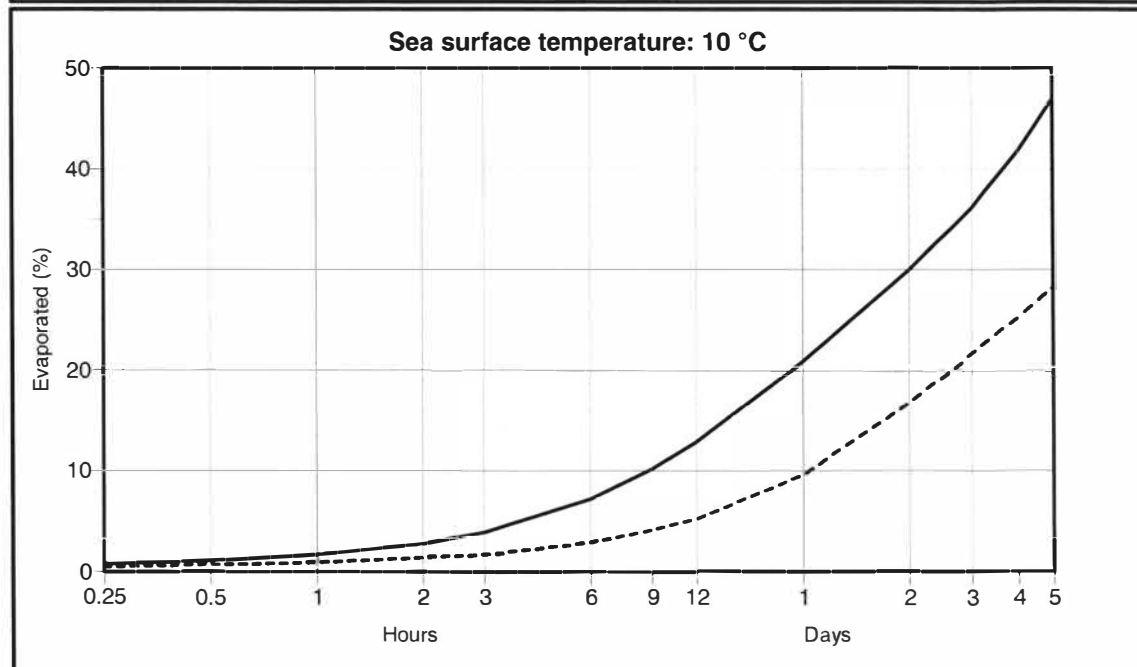
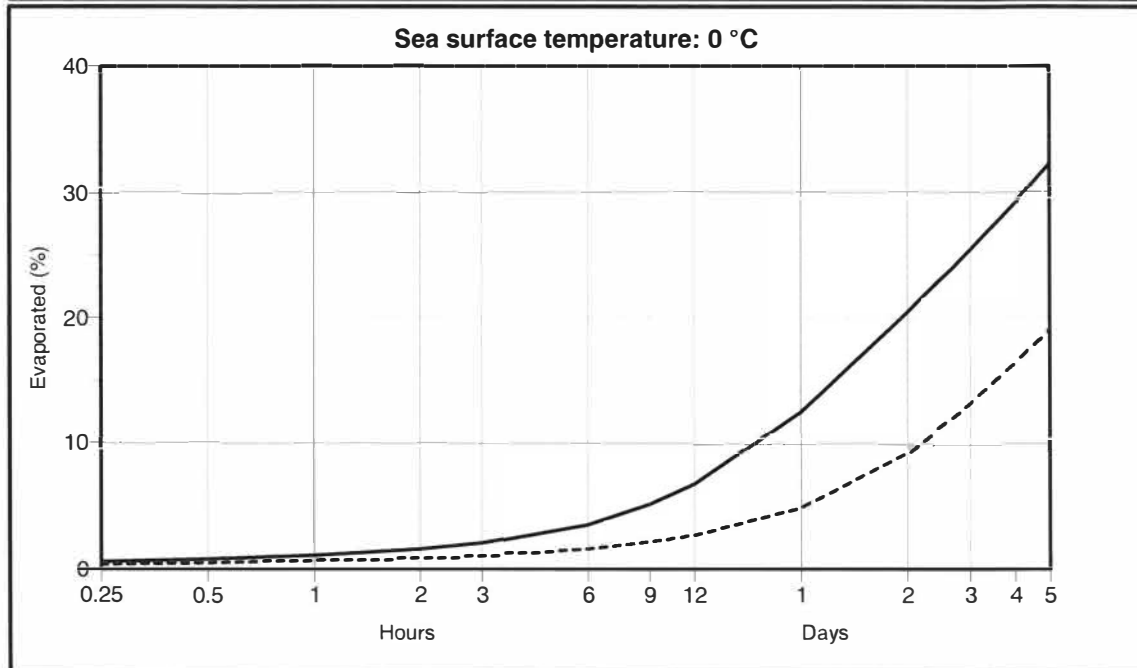


2.0  
© 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Weathering data model: 1.8  
 Pred. date: Jun. 04, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



The synthetic weathering data algorithm is not calibrated for this oil, because of the following reason(s):  
 \* this is a refined dist. oil.

**Property: VISCOSITY FOR WATER-FREE OIL**  
**Oil Type: GASOIL-11**  
**Description: Gasoil-11 NO8**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2006), No weathering**

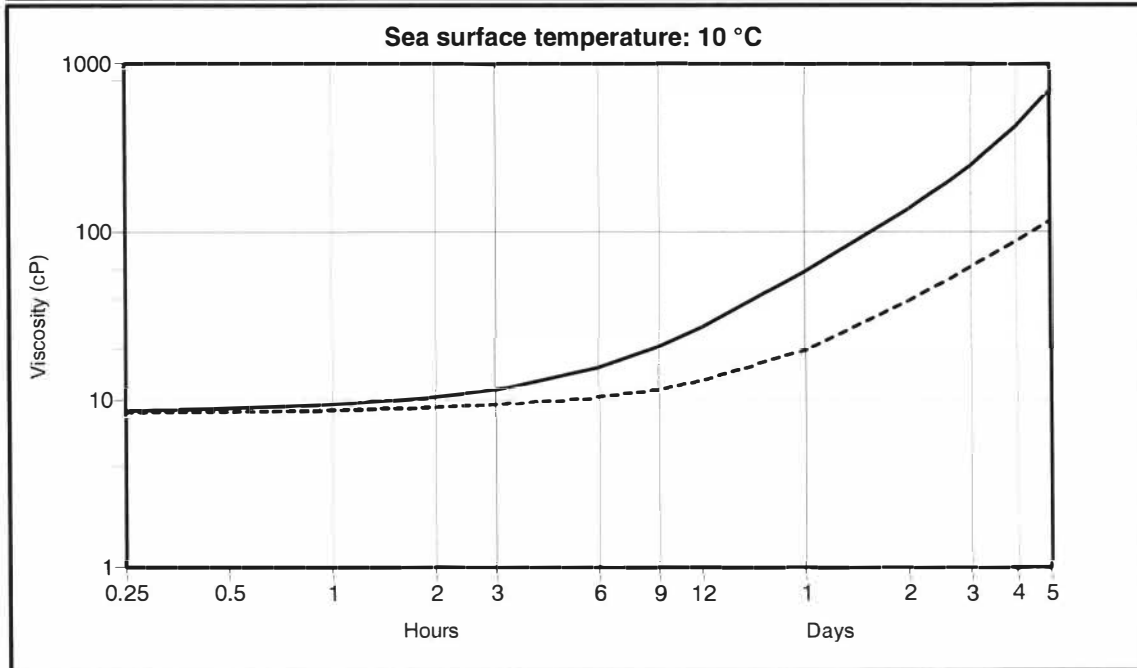
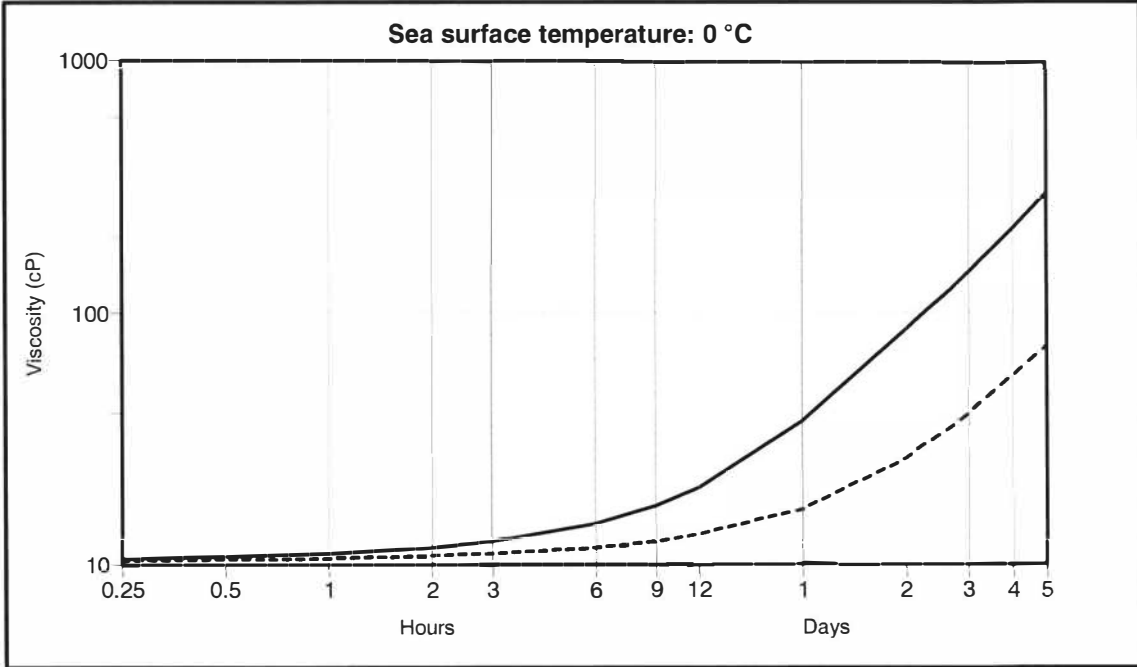


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Weathering data model:1.8  
 Pred. date: Jun. 04, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



The synthetic weathering data algorithm is not calibrated for this oil, because of the following reason(s):  
 \* this is a refined dist. oil.

**Property: WATER CONTENT**  
**Oil Type: GASOIL-11**  
**Description: Gasoil-11 NO8**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2006), No weathering**

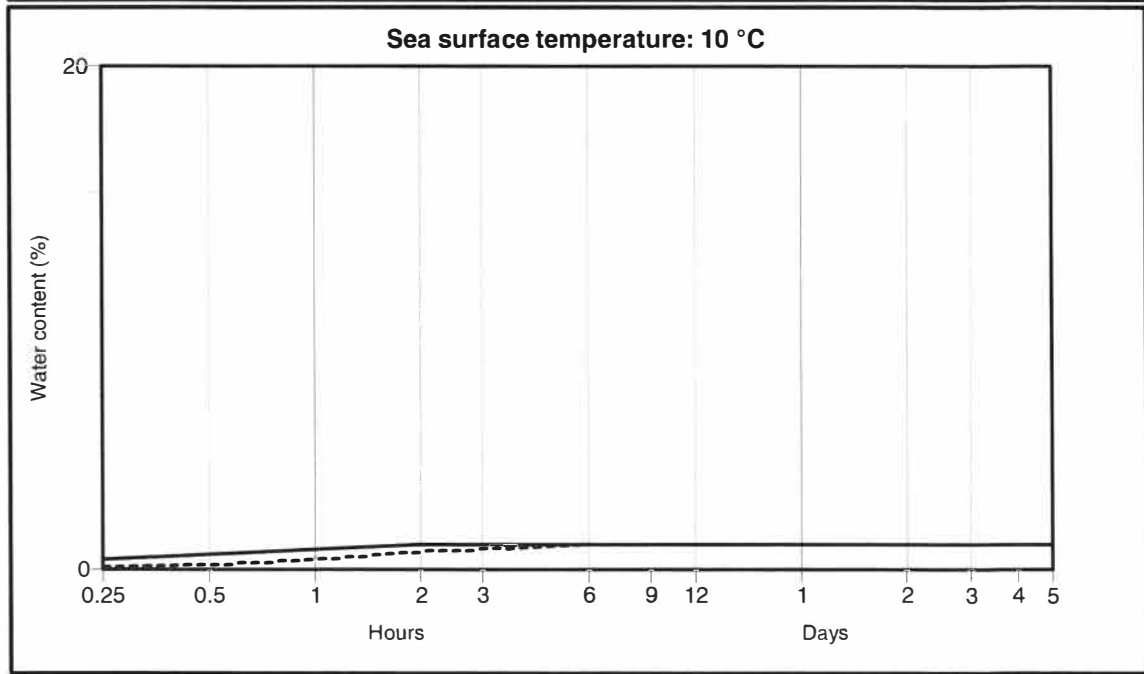
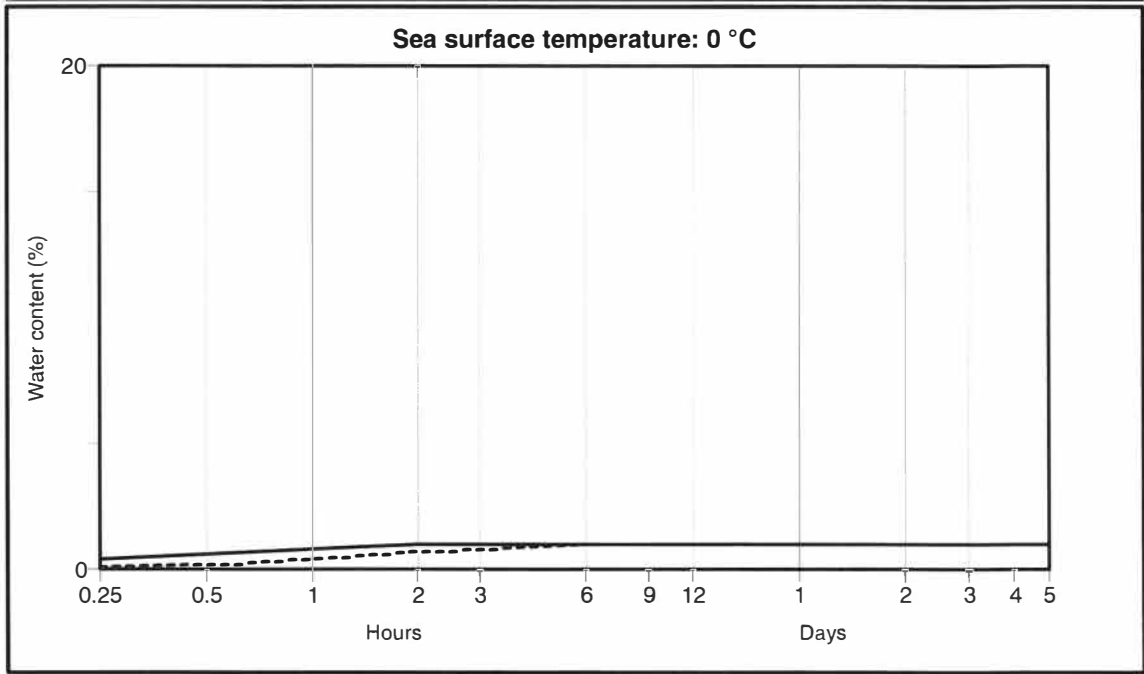


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Weathering data model:1.8  
 Pred. date: Jun. 04, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



The synthetic weathering data algorithm is not calibrated for this oil, because of the following reason(s):  
 \* this is a refined dist. oil.

**Property: VISCOSITY OF EMULSION**  
**Oil Type: GASOIL-11**  
**Description: Gasoil-11 NO8**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2006), No weathering**

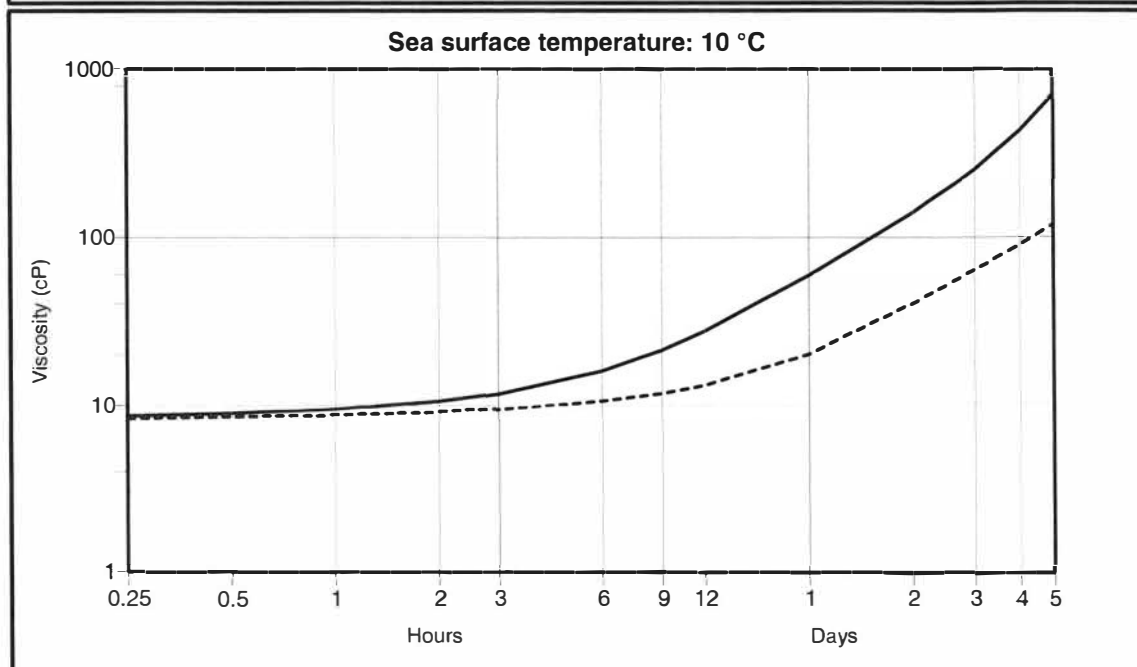
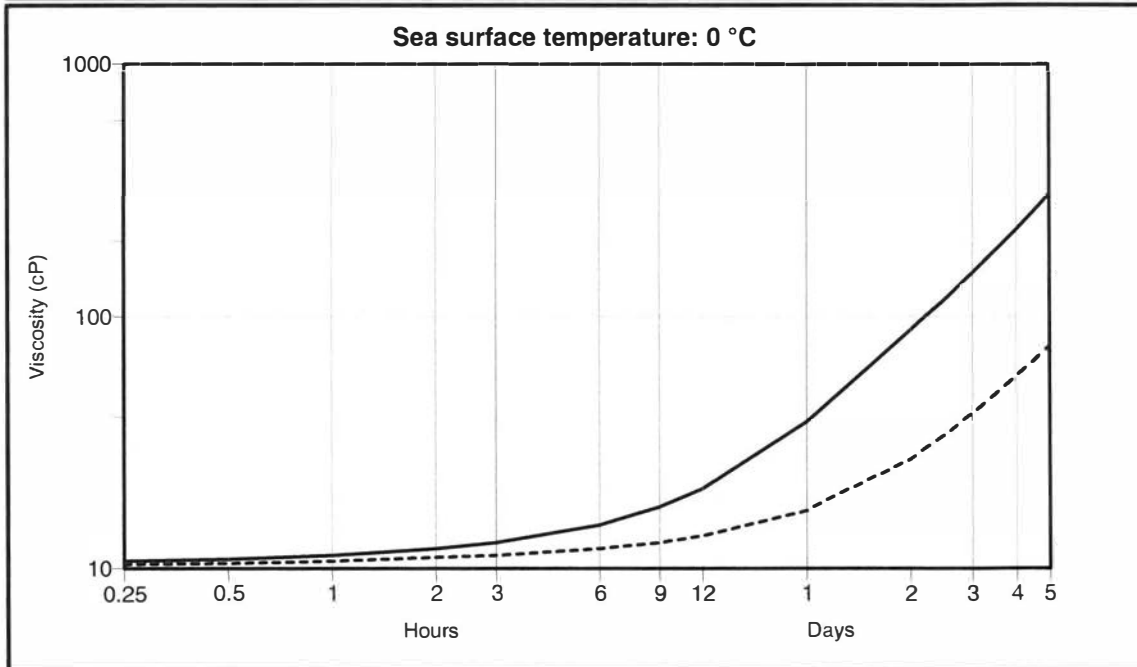


2.0  
© 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Weathering data model: 1.8  
 Pred. date: Jun. 04, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



The synthetic weathering data algorithm is not calibrated for this oil, because of the following reason(s):  
 \* this is a refined dist. oil.



**Property: MASS BALANCE**  
**Oil Type: GASOIL-11**  
**Description: Gasoil-11 NO8**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2006), No weathering**

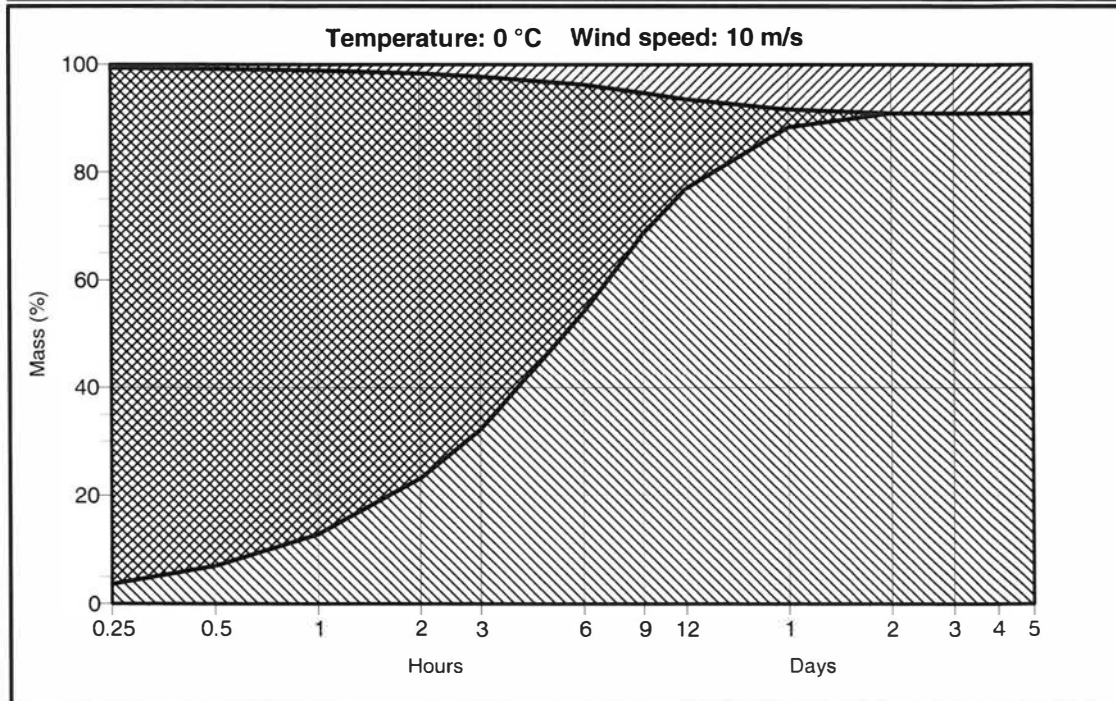
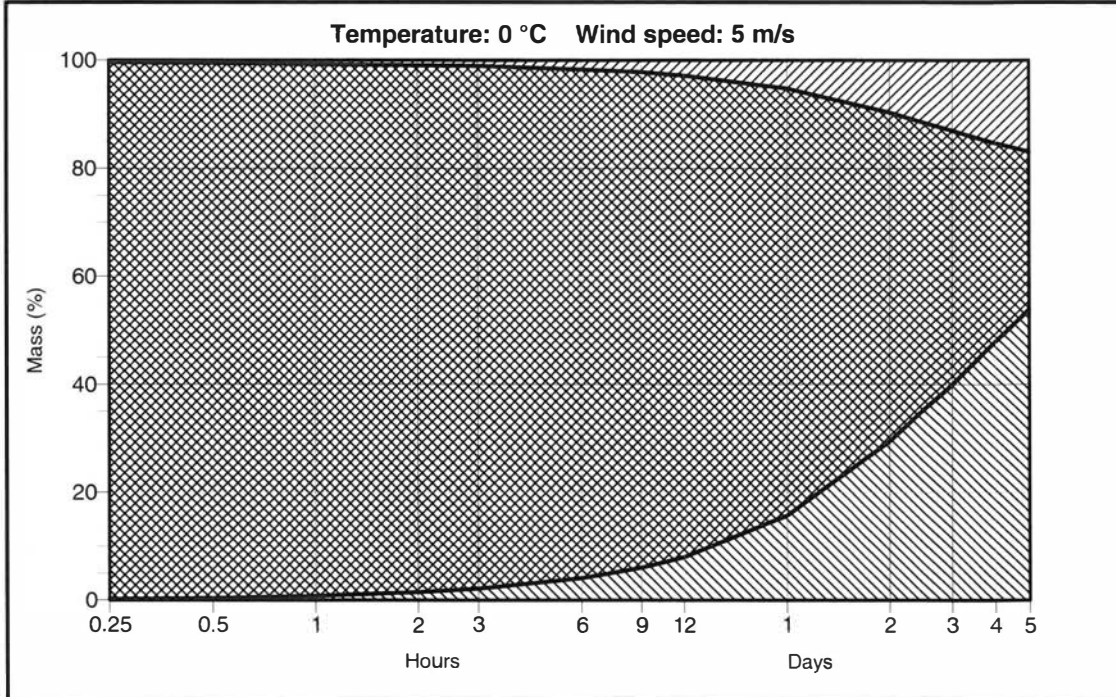


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Synth. weathering data: 1.8  
 Pred. date: Jun. 04, 2006

 Evaporated  
 Surface





**Property: MASS BALANCE**  
**Oil Type: GASOIL-11**  
**Description: Gasoil-11 NO8**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2006), No weathering**

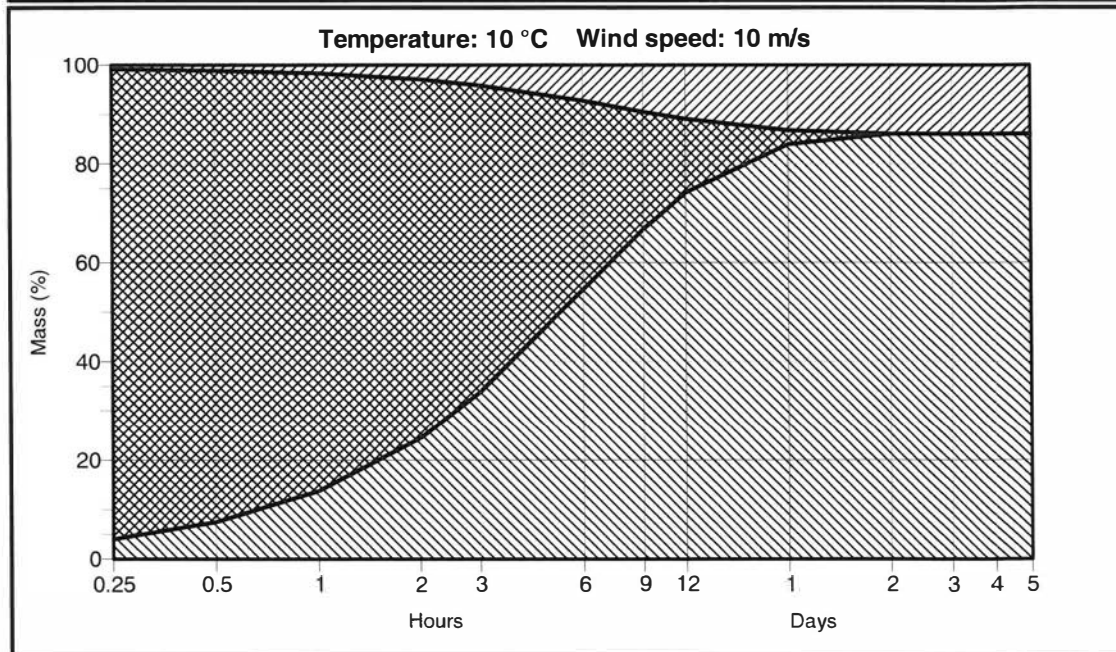
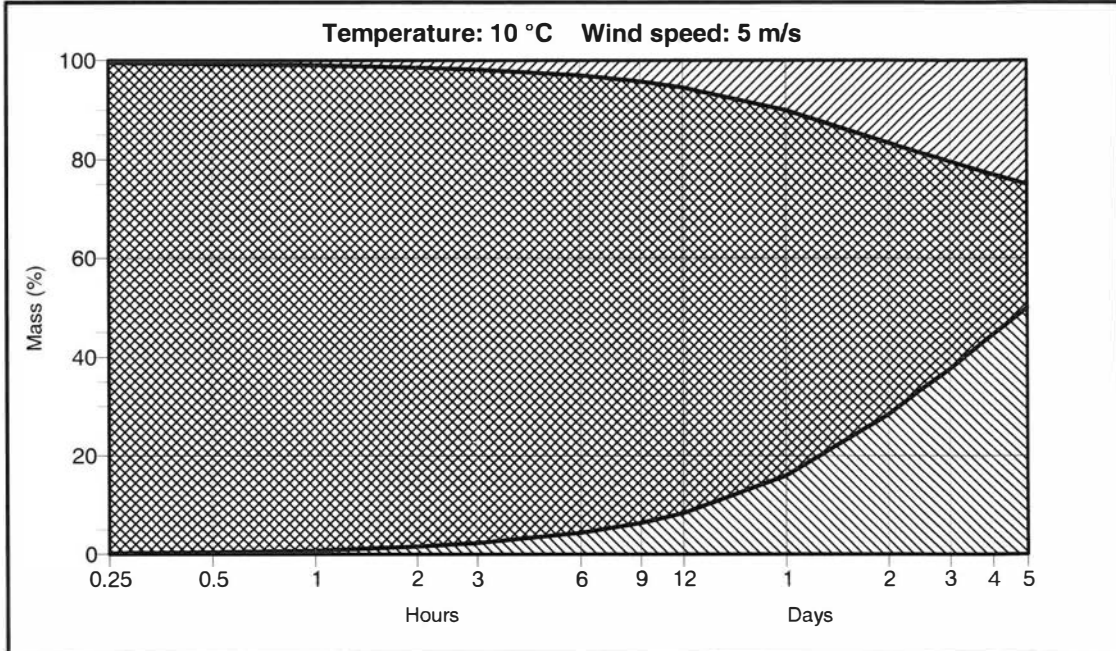


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Synth. weathering data:1.8  
 Pred. date: Jun. 04, 2006

 Evaporated  
 Surface



The synthetic weathering data algorithm is not calibrated for this oil, because of the following reason(s):  
 \* this is a refined dist. oil.

**Property: EVAPORATIVE LOSS**  
**Oil Type: MARINE DIESEL (IKU)**  
**Description:**  
**Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data**

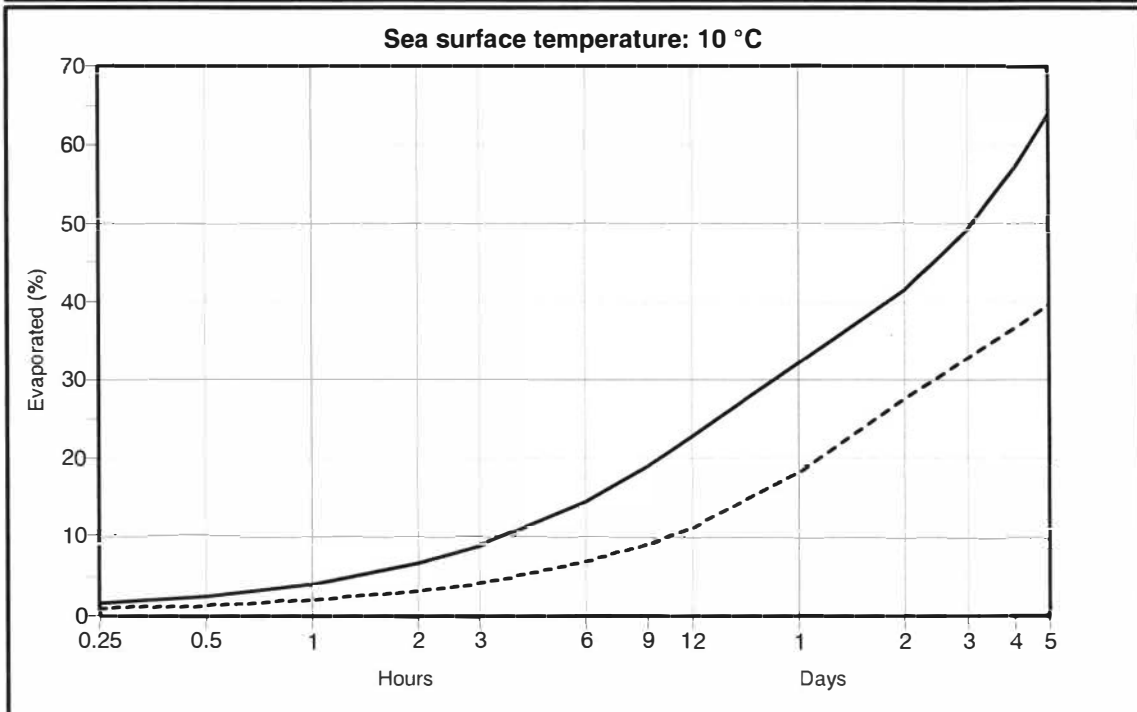
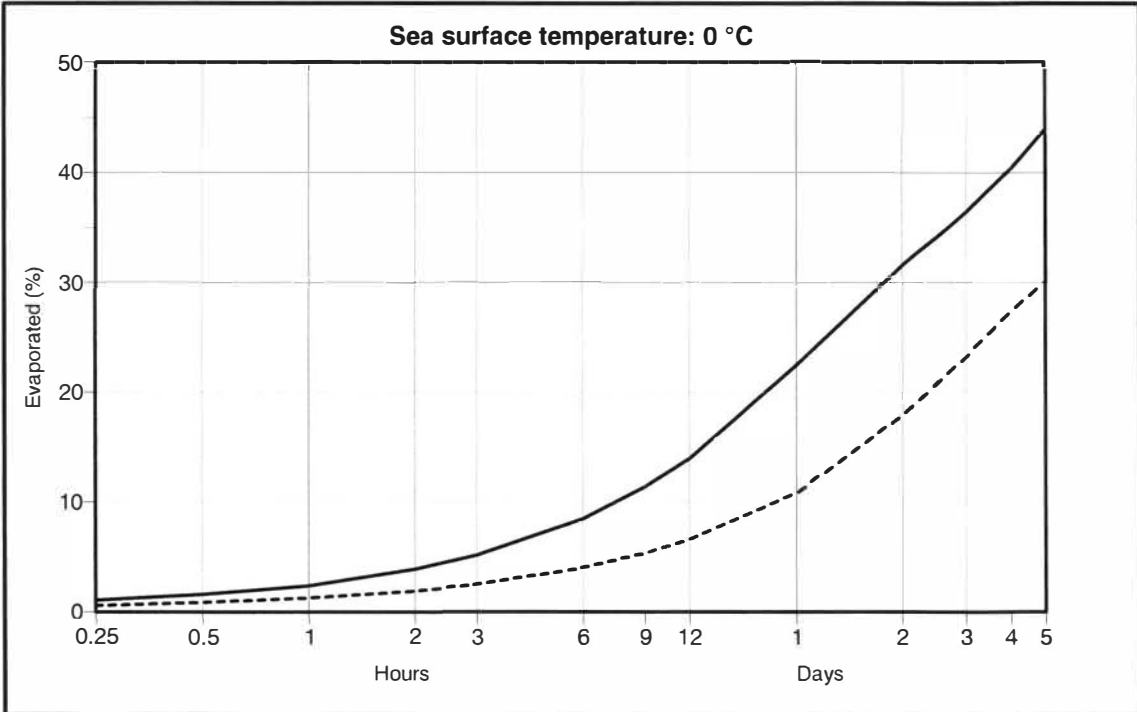


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 06, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5





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

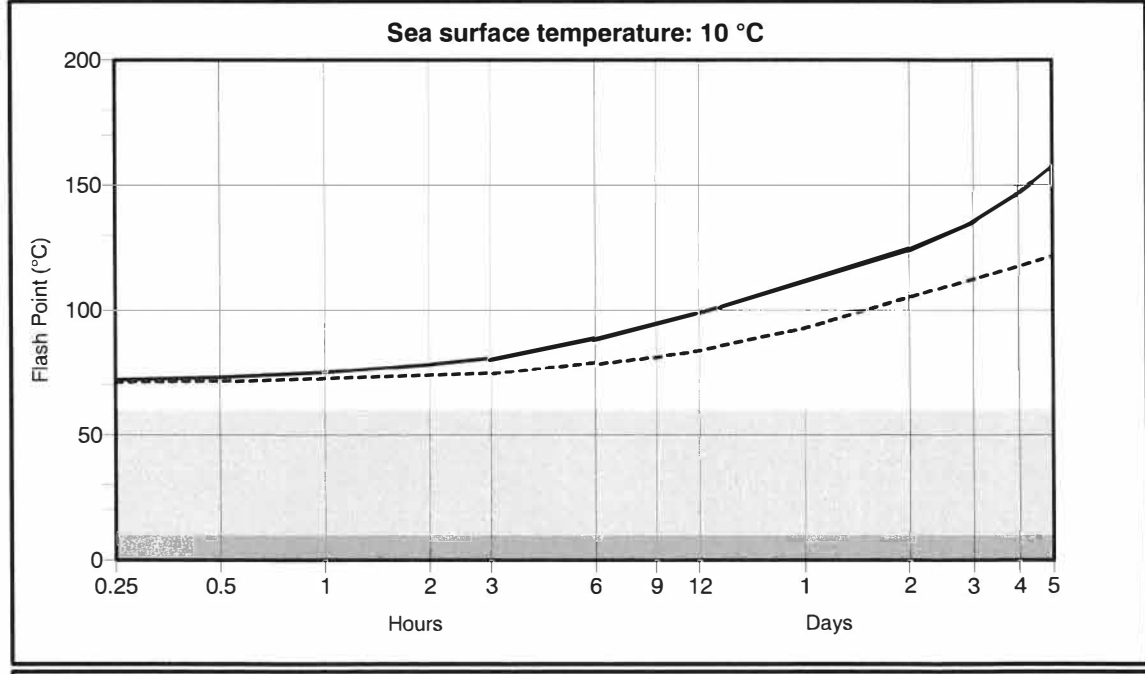
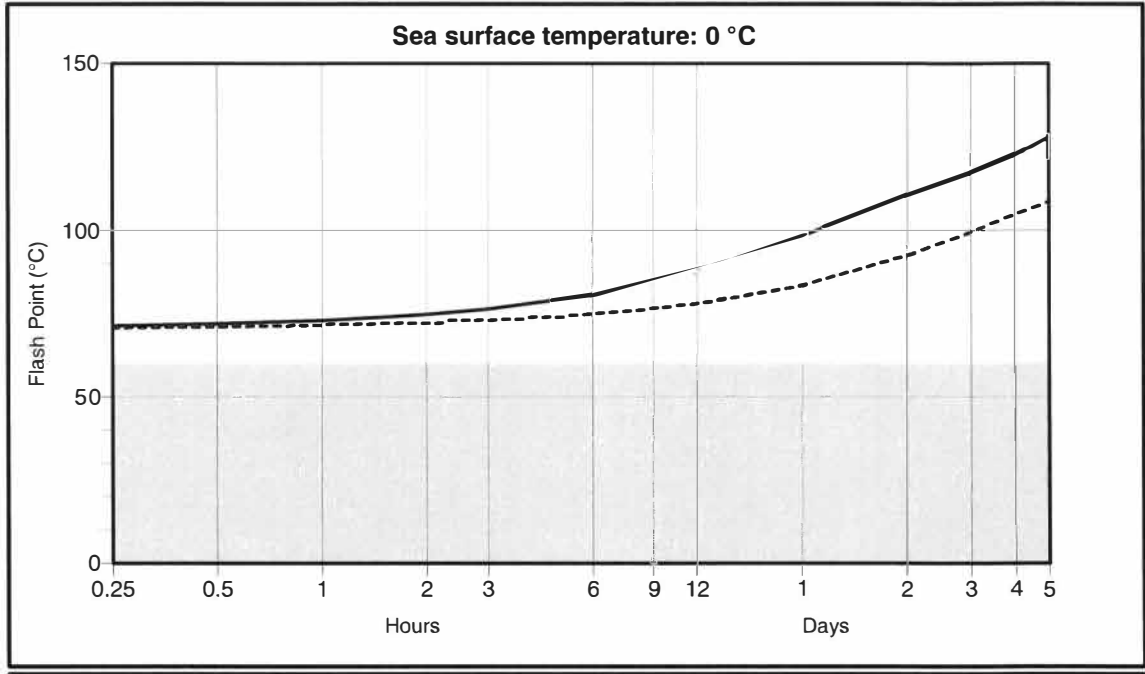


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 06, 2006

— Wind Speed (m/s): 10      □ No fire hazard  
 - - - Wind Speed (m/s): 5      ◻ 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: POUR POINT FOR WATER-FREE OIL**  
**Oil Type: MARINE DIESEL (IKU)**  
**Description:**  
**Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data**

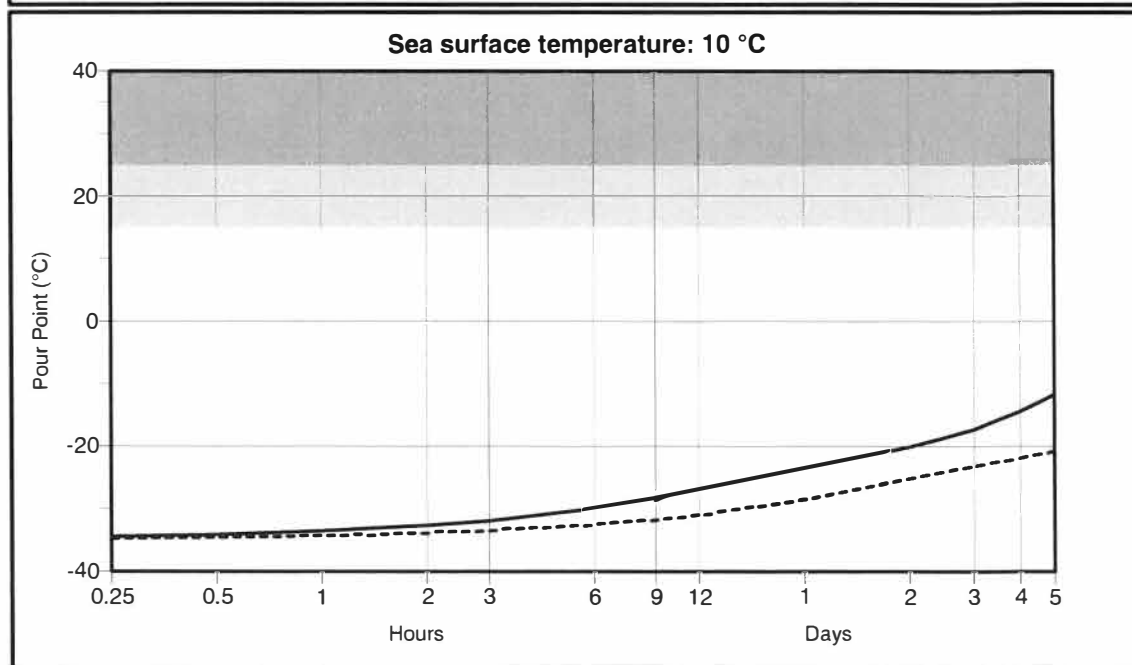
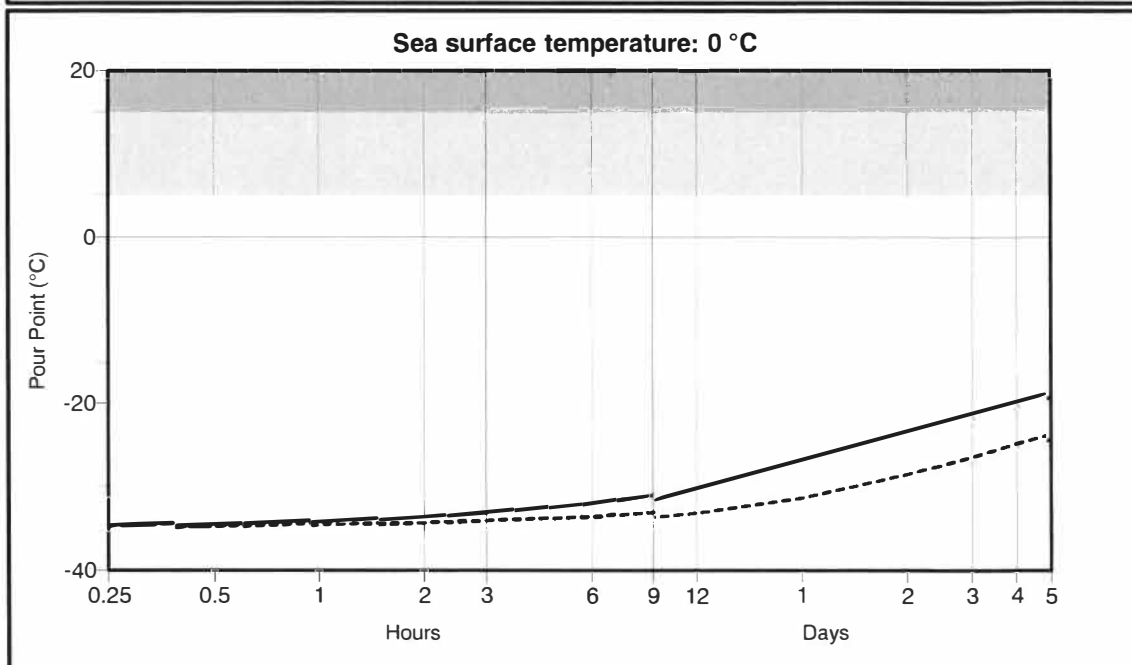


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 06, 2006

— Wind Speed (m/s): 10      □ Chemically dispersible  
 - - - Wind Speed (m/s): 5      □ Reduced chemical dispersibility  
    □ Poorly / slowly chemically dispersible



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

**Property: VISCOSITY FOR WATER-FREE OIL**  
**Oil Type: MARINE DIESEL (IKU)**  
**Description:**  
**Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data**

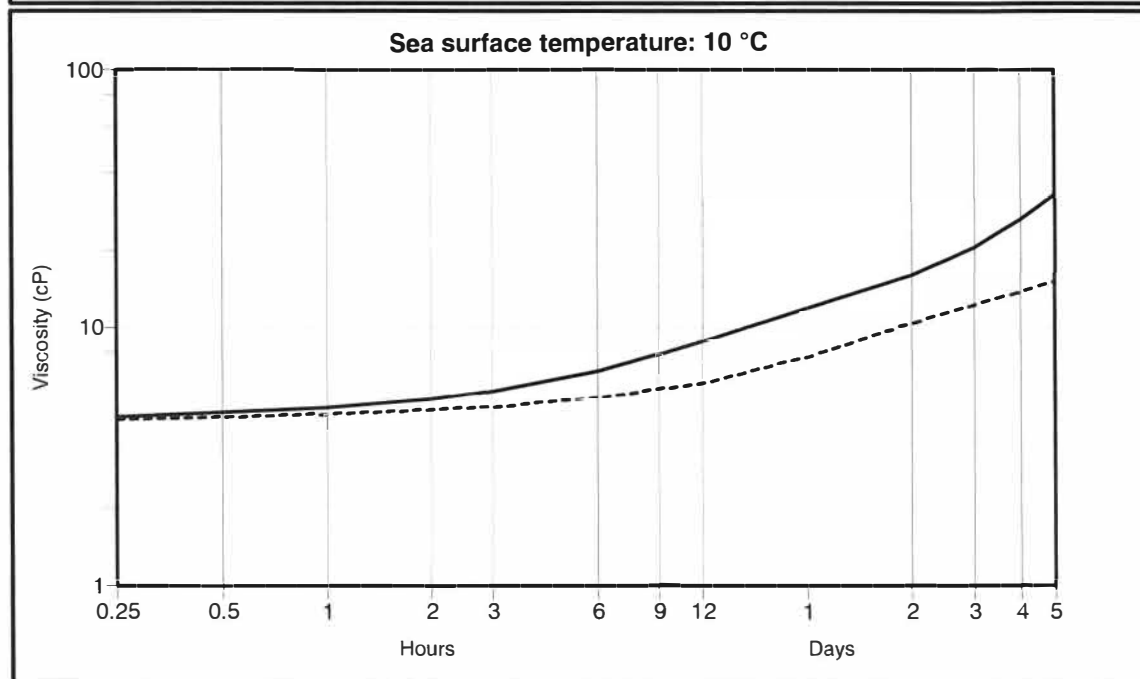
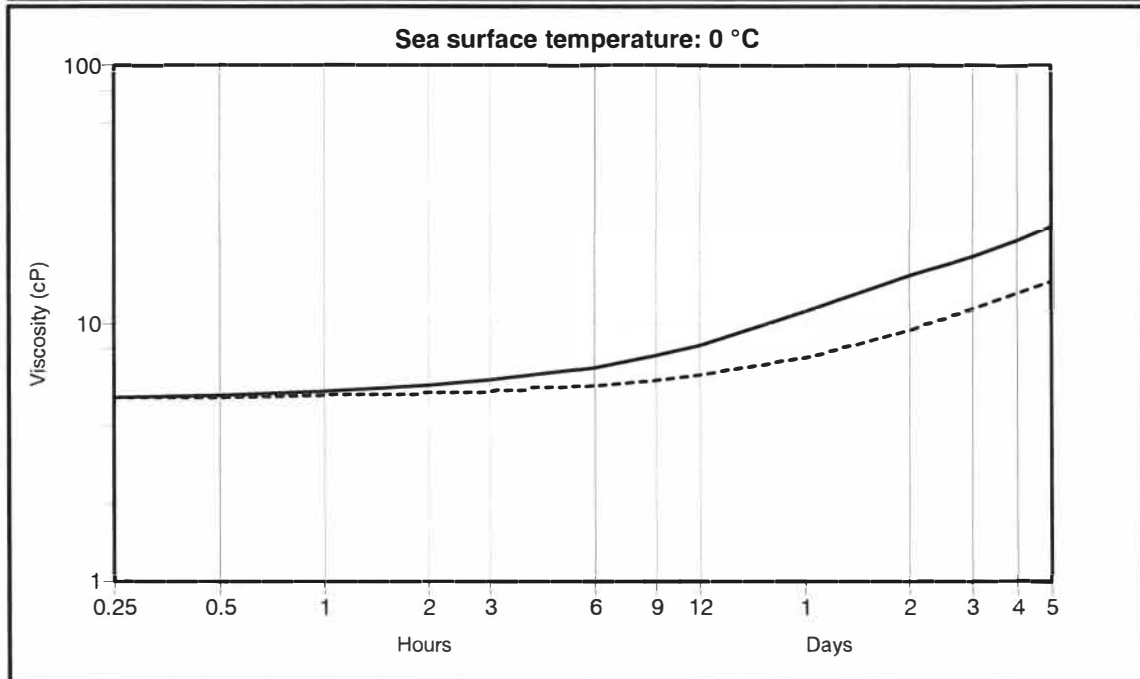


2.0  
© 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 06, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



Based on viscosity measurements carried out at a shear rate of 10 reciprocal seconds.

**Property: WATER CONTENT**  
**Oil Type: MARINE DIESEL (IKU)**  
**Description:**  
**Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data I**

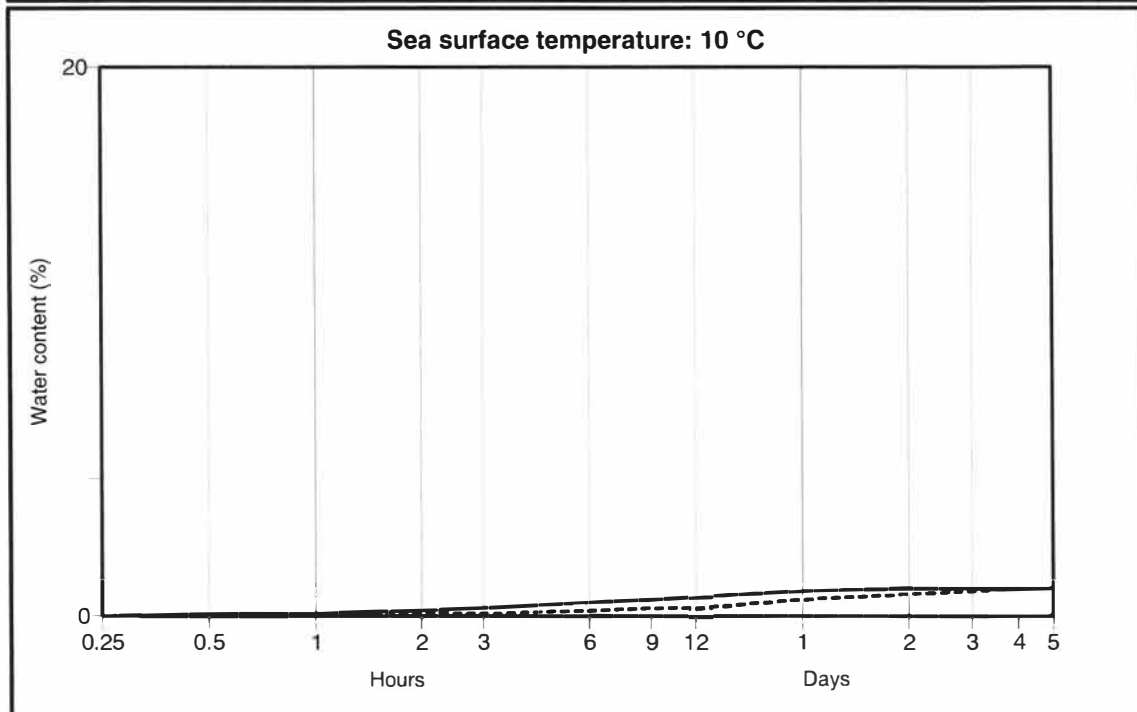
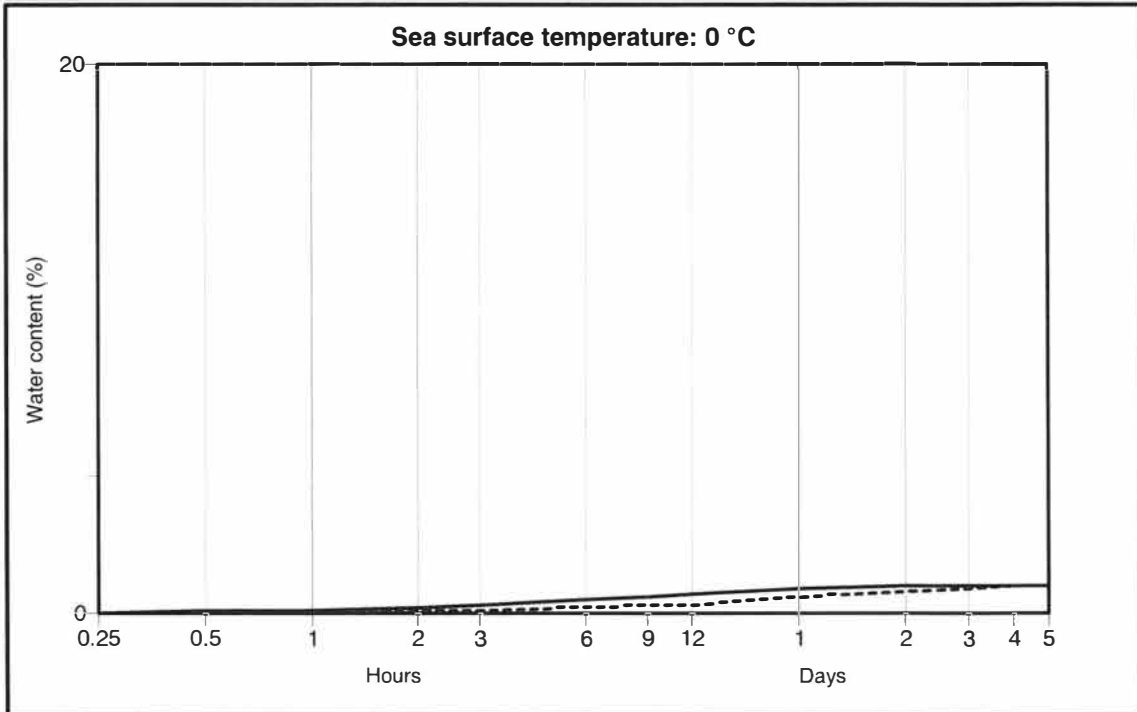


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 06, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



**Property: VISCOSITY OF EMULSION**  
**Oil Type: MARINE DIESEL (IKU)**  
**Description:**  
**Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data**

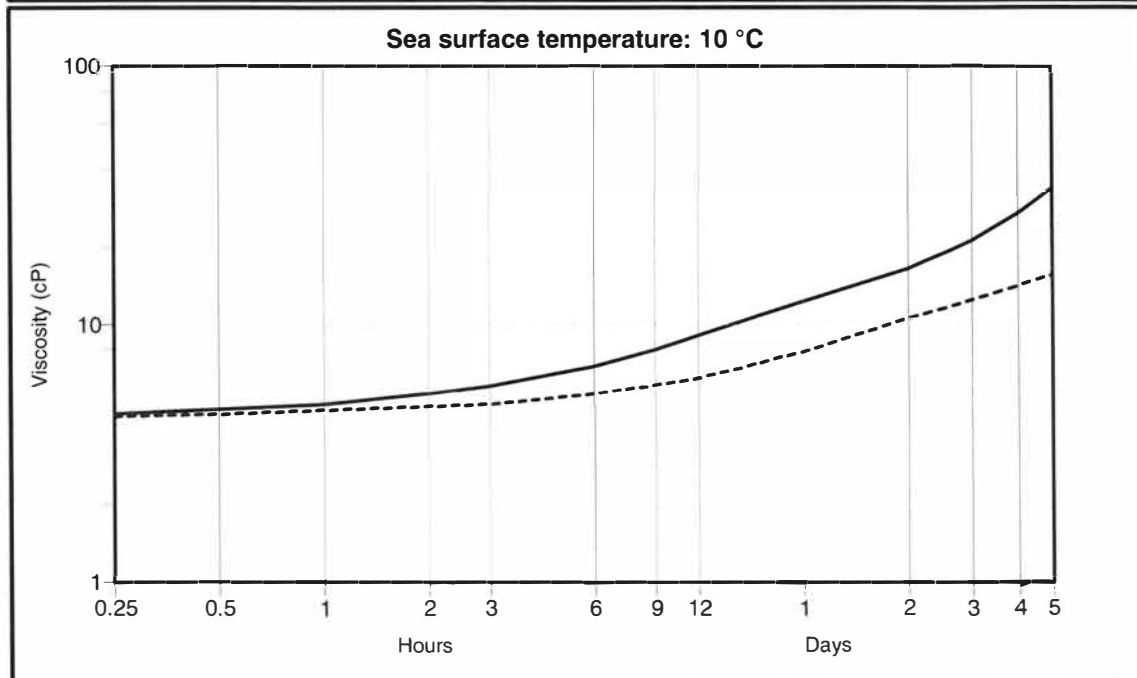
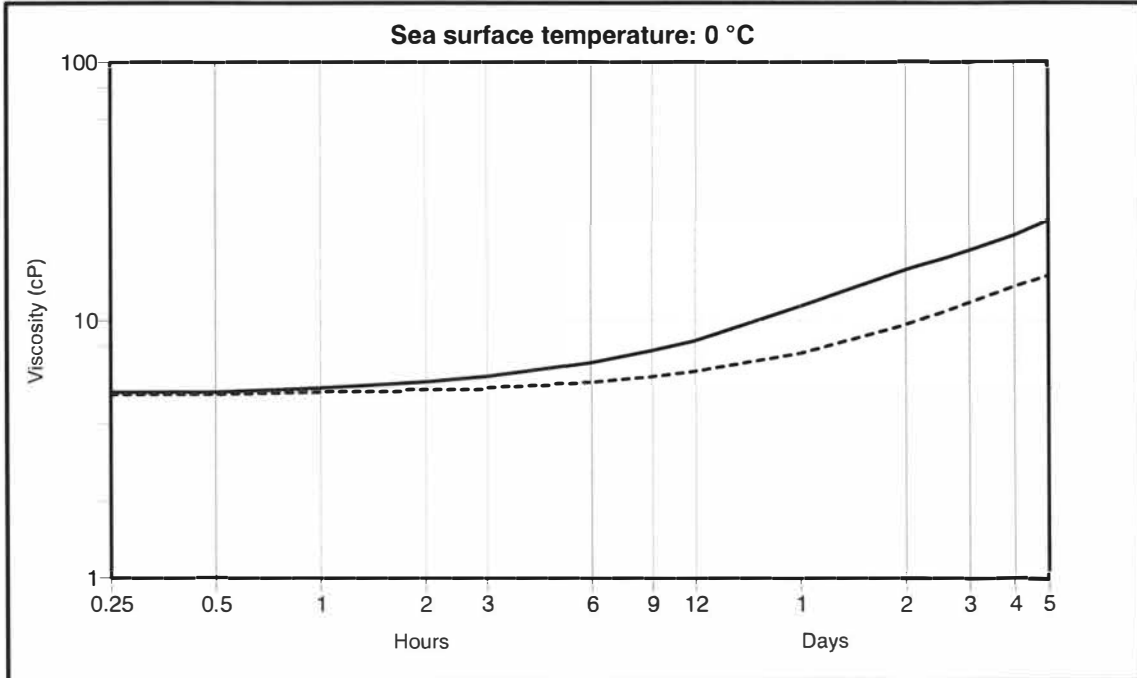


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 1 mm/0.05 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 06, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



Based on viscosity measurements carried out at a shear rate of 10 reciprocal seconds.

**Property: MASS BALANCE**  
**Oil Type: MARINE DIESEL (IKU)**  
**Description:**  
**Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data**

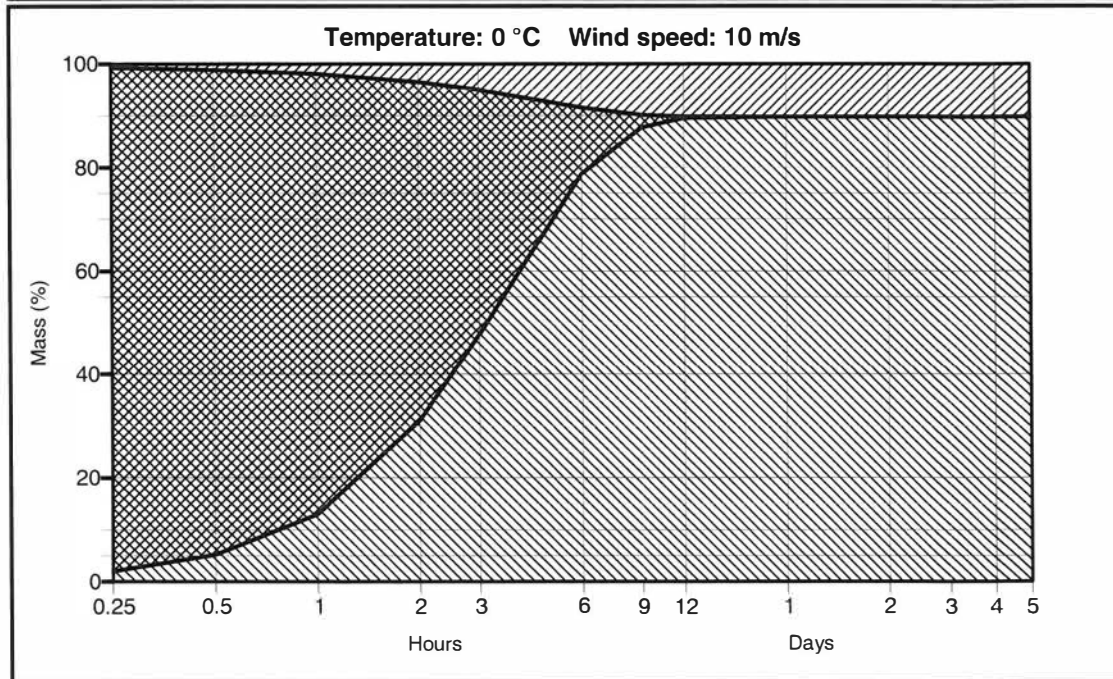
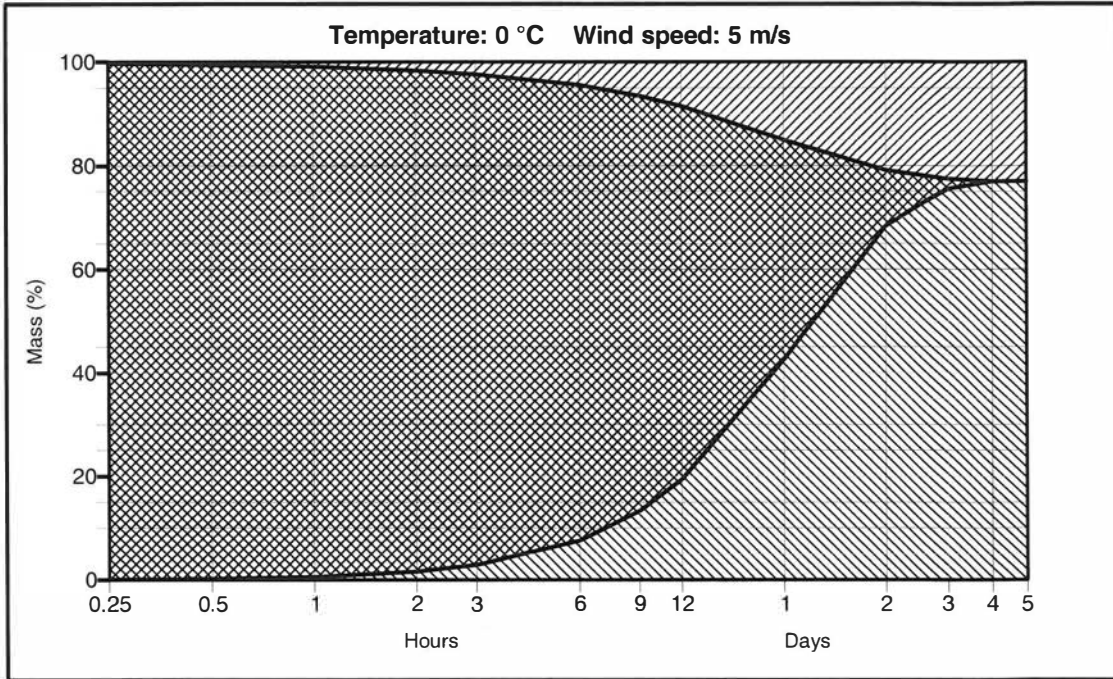


OWModel 3.0.1  
 © 2006

Surface release - Terminal Oil film thickness: 0.05 mm  
 Release rate/duration: 1.33 metric tons/minute for 15 minute(s)

Pred. date: Jun. 05, 2006

- Evaporated
- Surface
- Naturally dispersed






**Property: MASS BALANCE**  
**Oil Type: MARINE DIESEL (IKU)**  
**Description:**  
**Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data**

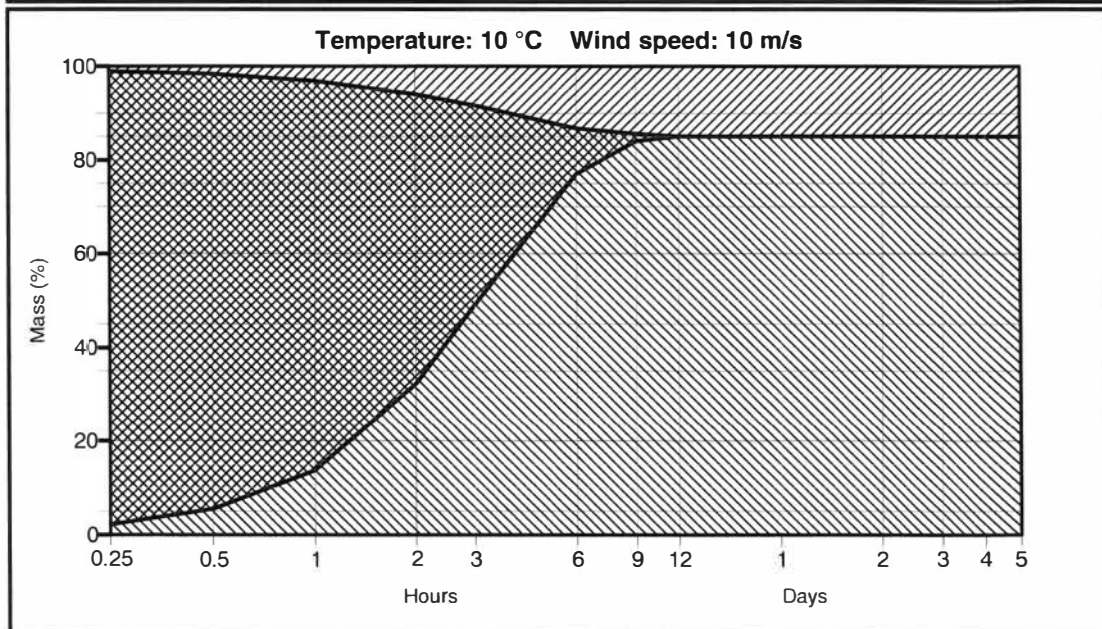
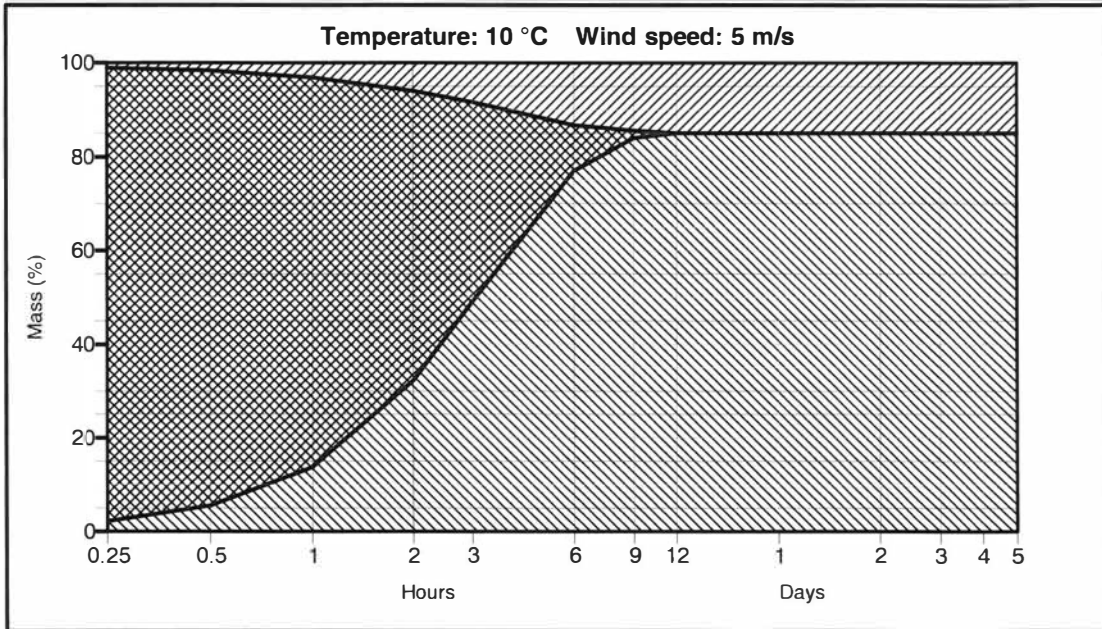


OWMModel 3.0.1  
 © 2006

Surface release - Terminal Oil film thickness: 0.05 mm  
 Release rate/duration: 1.33 metric tons/minute for 15 minute(s)

Pred. date: Jun. 05, 2006

 Evaporated  
 Surface  
 Naturally dispersed



The algorithm for prediction of natural dispersion is preliminary and is currently under improvement. Model predictions have been field-verified up to 4-5 days.

**Property: EVAPORATIVE LOSS**  
**Oil Type: IF-30 BUNKER (SINTEF)**  
**Description: UK-incident, March 26th., 1997**  
**Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data**

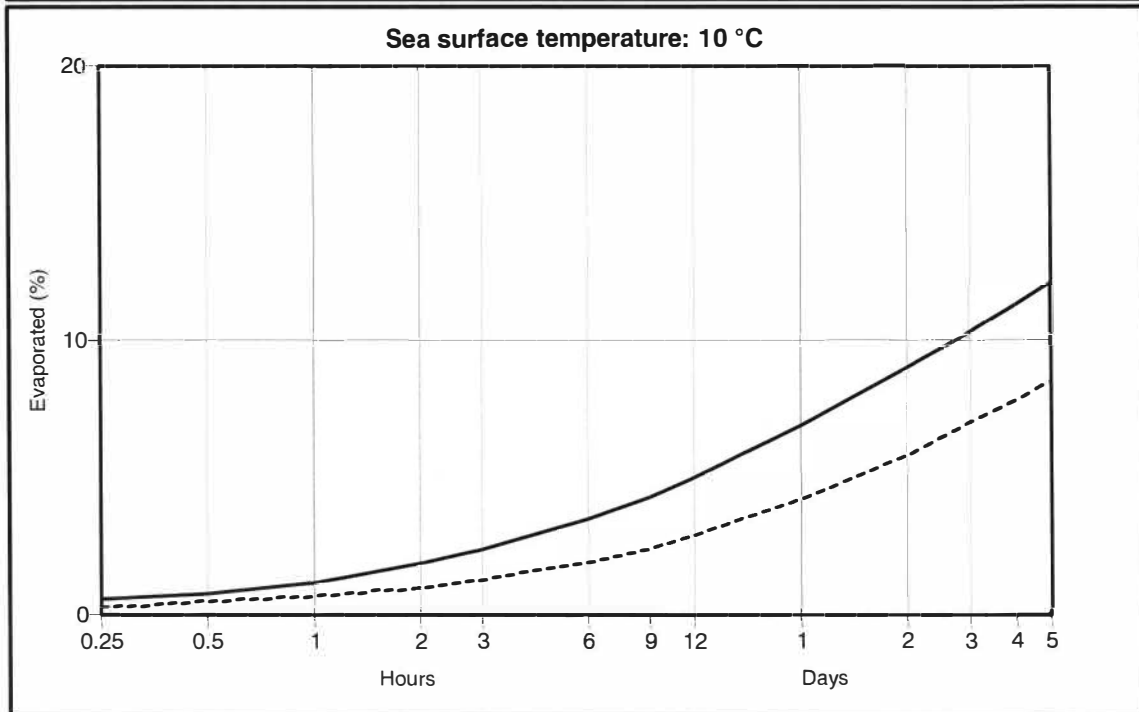
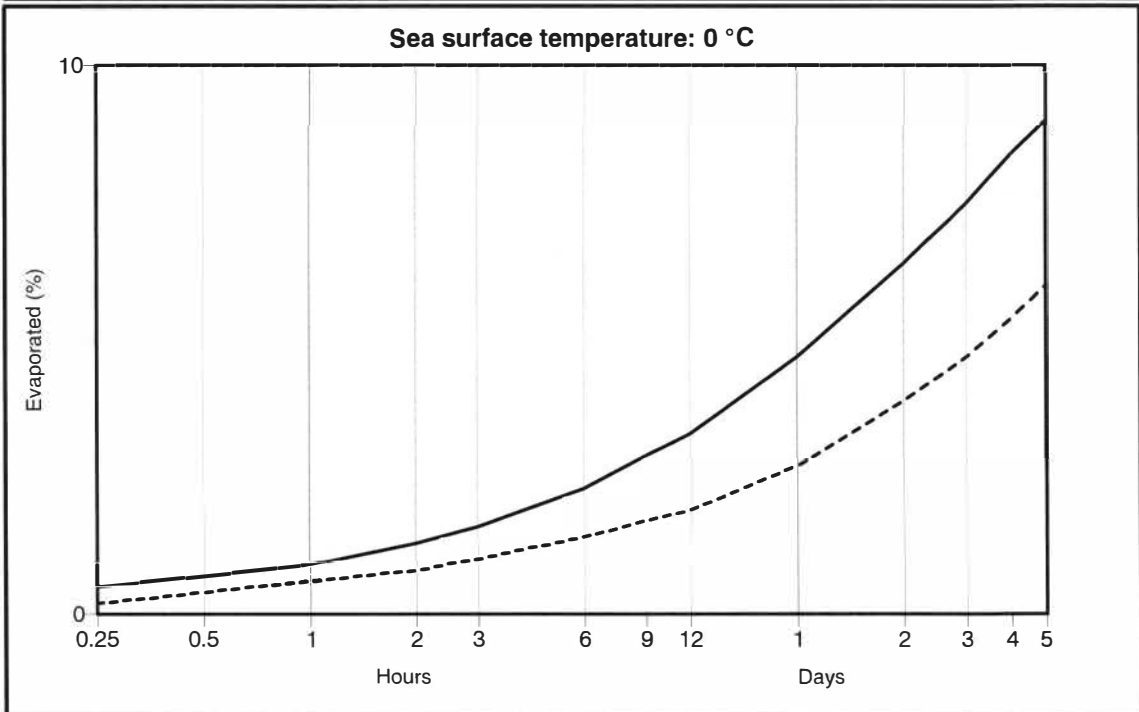


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 20 mm/2 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 04, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5





**Property: VISCOSITY FOR WATER-FREE OIL**  
**Oil Type: IF-30 BUNKER (SINTEF)**  
**Description: UK-incident, March 26th., 1997**  
**Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data**

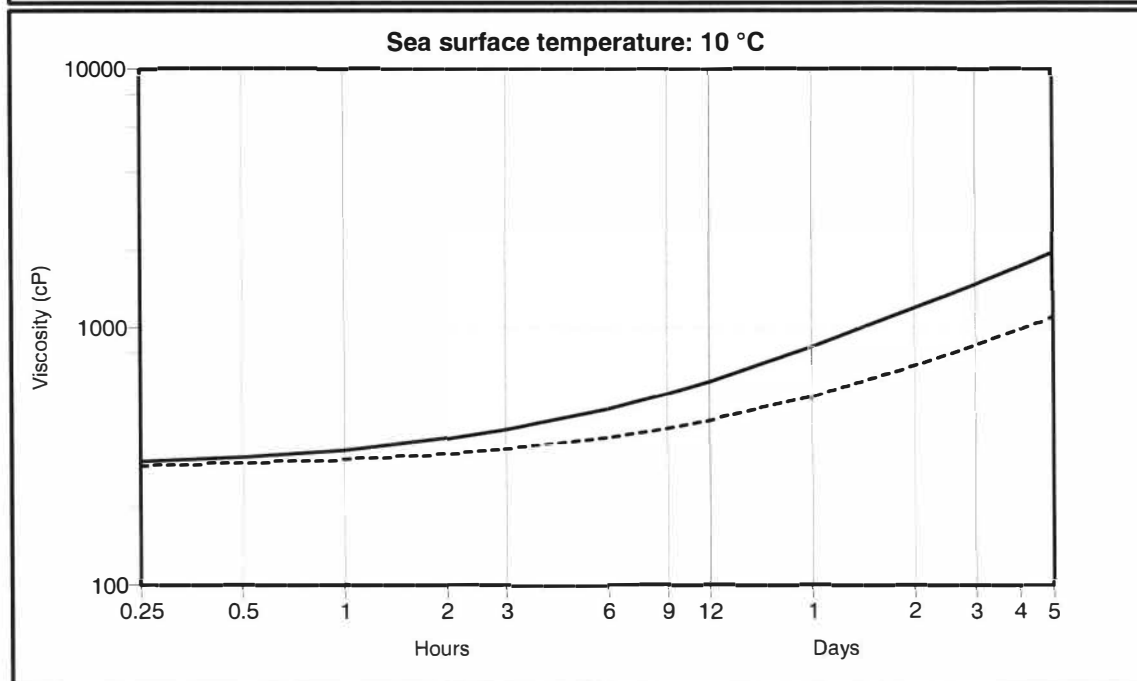
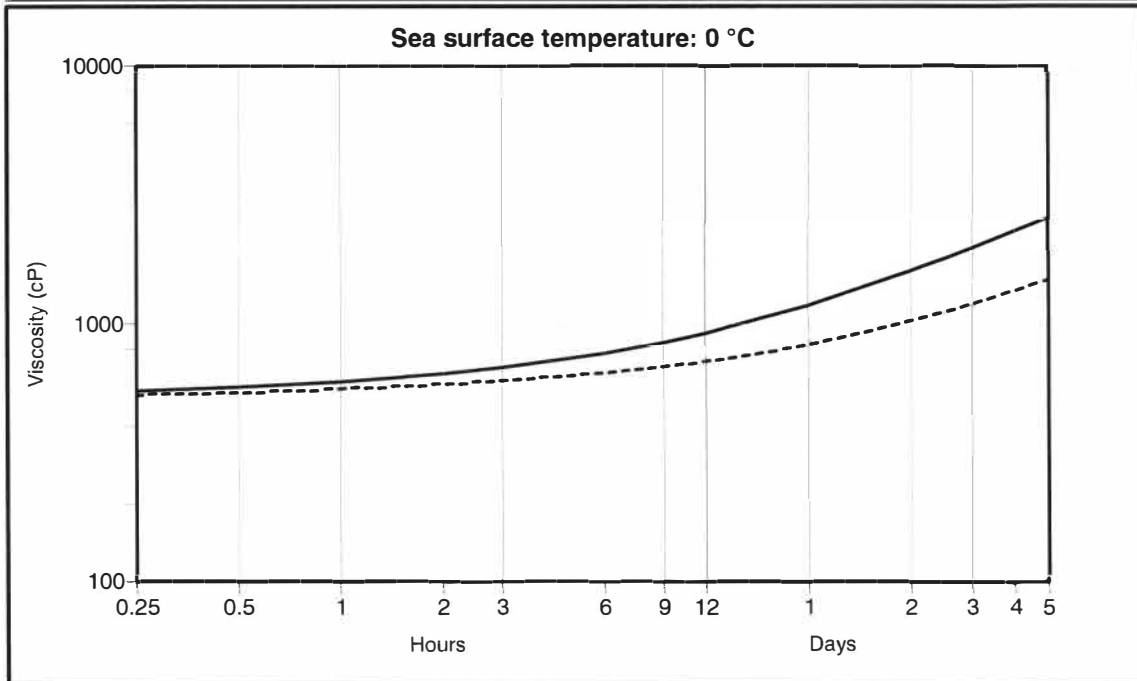


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 20 mm/2 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 04, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



Based on viscosity measurements carried out at a shear rate of 10 reciprocal seconds.

**Property: WATER CONTENT**  
**Oil Type: IF-30 BUNKER (SINTEF)**  
**Description: UK-incident, March 26th., 1997**  
**Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data**

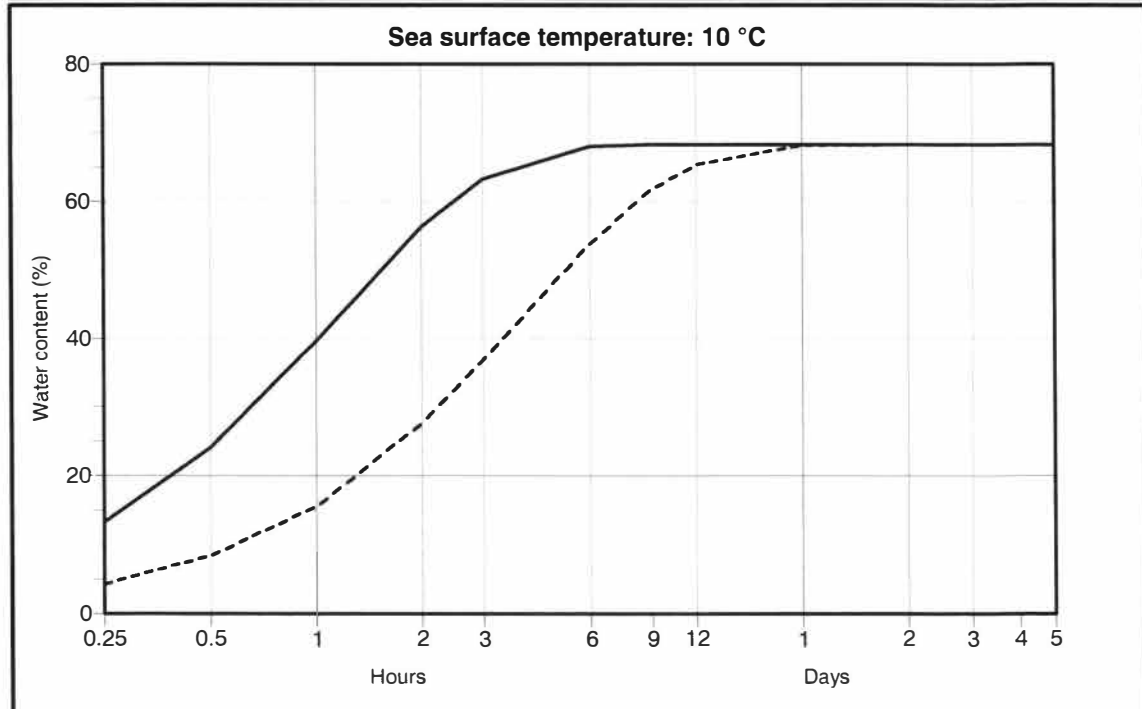
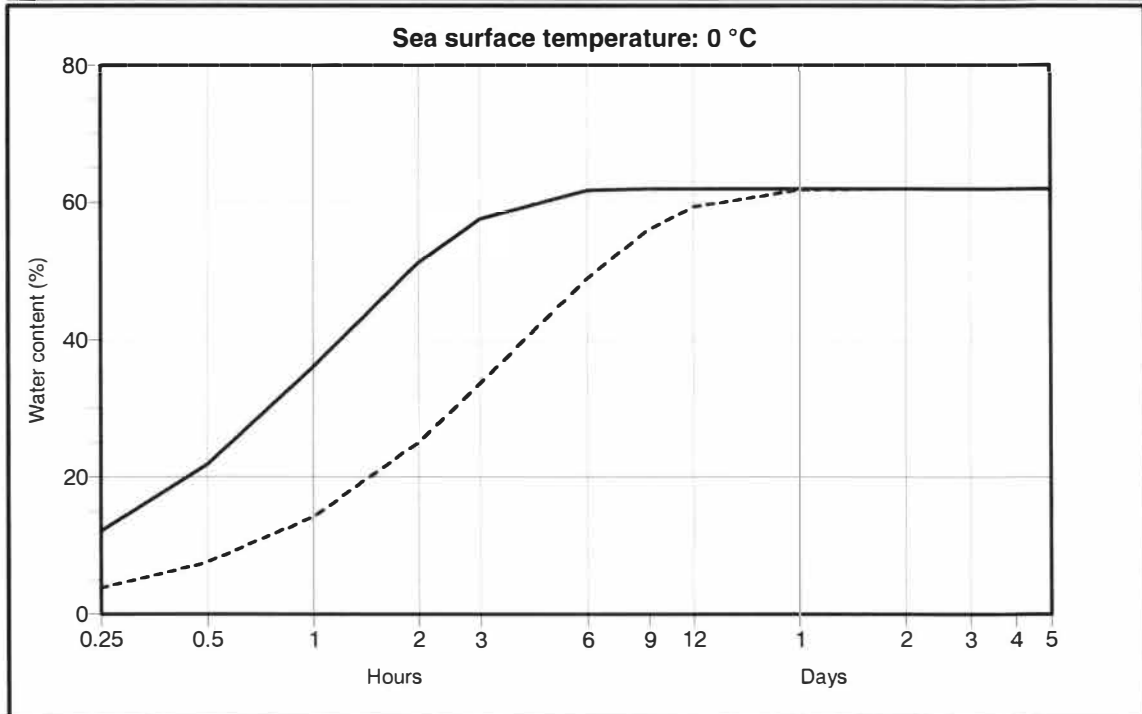


2.0  
© 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 20 mm/2 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 04, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



**Property: VISCOSITY OF EMULSION**  
**Oil Type: IF-30 BUNKER (SINTEF)**  
**Description: UK-incident, March 26th., 1997**  
**Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data**

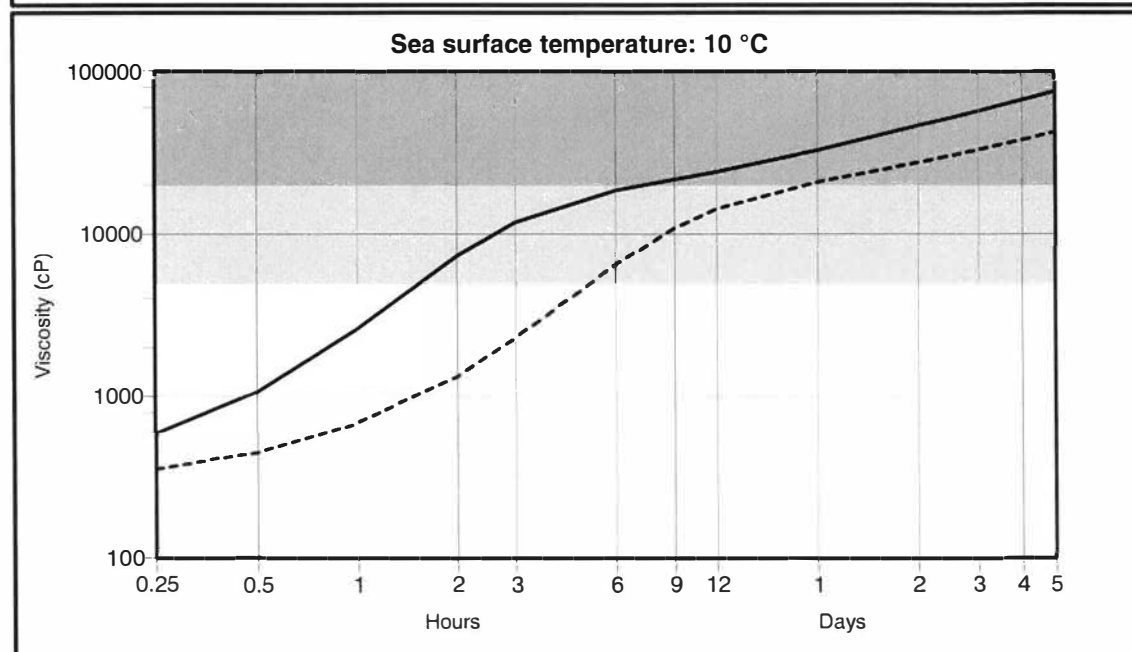
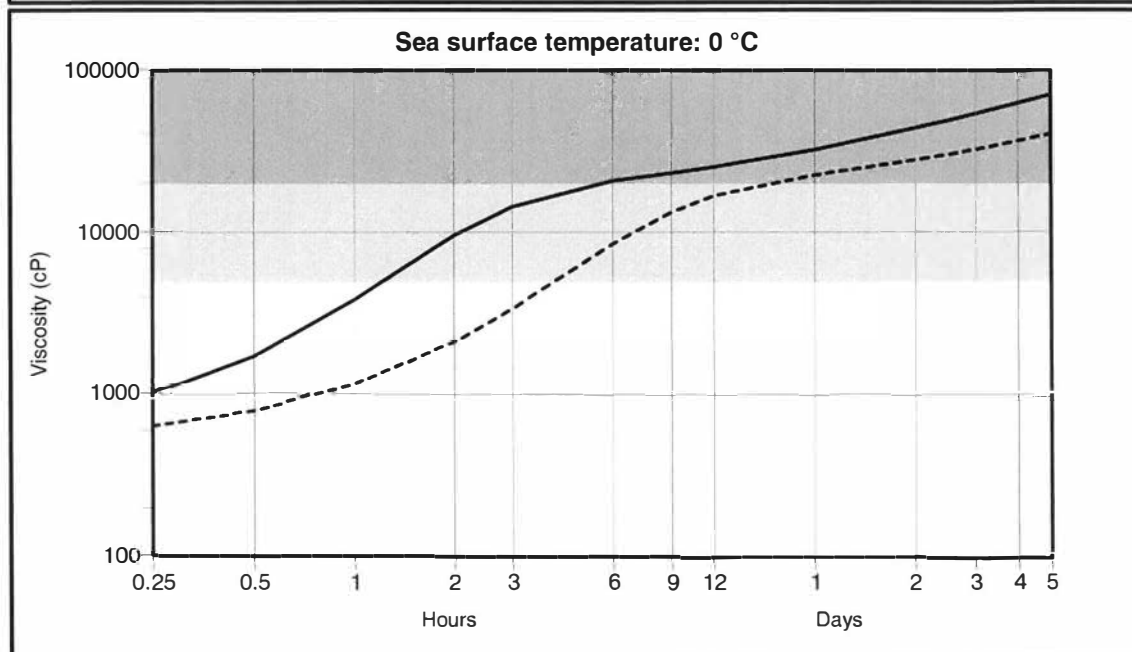


2.0  
© 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 20 mm/2 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 04, 2006

— Wind Speed (m/s): 10      □ Chemically dispersible (<5000 cP)  
 - - - Wind Speed (m/s): 5      ◻ Reduced chemical dispersibility  
    ◼ Poorly / slowly chemically dispersible (>20000 cP)



Based on viscosity measurements carried out at a shear rate of 10 reciprocal seconds.  
 Chemical dispersability information based on experiments under standard laboratory conditions.




**Property: MASS BALANCE**  
**Oil Type: IF-30 BUNKER (SINTEF)**  
**Description: UK-incident, March 26th., 1997**  
**Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data**

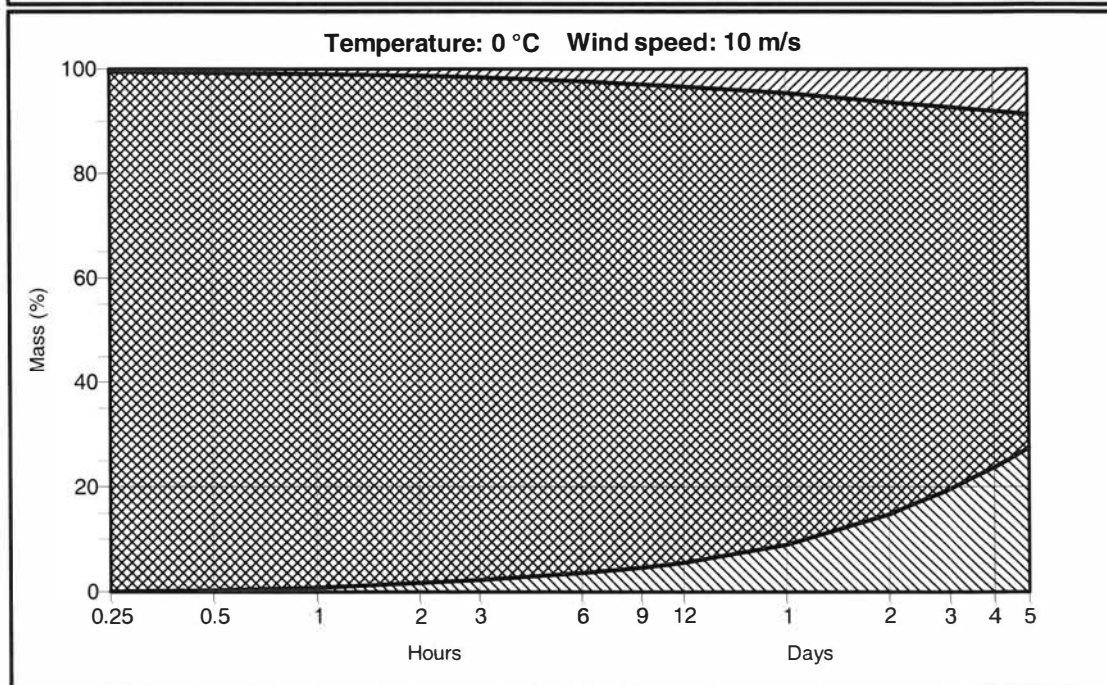
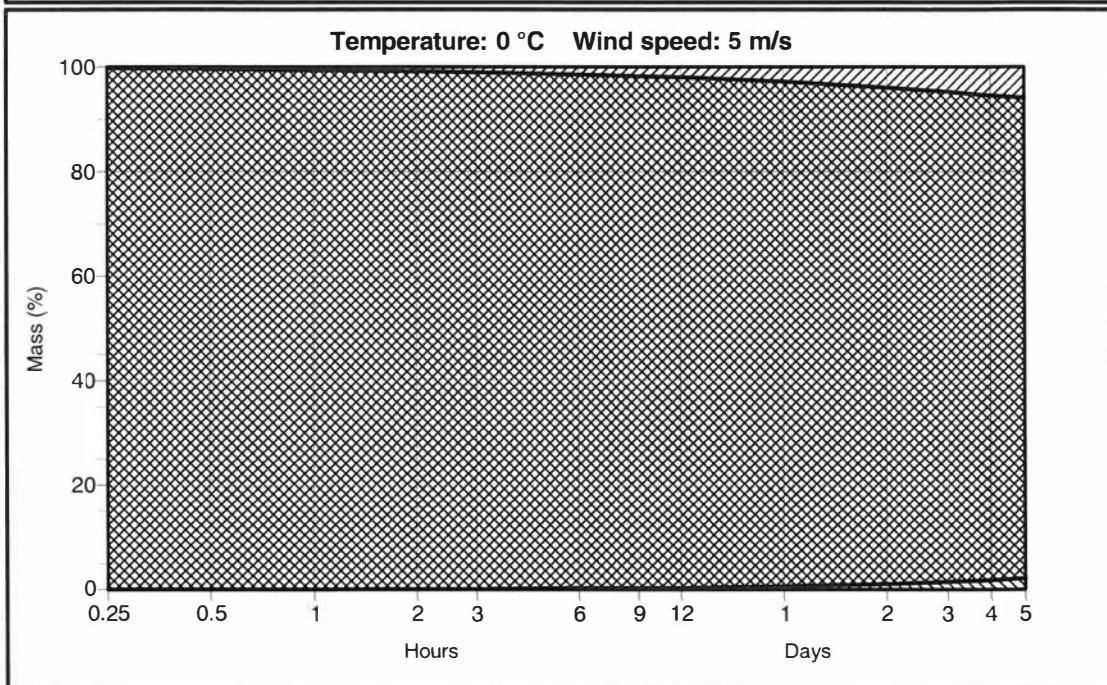


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 20 mm/2 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 04, 2006

-  Evaporated
-  Surface
-  Naturally dispersed






**Property: MASS BALANCE**  
**Oil Type: IF-30 BUNKER (SINTEF)**  
**Description: UK-incident, March 26th., 1997**  
**Data Source: IKU Petroleum Research (1991), Weathering data**

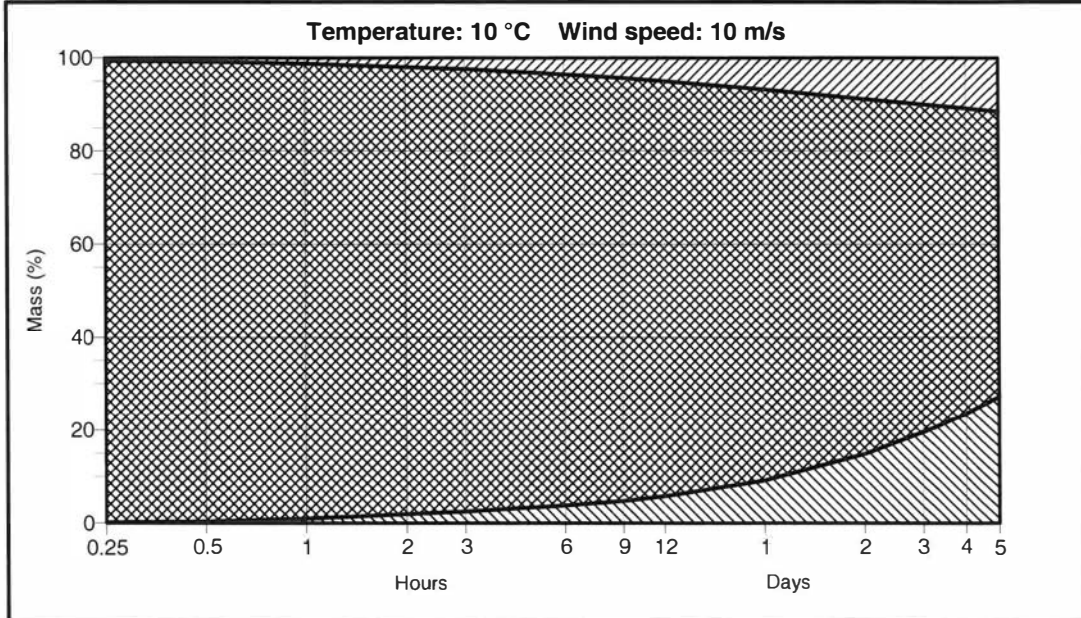
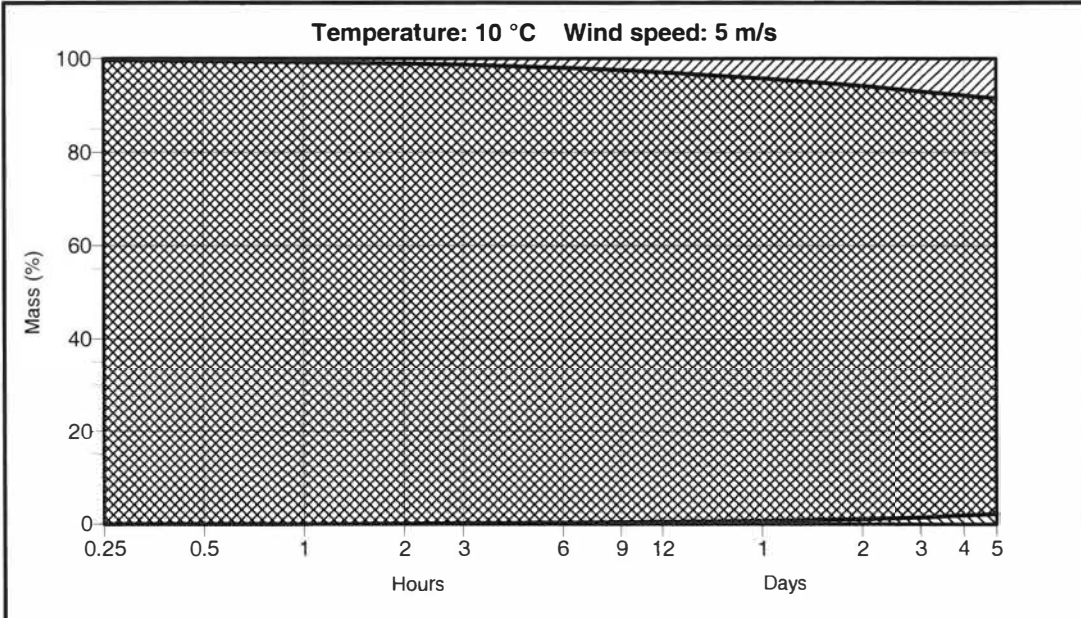


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 20 mm/2 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 04, 2006

-  Evaporated
-  Surface
-  Naturally dispersed



The algorithm for prediction of natural dispersion is preliminary and is currently under improvement. Model predictions have been field-verified up to 4-5 days.

**Property: EVAPORATIVE LOSS**  
**Oil Type: IFO 380 ROCKNES**  
**Description: Slagen HFO-370 + field samples**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2004), Weathering dat**

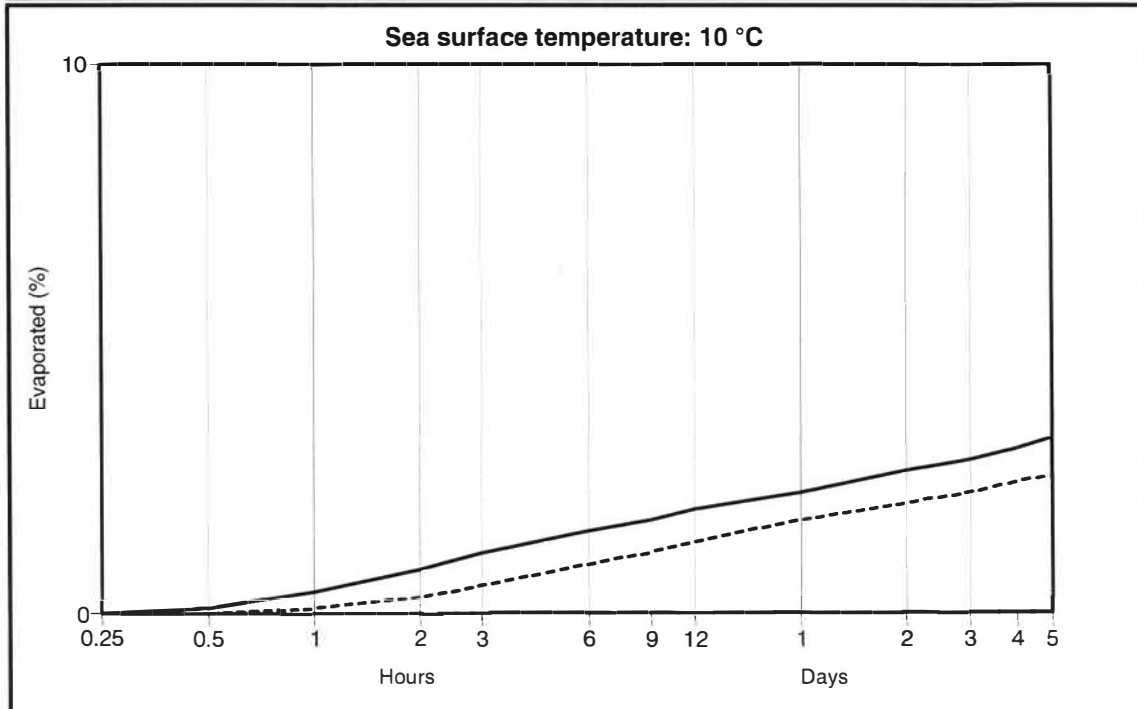
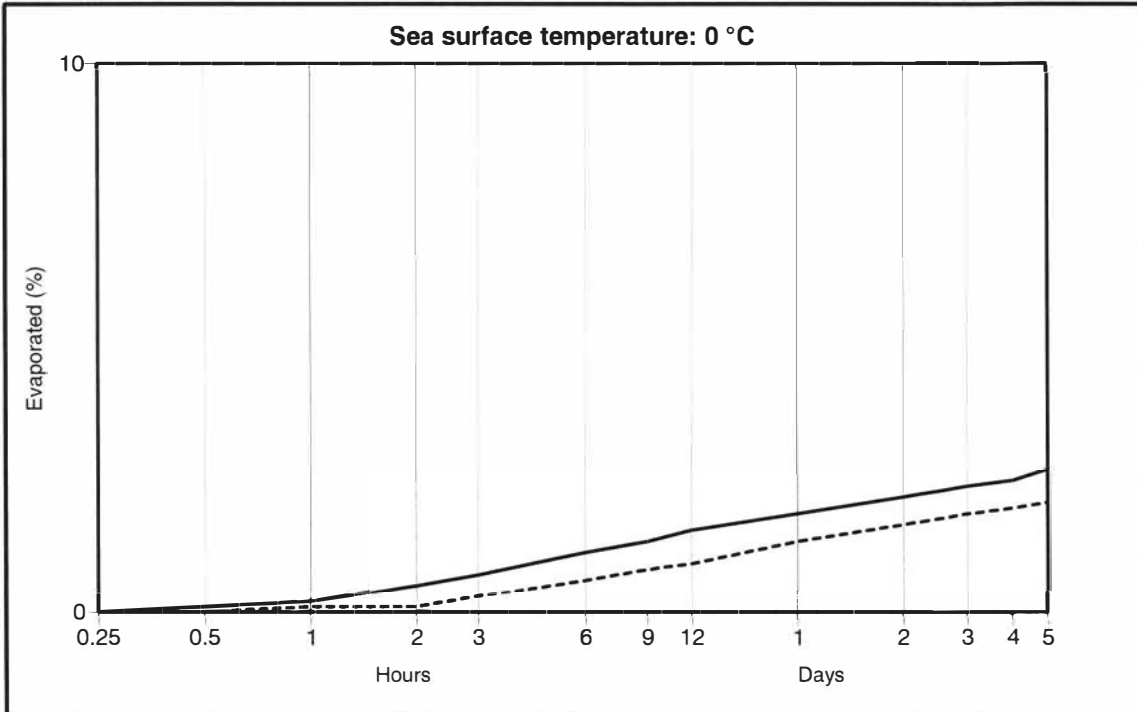


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 20 mm/2 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 06, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



**Property: FLASH POINT FOR WATER-FREE OIL**  
**Oil Type: IFO 380 ROCKNES**  
**Description: Slagen HFO-370 + field samples**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2004), Weathering dat**

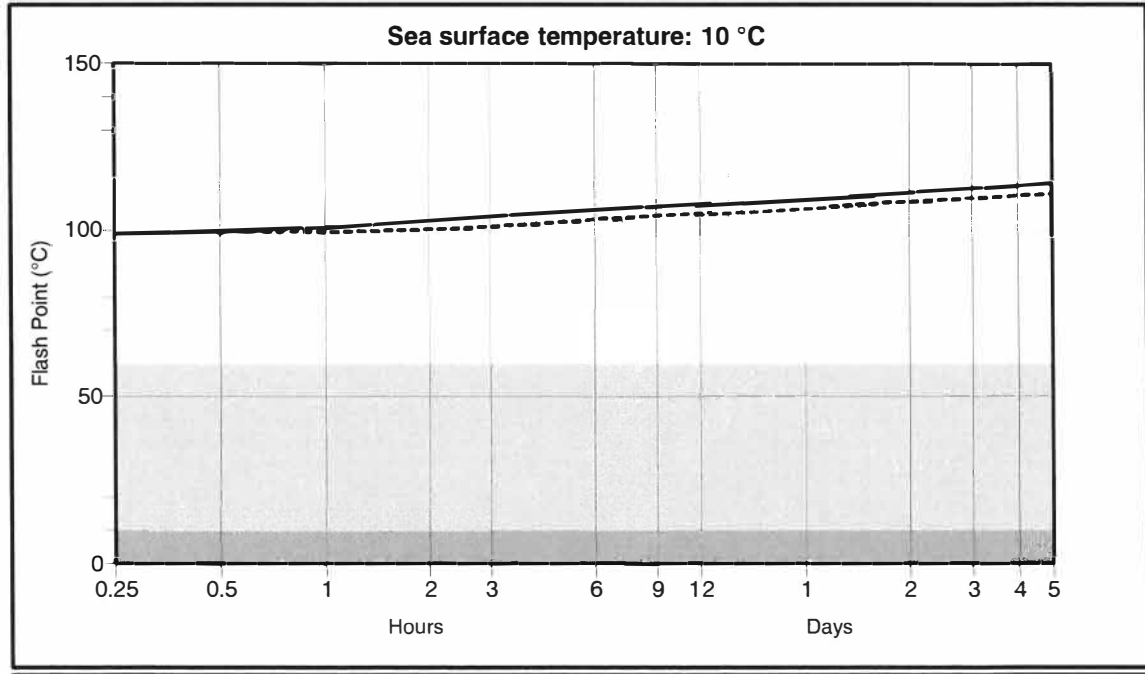
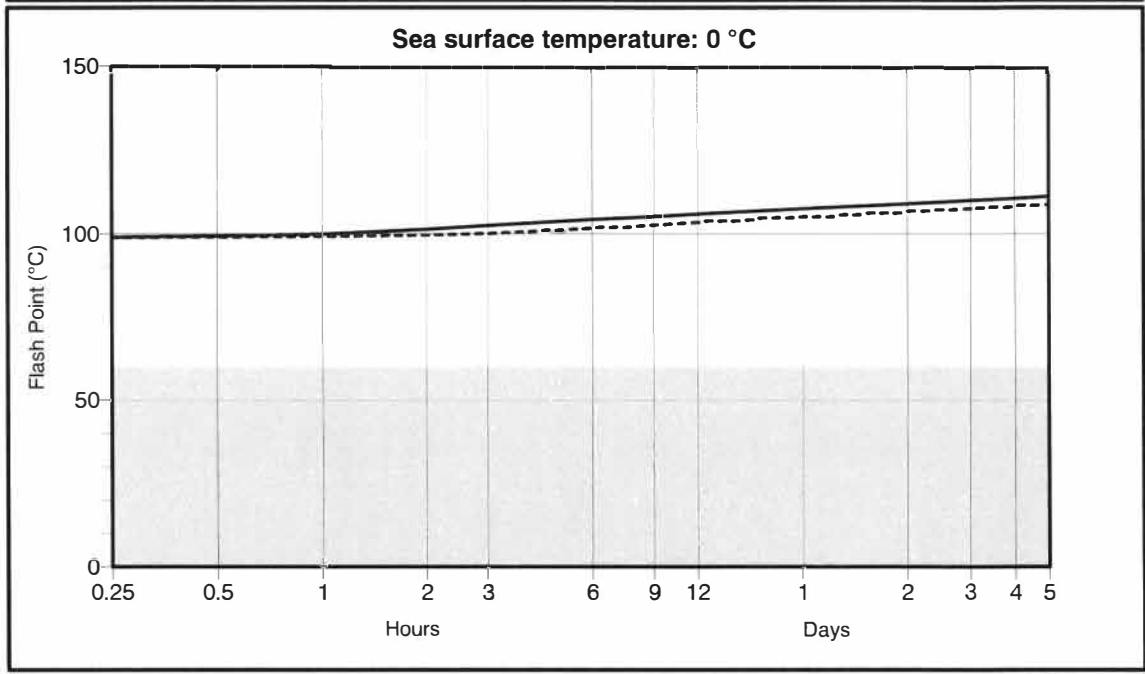


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 20 mm/2 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 06, 2006

— Wind Speed (m/s): 10      □ No fire hazard  
 - - - Wind Speed (m/s): 5      ◻ 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: POUR POINT FOR WATER-FREE OIL**  
**Oil Type: IFO 380 ROCKNES**  
**Description: Slagen HFO-370 + field samples**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2004), Weathering dat**

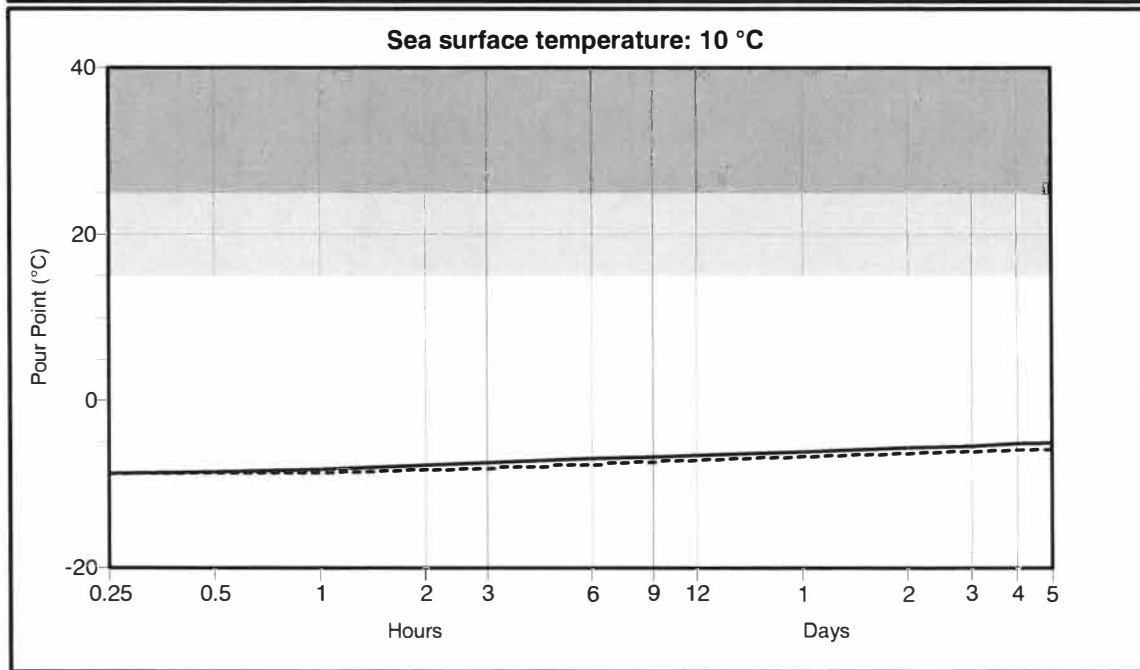
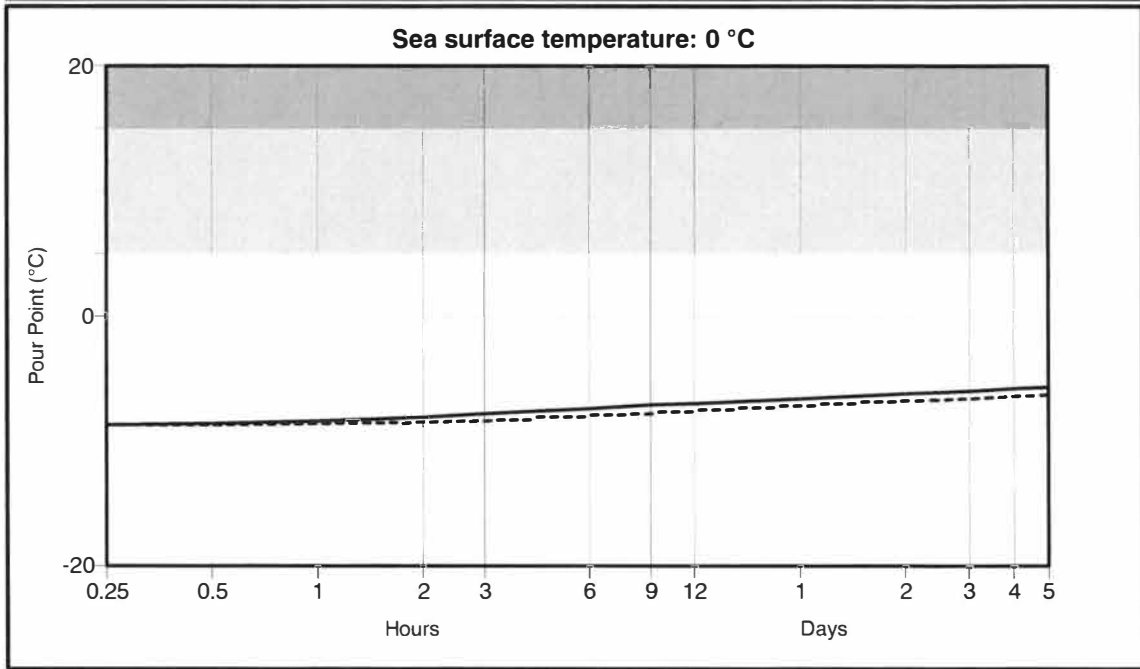


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 20 mm/2 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 06, 2006

— Wind Speed (m/s): 10      □ Chemically dispersible  
 - - - Wind Speed (m/s): 5      □ Reduced chemical dispersibility  
    □ Poorly / slowly chemically dispersible



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



**Property: VISCOSITY FOR WATER-FREE OIL**  
**Oil Type: IFO 380 ROCKNES**  
**Description: Slagen HFO-370 + field samples**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2004), Weathering dat**

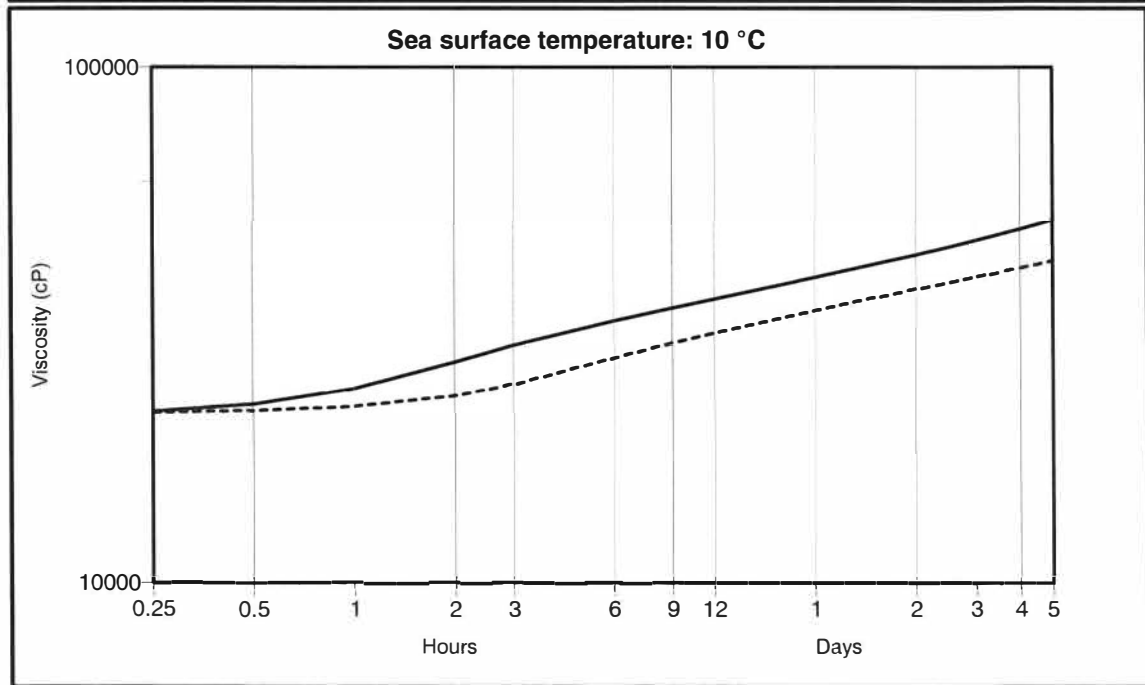
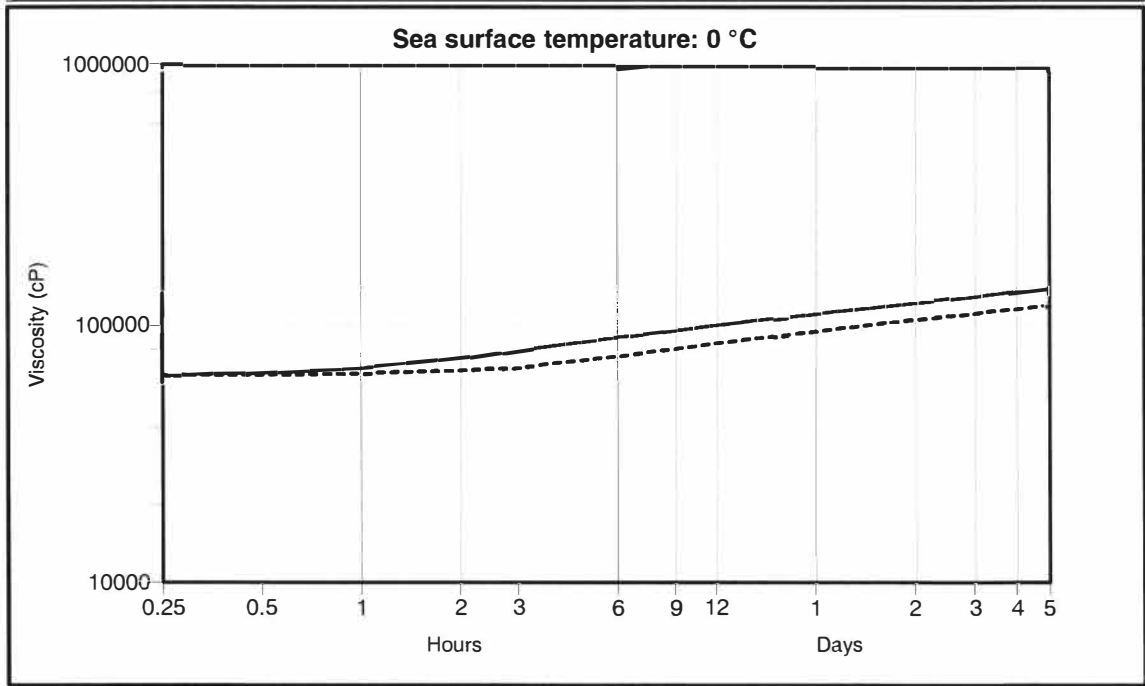


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 20 mm/2 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 06, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



Based on viscosity measurements carried out at a shear rate of 10 reciprocal seconds.

**Property: WATER CONTENT**  
**Oil Type: IFO 380 ROCKNES**  
**Description: Slagen HFO-370 + field samples**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2004), Weathering dat**

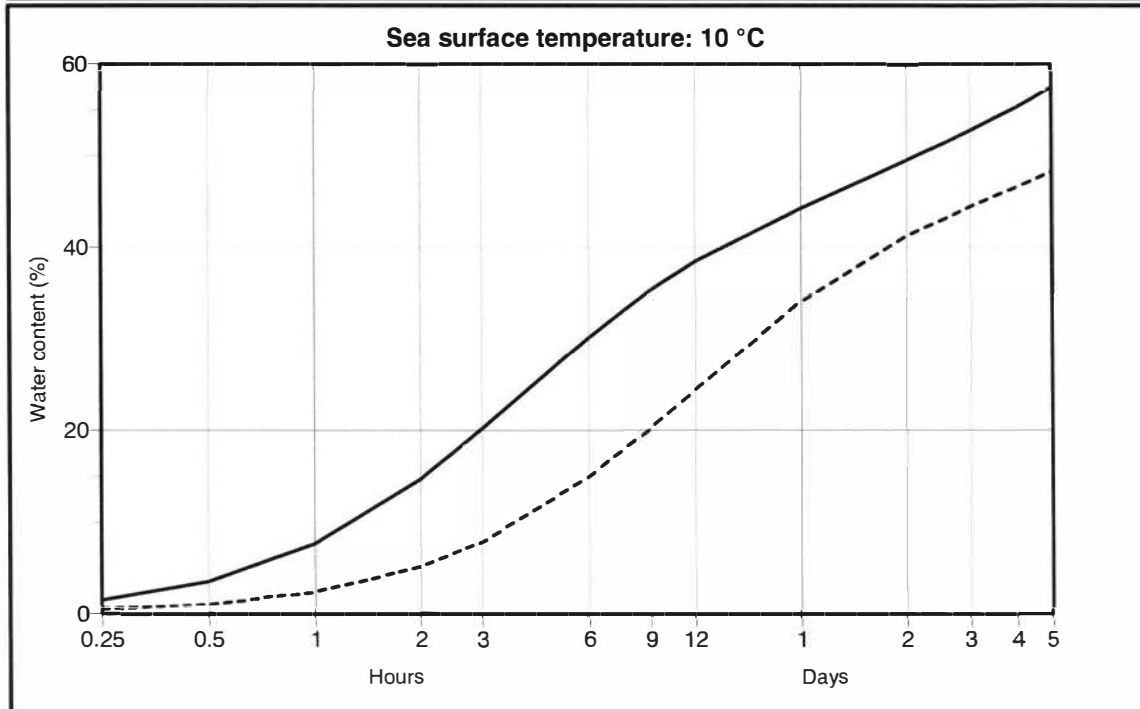
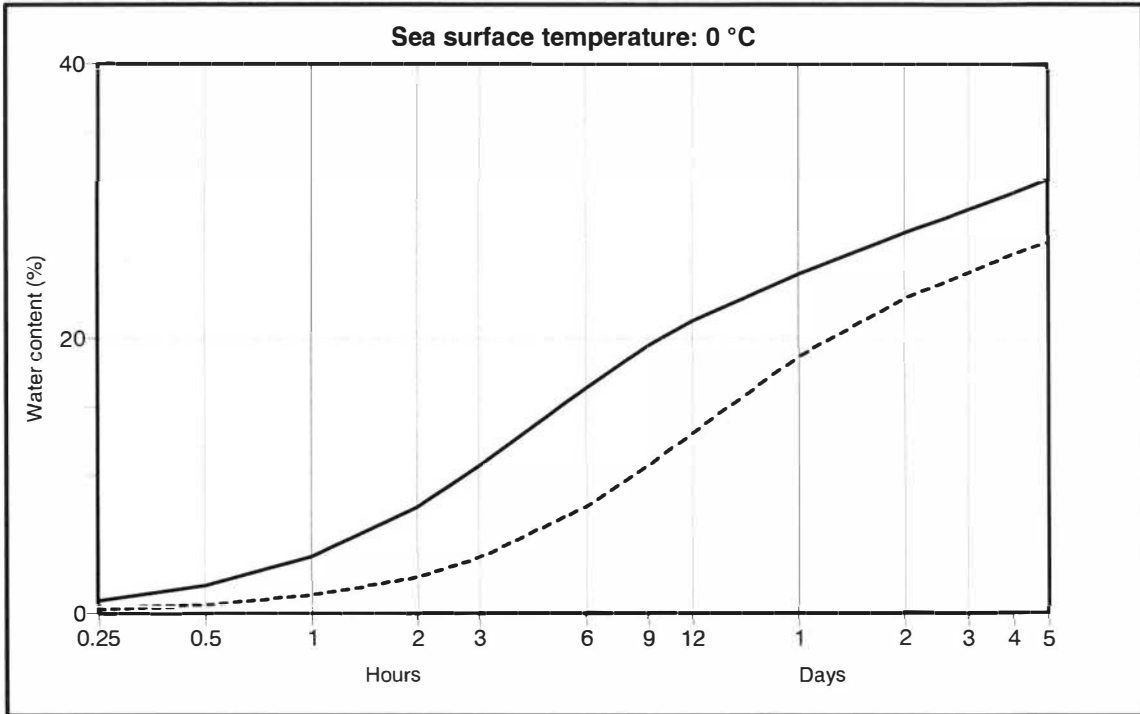


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 20 mm/2 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 06, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



**Property: VISCOSITY OF EMULSION**  
**Oil Type: IFO 380 ROCKNES**  
**Description: Slagen HFO-370 + field samples**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2004), Weathering dat**

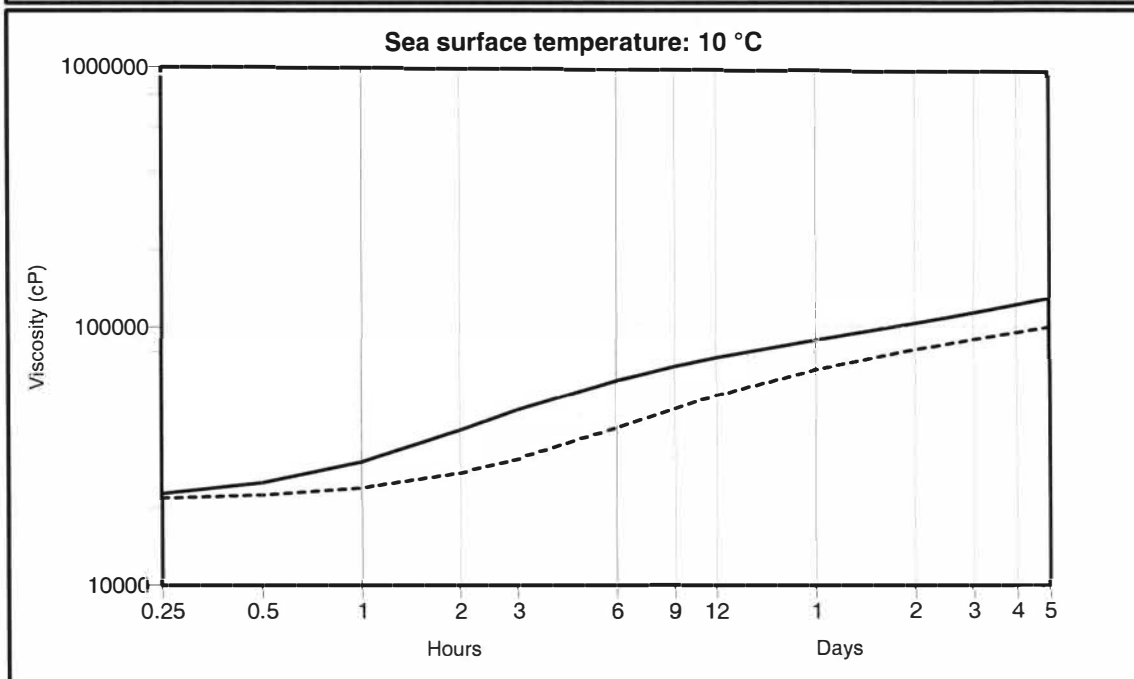
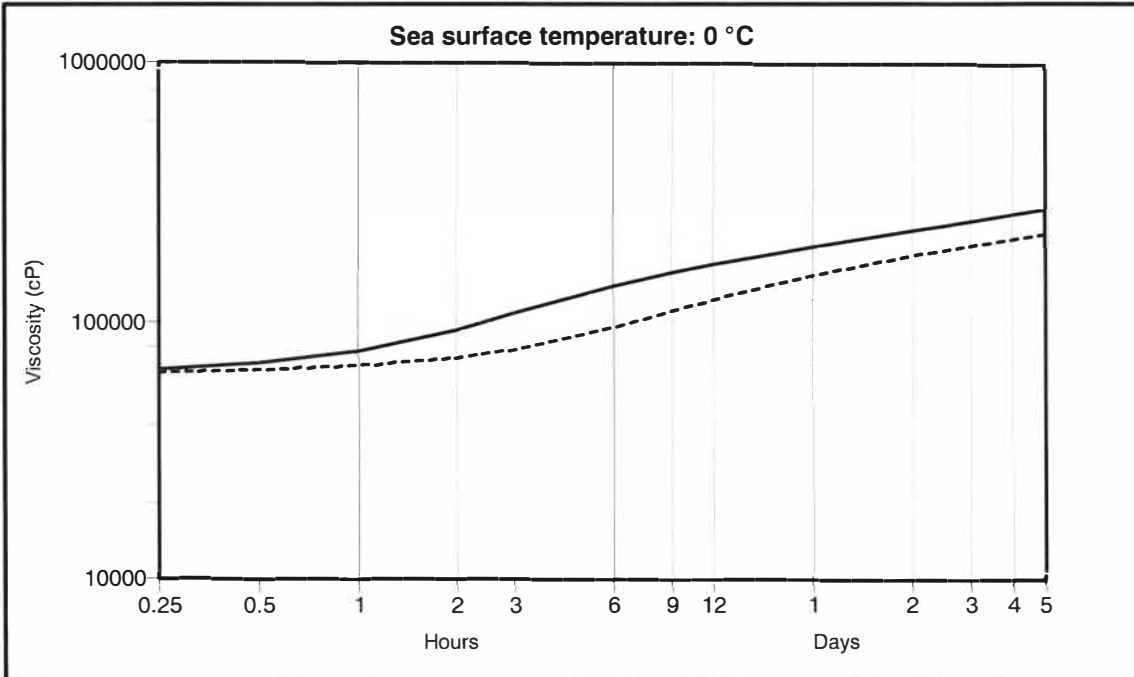


2.0  
 © 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 20 mm/2 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 06, 2006

— Wind Speed (m/s): 10  
 - - - Wind Speed (m/s): 5



Based on viscosity measurements carried out at a shear rate of 10 reciprocal seconds.




**Property: MASS BALANCE**  
**Oil Type: IFO 380 ROCKNES**  
**Description: Slagen HFO-370 + field samples**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2004), Weathering dat**

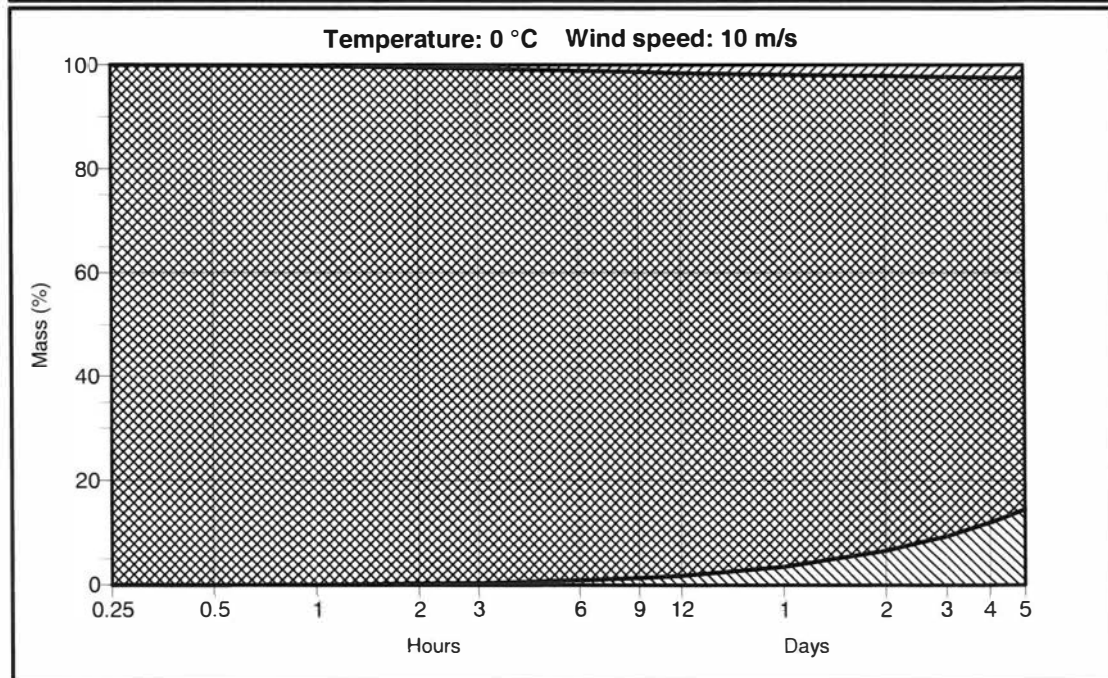
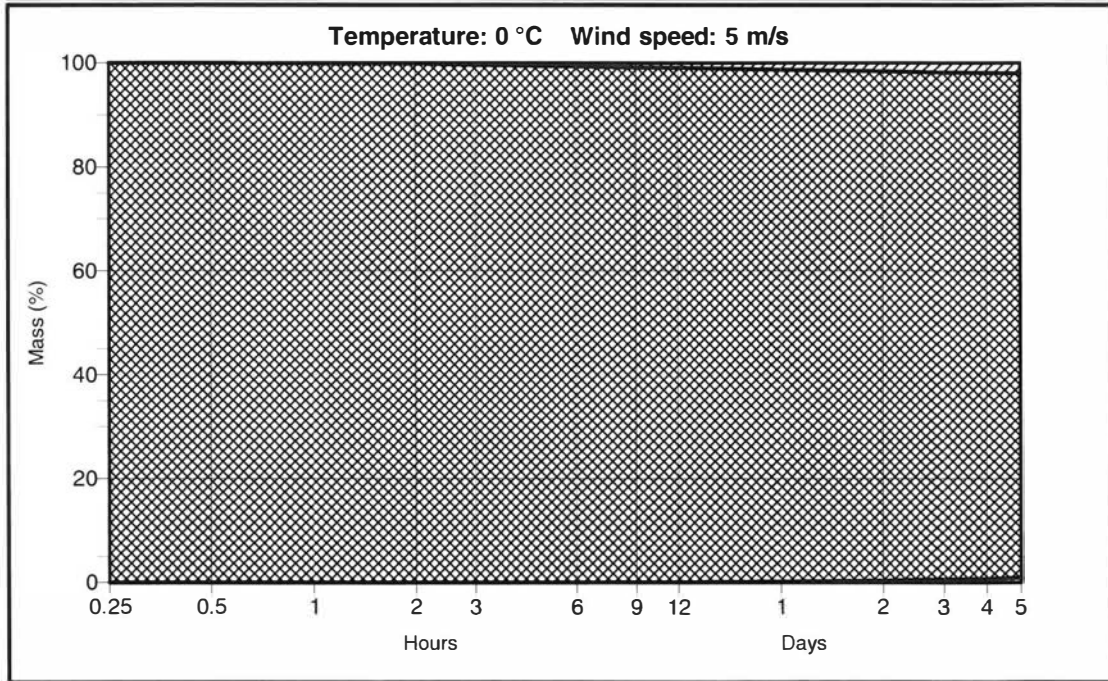


2.0  
© 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 20 mm/2 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 06, 2006

 Evaporated  
 Surface  
 Naturally dispersed






**Property: MASS BALANCE**  
**Oil Type: IFO 380 ROCKNES**  
**Description: Slagen HFO-370 + field samples**  
**Data Source: SINTEF Applied Chemistry (2004), Weathering dat**

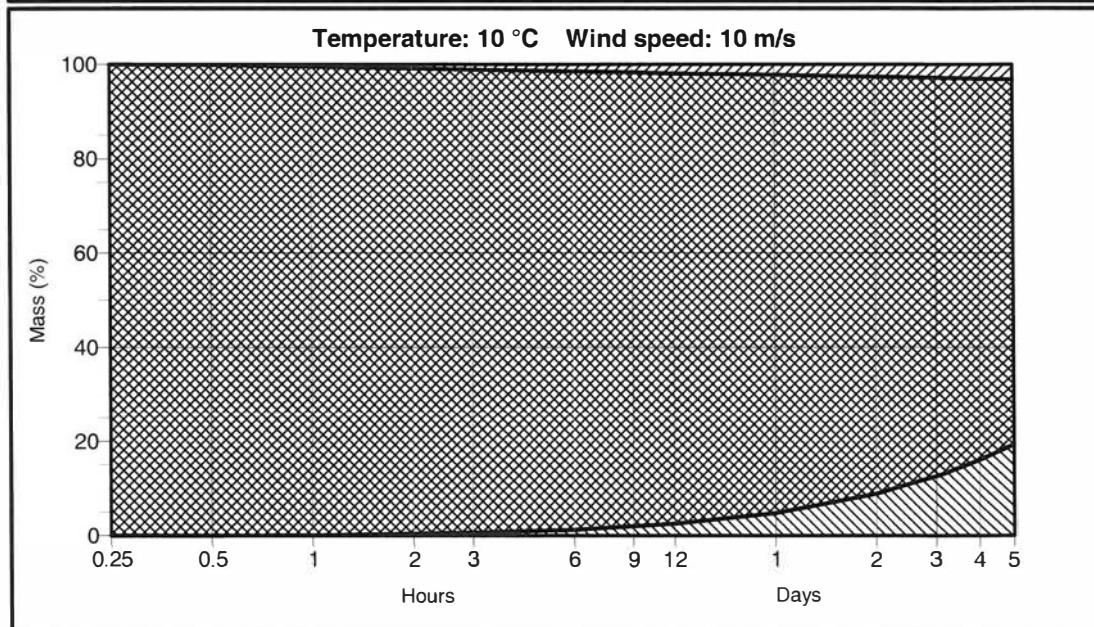
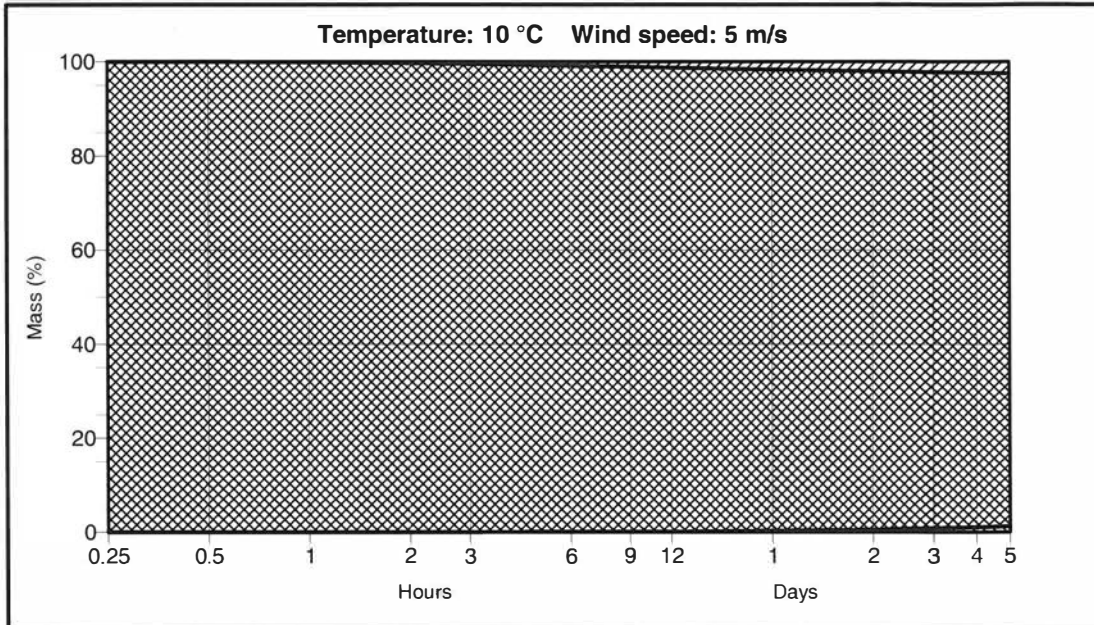


2.0  
© 2006

Initial/Terminal Oil film thickness: 20 mm/2 mm  
 Release rate: 1.33 metric tons/minute

Pred. date: Jun. 06, 2006

 Evaporated  
 Surface  
 Naturally dispersed



The algorithm for prediction of natural dispersion is preliminary and is currently under improvement. Model predictions have been field-verified up to 4-5 days.