

# Subsea dispergering på norsk sokkel

- kunnskapsoppdatering og forbedret modellering

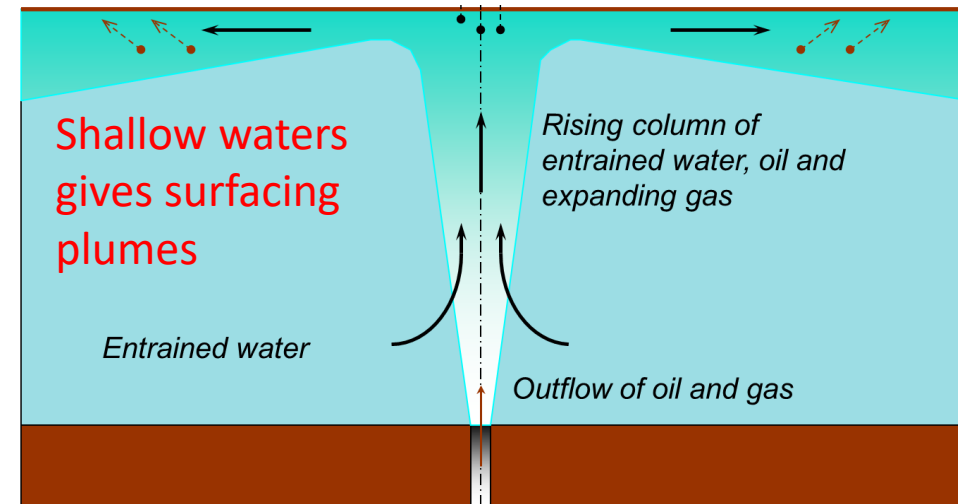
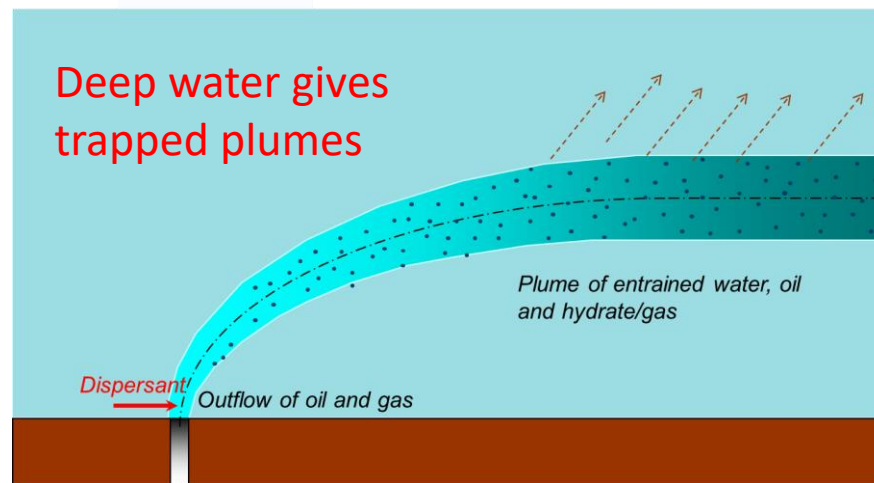
Karina Heitnes Hofstad<sup>1</sup>, Per Johan Brandvik<sup>2</sup> og Jørgen Schanke<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Equinor og <sup>2</sup>SINTEF Ocean



# Hvorfor er Subsea dispergering i Norge forskjellig fra Macondo (Mexicogulfen) i 2010?

Grunnere havdyp og gass som ekspanderer



# To alternativer for subsea dispergering

## Kjemisk dispergering (SSDI)

- Brukt i stor skala 2010 Macondo
- Fulgt opp av omfattende R&D
- Utvikling av nytt utstyr
- Implementert i regi av OSRL (mfl)
  - Depo dispergeringsmiddel
  - Injeksjonssystemer - Cappingstack
- Implementert som oljevernteologi NCS (2019)
- Operasjonelle betraktninger

## Mekanisk Dispergering (SSMD)

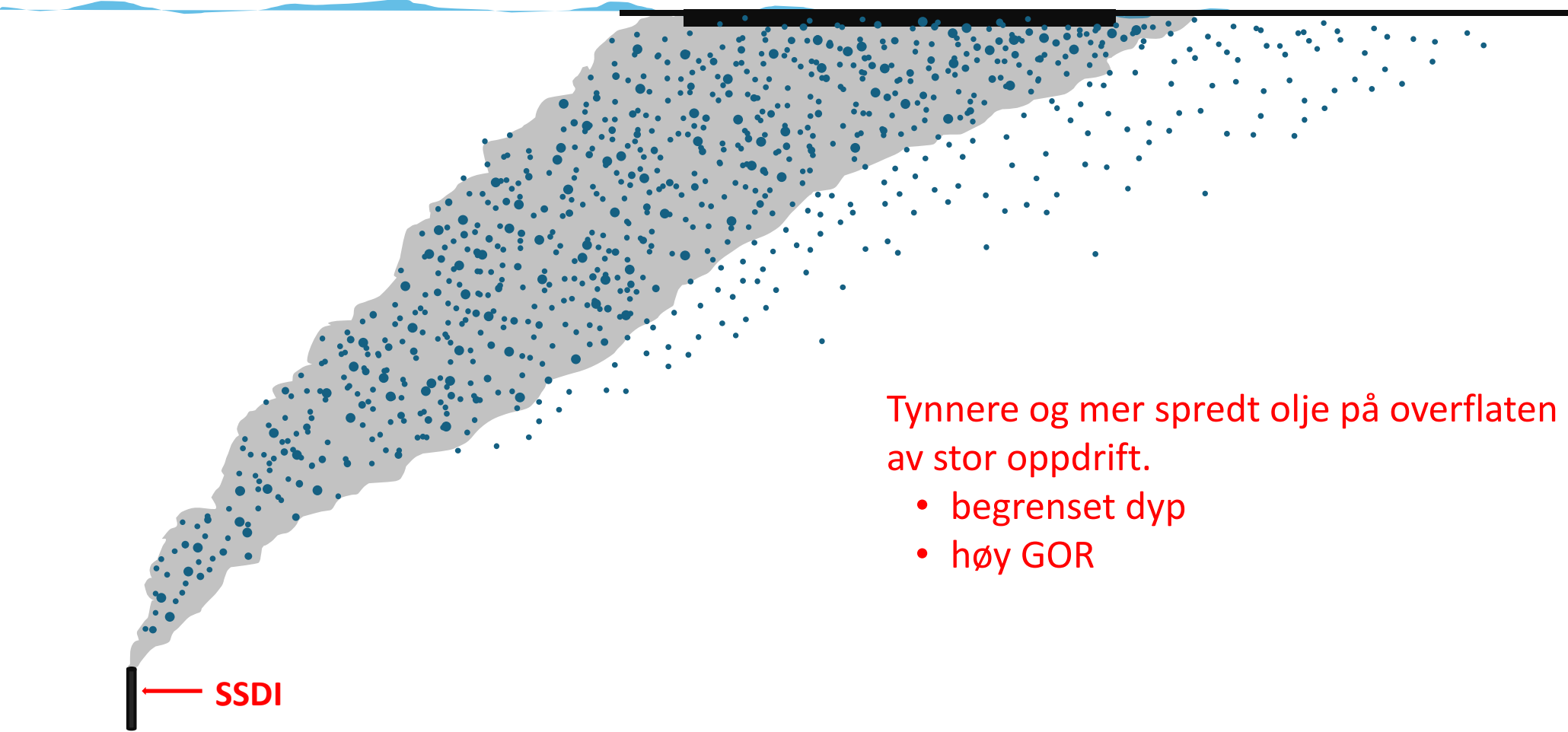
- Fra liten til stor skala, inkludert testing i Ohmsett (2012-2022)
- Effektivitet som kjemisk dispergering
- Industriprosjekt etablert med de store internasjonale selskapene involvert (Deepstar) 2023 -Chevron, Shell, Total, Oxy, BP og Equinor

### Neste steg

- Design, bygging og testing av full-skala prototype

# Subsea kjemisk dispergering (SSDI) på grunnere vann (< 350 m)

SSDI Ingen respons Tydelig overflateflak og det meste av oljen til overflaten



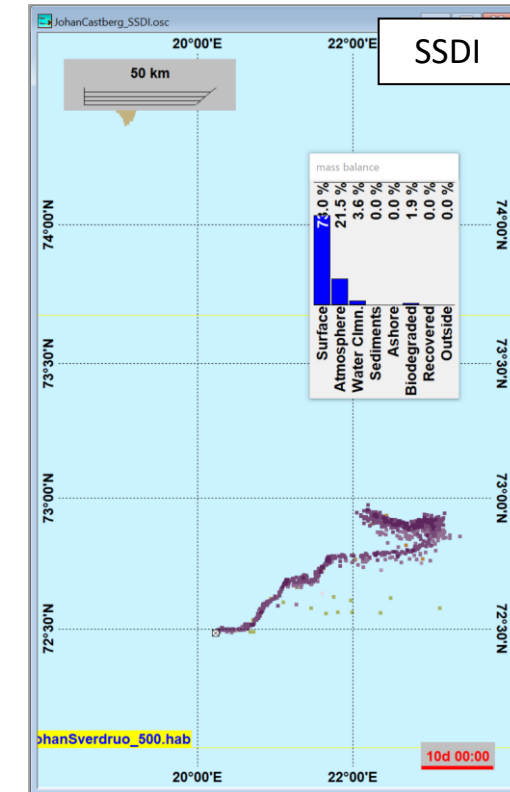
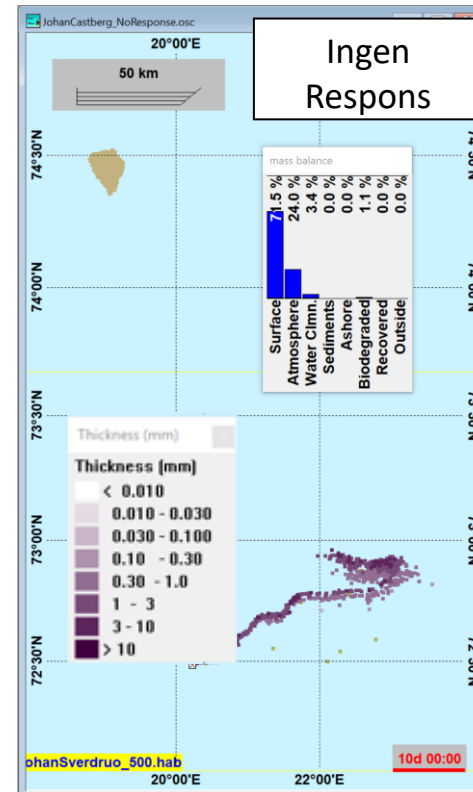
Tynnere og mer spredt olje på overflaten på grunn av stor oppdrift.

- begrenset dyp
- høy GOR

# Hvorfor forbedre modellering av kjemisk subsea dispergering (SSDI)?

Johan Castberg - OSCAR 14.2

- Beredskapsanalyser og,-planer trenger en bedre beskrivelse av potensialet for SSDI på norsk sokkel.
- **Utfordring:** OSCAR gir ikke et realistisk bilde av effekten kjemisk undervannsdispergering har på skjebnen til oljen som når overflaten.



Sommer scenario 10-dager  
subsea blowout: 7 600 m<sup>3</sup>/dag,  
GOR: 60, havdyp 365 meter

# Lekkasje av surfaktanter er studert i mange prosjekter

REPORT	
<b>TITLE</b> Effects of Time on the Effectiveness of Dispersants	
<b>Final version</b>	
SINTEF Materials and Chemistry Address: NO-3403 Trondheim, NORWAY Location: Brattøya 17B, 4. etg. Telephone: +47 4000 3720 Fax: +47 400 30700 E-post: No. 300 948 807 029 MVA	
<b>ACTIVITY</b> Jøanne Lisa Myrland, Julien Guymarch, ExxonMobil Upstream	
<b>CLIENT KEY</b> Tine Nordved	
<b>CLASS. THIS PAGE</b> Open	
<b>CLASS. THIS PAGE</b> Open	
<b>ELECTRONIC FILE CODE</b> 078-02-14-04317-4	
<b>Effect of dispersant on the sea floor</b> Per Johan Brandvik	
<b>FILE CODE</b> 15. Dec. 2007	
<b>ABSTRACT</b> The objective of this study was to determine whether dispersants were effective. This would make it possible to apply dispersants to dispersion until the energy level increases. One possible scenario is dispersion when the ice melts and sufficient energy for effective dispersion is available. The main conclusion from the effectiveness testing of dispersants is that they are effective for significant time periods, but this is dependent on oil temperature. Naphthalenic and naphthalenic oils remained dispersed at temperatures tested (0, 15, and 25°C). The dispersant effectiveness did not correlate well with the surface area covered even when over 75% of the surfactants had leached. Effectiveness was observed even when most of the surfactant remains adsorbed that physical properties of the oil, primarily the formation of emulsions, controlling dispersant effectiveness. The dispersant effectiveness after two weeks with a paraffinic oil remaining good effectiveness is high at temperatures above the pour point. For the waxy oil tested, the dispersion potential over time is low. No clear conclusion could be drawn from the limited series of tests. Effectiveness can not be explained by leaching of surfactants and temperature (>20°C) causing structural changes in the oil (emulsion).	
<b>KEYWORDS</b>	
ENGLISH	Dispersant Dispersant effectiveness Surfactant leaching ice oil

**Final Report**

Exploring the potential of using subsea dispersant injection (SSDI)

A combined study including a wide screening and scenarios (OSCAR) to explore the boundaries for SSDI

**Author(s)**  
 Per Johan Brandvik  
 Jørgen Skancke and Ragnhild Daae Lundmark

Plane termination depth as a function of depth for both simulations with Trapped and Surfaced plume

**Report**

Fate of surface oil slicks from SSDI

**Authors**  
 Kaja Cecilie Hellstrøm  
 Per S. Daling, Umer Farooq

**NTNU**  
 Norwegian University of Science and Technology

Leaching of surfactants as a function of oil droplet size and surfactant properties. An approach using mass spectrometry and multivariate data analysis

Sondre Kværne Hansen

Chemical Engineering and Biotechnology  
 Submission date: June 2017  
 Supervisor: Bjarnd Mikkelson, IKJ  
 Co-supervisor: Per Johan Brandvik, IKJ

Norwegian University of Science and Technology  
 Department of Chemistry

**SINTEF**

302006890 - Restricted

## Data Report

### Improving Modelling of Subsea Dispersant Injection (SSDI) in OSCAR for intermediate water depth

A combined laboratory and software development study

**Author(s)**  
 Per Johan Brandvik  
 Jørgen Skancke, Kaja Cecilie Hellstrøm, Konstantinos Kotzakoulakis and ++

Simulation of subsea release with SSDI at Heidrun

Vil presentere aktiviteter som er viktige for forbedringene som er gjort i OSCAR 15

# 1: Dosering av dispergeringsmiddel

Release Site ✕

Site Info Near Field Info

Near field model: Plume3D

Release properties

Diameter, 0.47 Apply sub-sonic diam.:

Angle from north, deg: 0

Angle from vert., deg: 0 Gas density, kg/Sm<sup>3</sup>: 0.8

Gas Liquid Ratio: 82 Rate, Sm<sup>3</sup>/day: 426400

Live oil viscosity, cP: 1.00000

Droplet size

Set distribution manually

Minimum size, μm: 1 Efficiency, %: 0

Maximum size, μm: 6000 Size-spread parameter: 1.799999E

Volume median size, 3000

Subsea dispersant injection

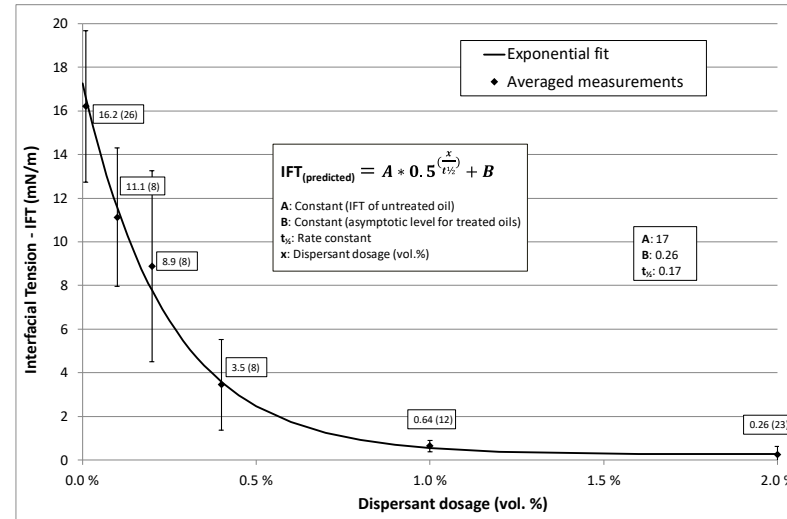
Enable SSDI  Dosage, %volume: 1

SSDI start, days after start of release: 6 Daily volume of dispersant, m<sup>3</sup>: 52.00000

SSDI end, days after start of release: 20 Total volume of dispersant, m<sup>3</sup>: 728.00000

Subsea Dispersant Injection dosage in volume percentage of oil.

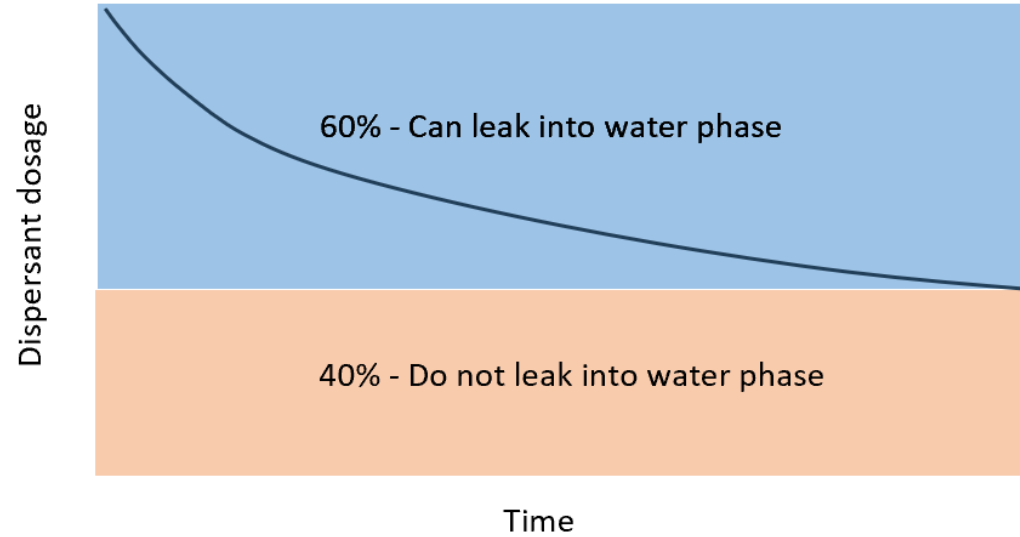
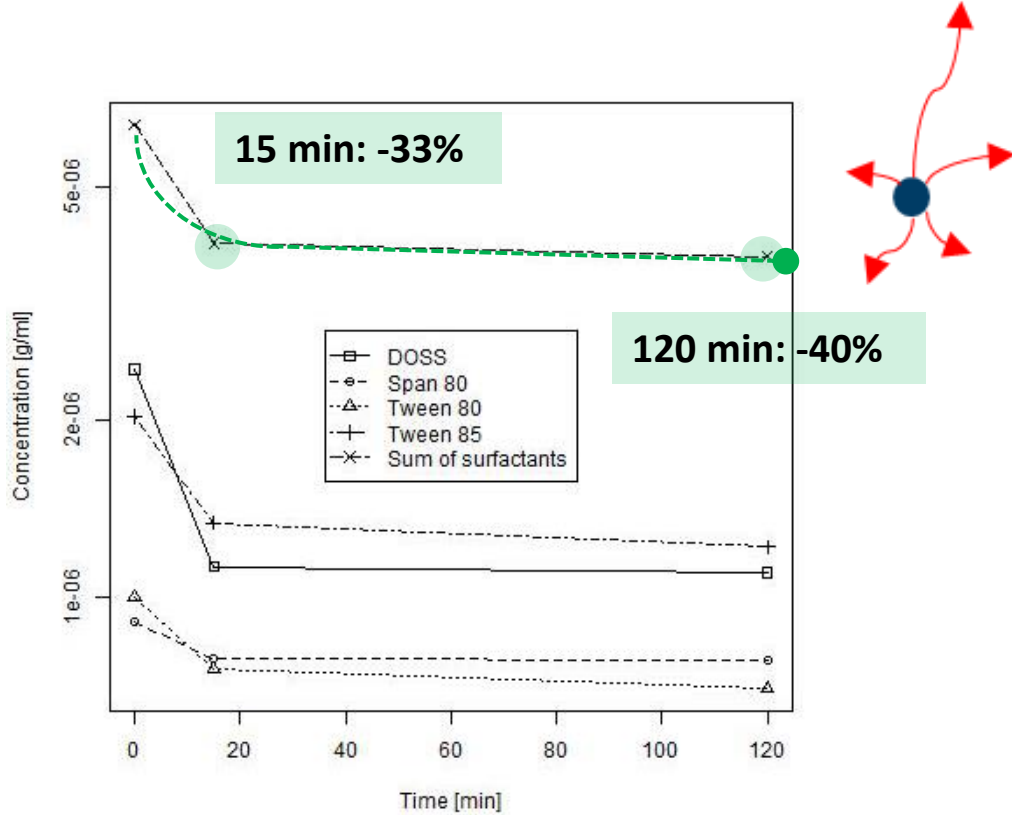
OK



Oljedatabasen er oppdatert med olje-vann grenseflatespenning ( IFT ) verdier

C_FIELD	C_RES	ENTRY	Method	OWM navn
Brasse	FRESH	18.6	Pendant drop	Brasse 2018
Breidablikk	FRESH	9.8	Pendant drop	Breidablikk 13°C / Breidablikk
Carcara	FRESH	27.2	Pendant drop	Carcara crude oil
Drivis	FRESH	16.7	Pendant drop	Drivis 5deg
Dugong	FRESH	27.2	Pendant drop	Dugong
Dvalin	FRESH	11.9	Pendant drop	Dvalin kondensat
Ekofisk J	FRESH	11	Pendant drop	Ekofisk J 2021
Eldfisk S	FRESH	16.7	Pendant drop	Eldfisk S 2021
Fogelberg	FRESH	17.8	Pendant drop	Fogelberg condensate
Frade	FRESH	4.3	Pendant drop	Frade crude oil
Frosk	FRESH	10.5	Pendant drop	Frosk / Frosk 5°C
Gudrun	FRESH	16.5	Pendant drop	Gudrun 2018, 13C

# 2: Lekkasje av dispergeringsmiddel fra oljedråper



**Forenklet første tilnærming:** Lekkasje rate av surfaktanter fra oljedråper/film som beskrevet i Hansen (2017).

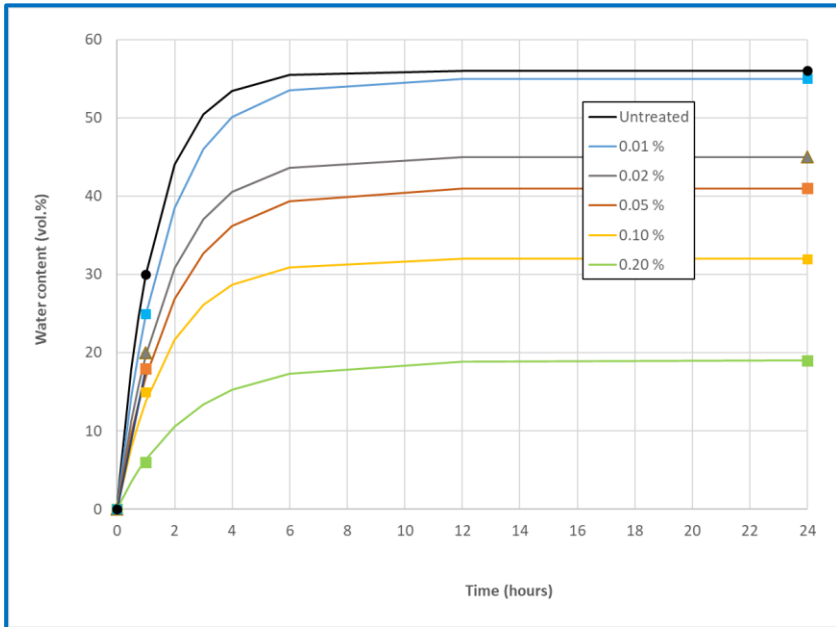
**NTNU**  
Norwegian University of Science and Technology

Leaching of surfactants as a function of oil droplet size and surfactant properties. An approach using mass spectrometry and multivariate data analysis

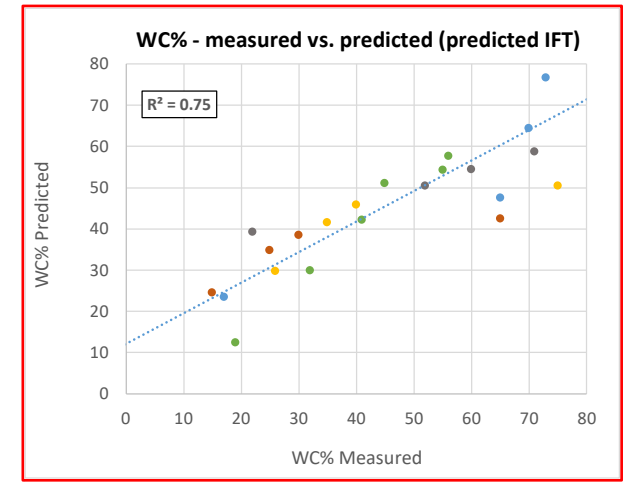
Sondre Kværne Hansen



# 3: Forvitring av behandlet overflateolje



Fra omfattende laboratorie arbeid



Til forvitring av overflateolje etter SSDI

	Disp	Cons	Asp	Wax	density	IFT <sub>900</sub>	IFT <sub>rel</sub>	t <sub>1/2</sub>	Visc	WC%	WC <sub>rel</sub>
Troll B	0.0000	0.04	0.9	0.902	11.2	1.00	0.50	64	71	1.00	
	0.0001	0.04	0.9	0.902	9.9	0.88	0.60	64	60	0.85	
	0.0002	0.04	0.9	0.902	8.6	0.77	0.90	64	52	0.73	
	0.0004	0.04	0.9	0.902	5.0	0.45	1.20	64	22	0.31	
	0.0005	0.04	0.9	0.902	5.0	0.45	1.20	64	22	0.31	
Osbesør	0.0000	0.13	6.4	0.862	12.3	1.00	0.90	583	75	1.00	
	0.0001	0.13	6.4	0.862	9	0.73	1.00	583	40	0.53	
	0.0002	0.13	6.4	0.862	6.1	0.50	1.80	583	35	0.47	
	0.0005	0.13	6.4	0.862	2.7	0.22	2.20	583	26	0.35	
	0.0010	0.13	6.4	0.862	2.7	0.22	2.20	583	26	0.35	
Grane	0.0000	1.4	3.2	0.942	9.5	1.00	0.80	1699	56	1.00	
	0.0001	1.4	3.2	0.942	8.7	0.92	1.00	1699	55	0.98	
	0.0002	1.4	3.2	0.942	8.5	0.89	1.20	1699	45	0.80	
	0.0005	1.4	3.2	0.942	7.8	0.82	1.30	1699	41	0.73	
	0.0010	1.4	3.2	0.942	6.3	0.66	1.40	1699	32	0.57	
Avaldsnes	0.0000	1.4	3.2	0.942	4.3	0.45	1.60	1699	19	0.34	
	0.0001	1.8	2.9	0.891	15.6	1.00	0.30	281	77	1.00	
	0.0002	1.8	2.9	0.891	13.6	0.87	0.35	281	75	0.97	
	0.0005	1.8	2.9	0.891	11.6	0.74	0.45	281	73	0.95	
	0.0010	1.8	2.9	0.891	6.7	0.43	0.55	282	70	0.91	
Gudrun	0.0000	0.3	2.9	0.810	5.6	1.00	0.35	130	65	1.00	
	0.0001	0.3	2.9	0.810	4.6	0.82	1.00	131	30	0.46	
	0.0002	0.3	2.9	0.810	2.2	0.39	1.20	130	25	0.38	
	0.0005	0.3	2.9	0.810	0.8	0.14	1.30	130	15	0.23	
	0.0010	0.3	2.9	0.810	0.8	0.14	1.30	130	15	0.23	

Via data analyse

Resultater fra dette og tidligere studier som beskriver sammenhengen mellom reduksjon i IFT i overflateoljen etter SSDI og reduksjon i emulgering (WC% and t<sub>0.5</sub>)

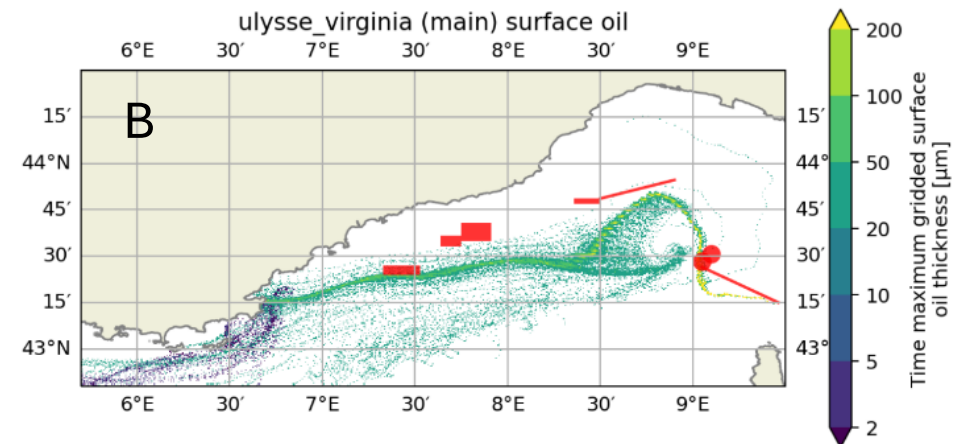
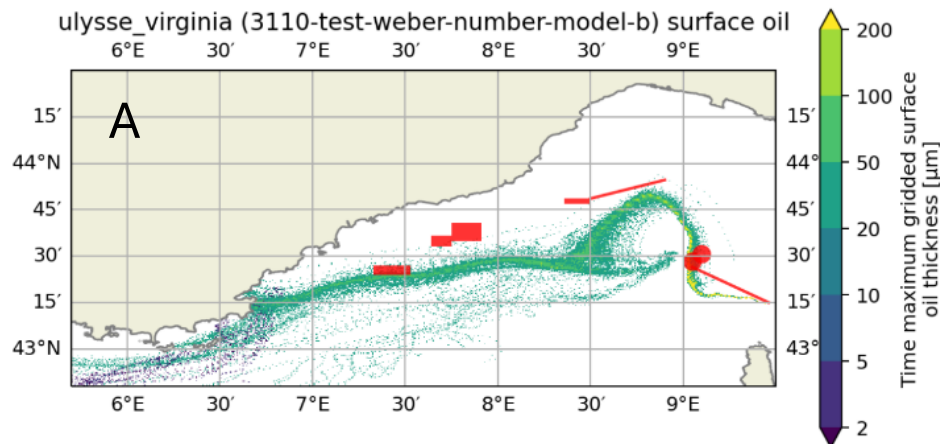


# 4: Sluttesting av OSCAR mot historiske data

Før forbedringer implementers i ny offisiell versjon av OSCAR – testes den totale effekten mot kjente oljeutslipp (standard reference cases)

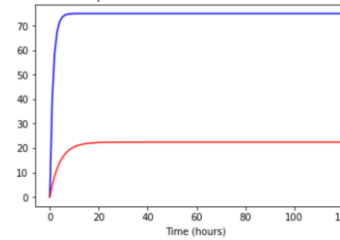
1. Deepspill – felt eksperiment (2000)
2. Braer – utslipp (1990)
3. Haltenbanken – felt eksperiment (1989)
4. MIZ – felt eksperiment (1993)
5. Statfjord – utslipp (2007)
6. Ulysse-Virginia – skipskollisjon (2018)

Overflateolje( $\mu\text{m}$ ) vs. observasjon Case 6 - modified Weber model (A) and the Delvigne model (B).



# Oppsummering av involverte prosesser

3: Forvitring av overflateolje



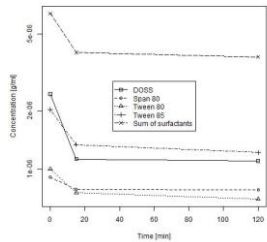
Vannopptak *uten* og *med* gjenværende surfaktanter fra SSDI

4: Forbedret beskrivelse av naturlig/kjemisk dispergering

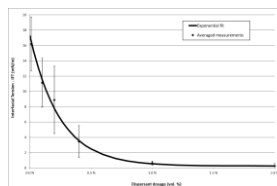
inkluderer effekten av gjenværende surfaktanter (tykkelse og IFT)

Beskriver lekkasje av surfaktanter fra stigende oljedråper

2: Lekkasje av surfaktanter

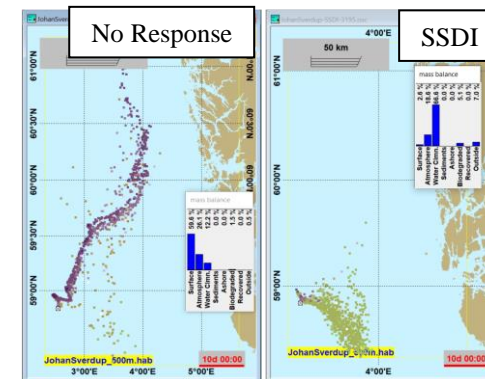


1: IFT og dosering



Sammenheng mellom IFT og dosering av surfaktant

5: Case studie med OSCAR 15.0



Bedre beskrivelse av overflateolje etter SSDI

SSDI

## 5. Scenarier – Eksempler med oppdatert OSCAR 15

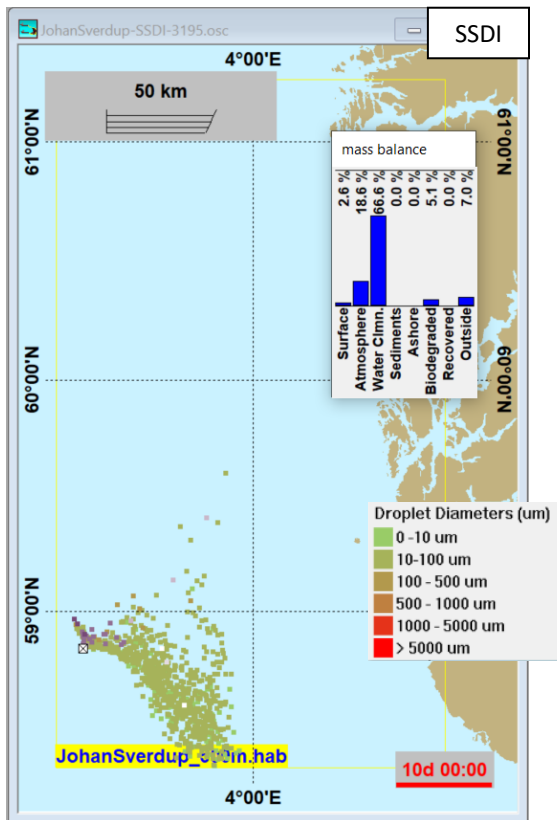
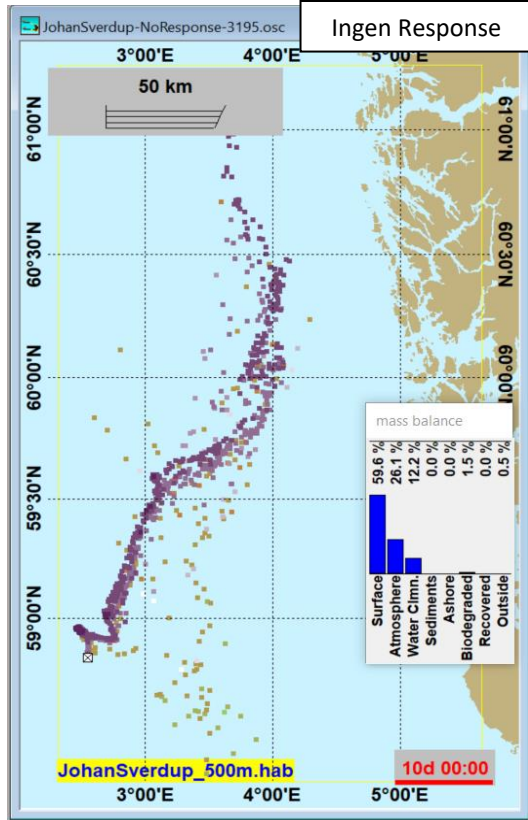
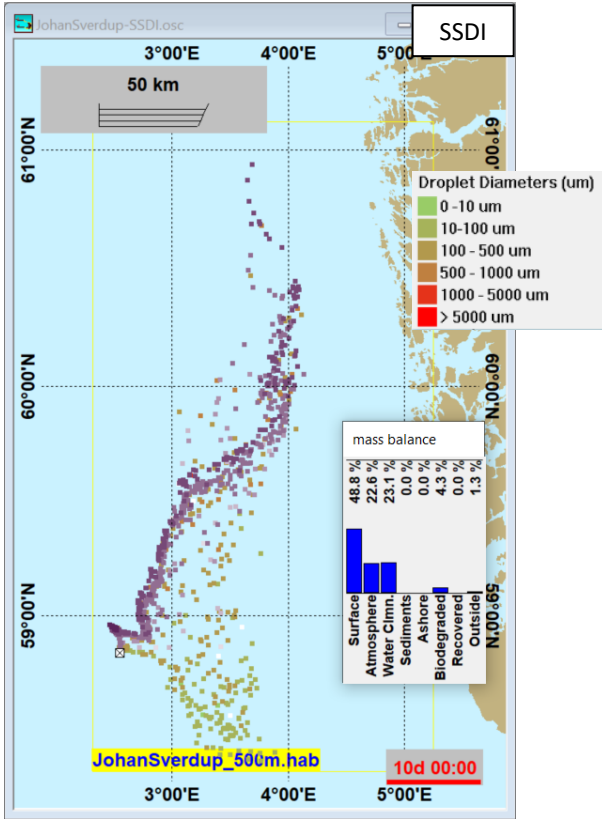
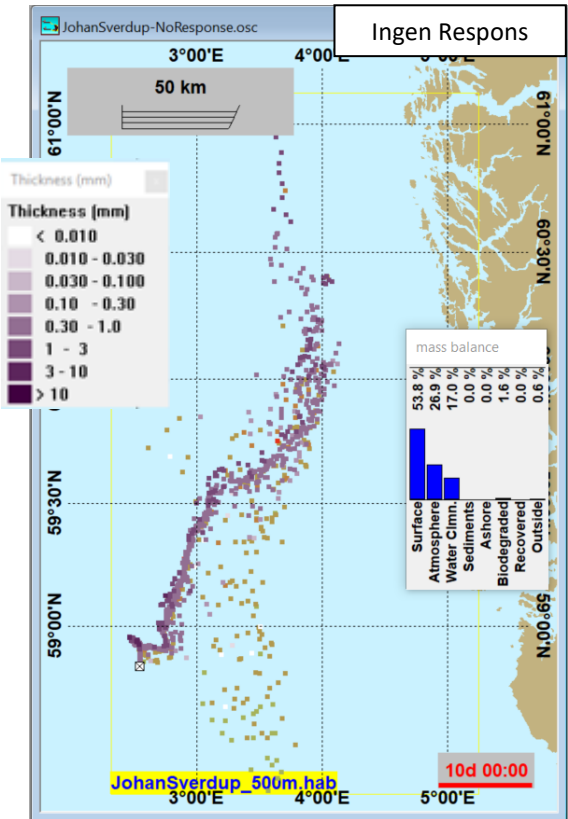
Modellert for subsea blow-out scenarier som spenner ut en stor variasjon mhp: Dybde, oljerater, GOR og oljetype.

- **Johan Sverdrup** (15 500 m<sup>3</sup>/dag, GOR: 44, 118 m) med Avaldsnes.
- **Johan Castberg** (7 600 m<sup>3</sup>/dag, GOR: 60, 365 m) med Skrugard.
- **Snorre** (8 900 m<sup>3</sup>/dag, GOR: 100, 334 m) med Snorre TLP.
- **Heidrun** (5 200 m<sup>3</sup>/dag, GOR: 82, 319m) med Heidrun Åre.

# Johan Sverdrup

OSCAR (ver. 15.0)

OSCAR (ver. 14.2)



Kun 5% reduksjon i overflateolje etter SSDI

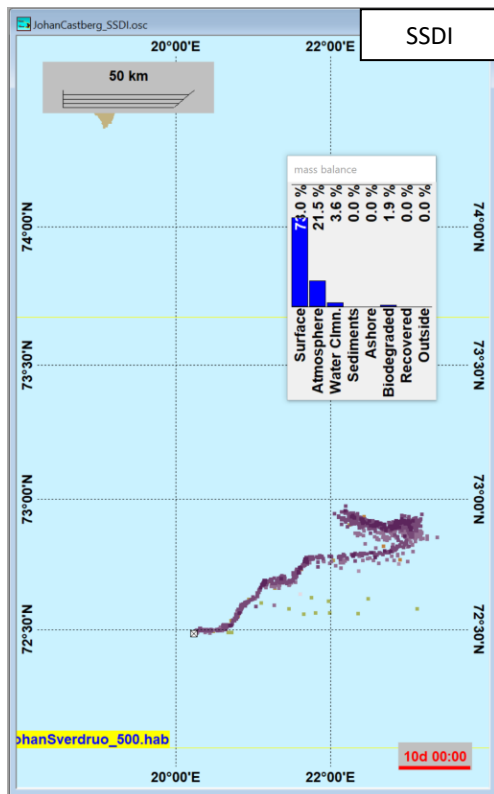
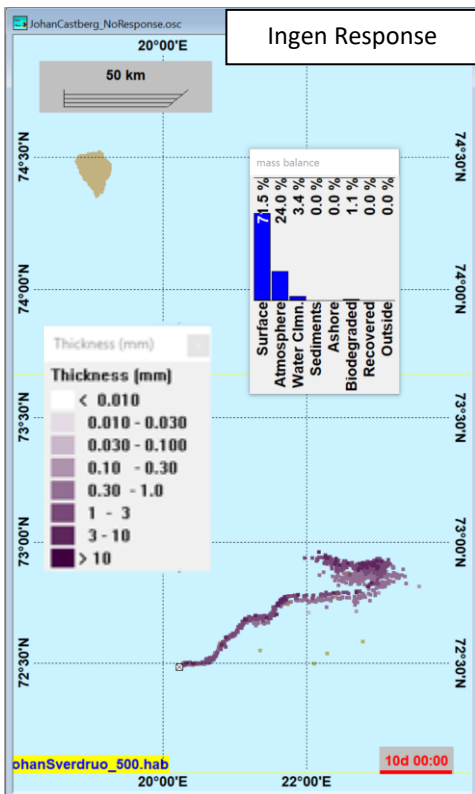
57% reduksjon i overflateolje etter SSDI

Sommer scenario 10-dager  
subsea blowout: 15 500 m<sup>3</sup>/dag, GOR: 44, havdyp 118 m

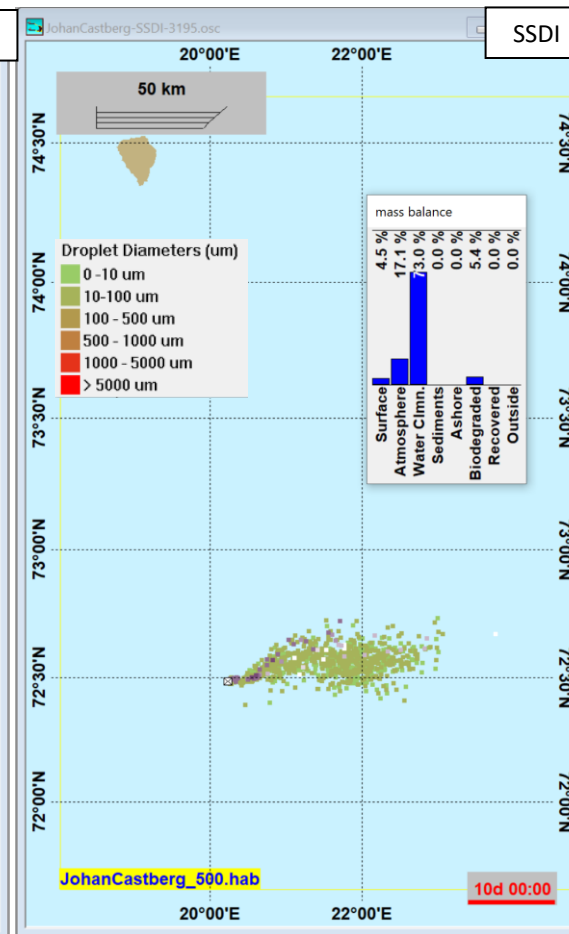
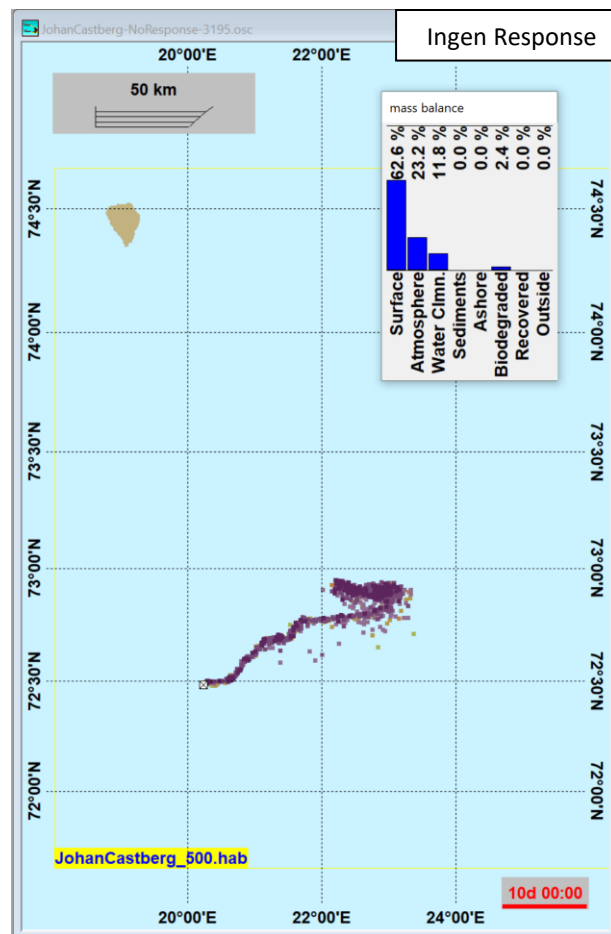
# Johan Castberg

OSCAR (ver. 15.0)

OSCAR (ver. 14.2)



Ingen reduksjon i overflateolje etter SSDI



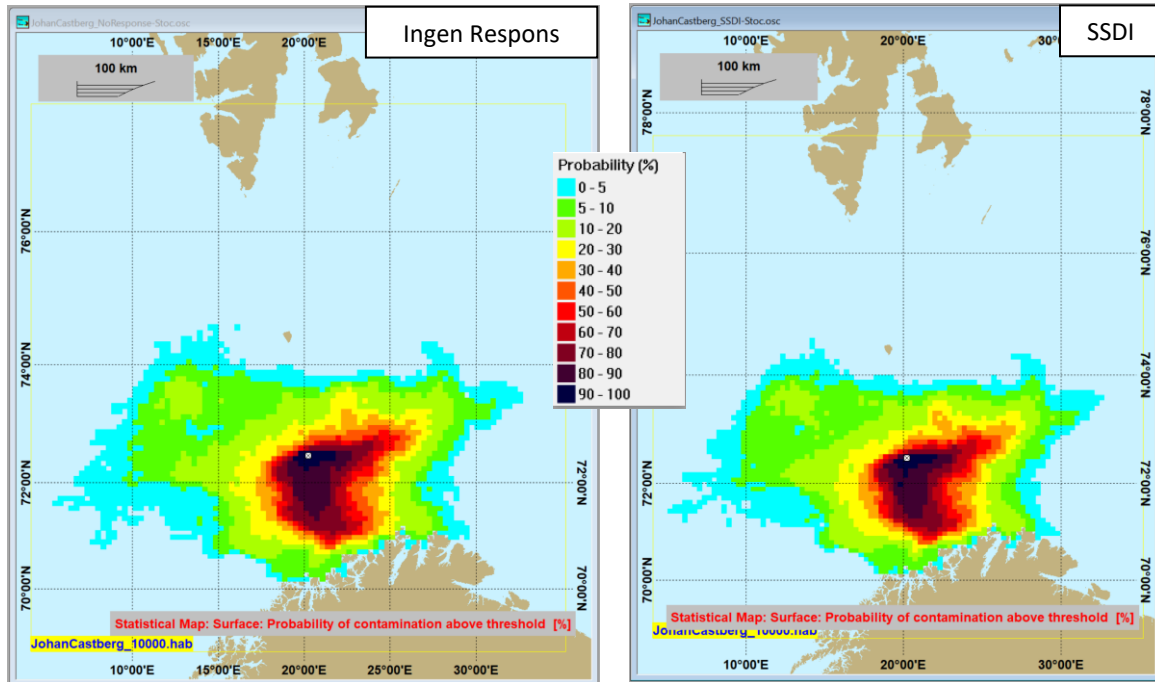
58% reduksjon i overflateolje etter SSDIc

Sommer scenario 10-dager  
 subsea blowout: 7 600 m<sup>3</sup>/dag, GOR: 60, havdyp 365 m



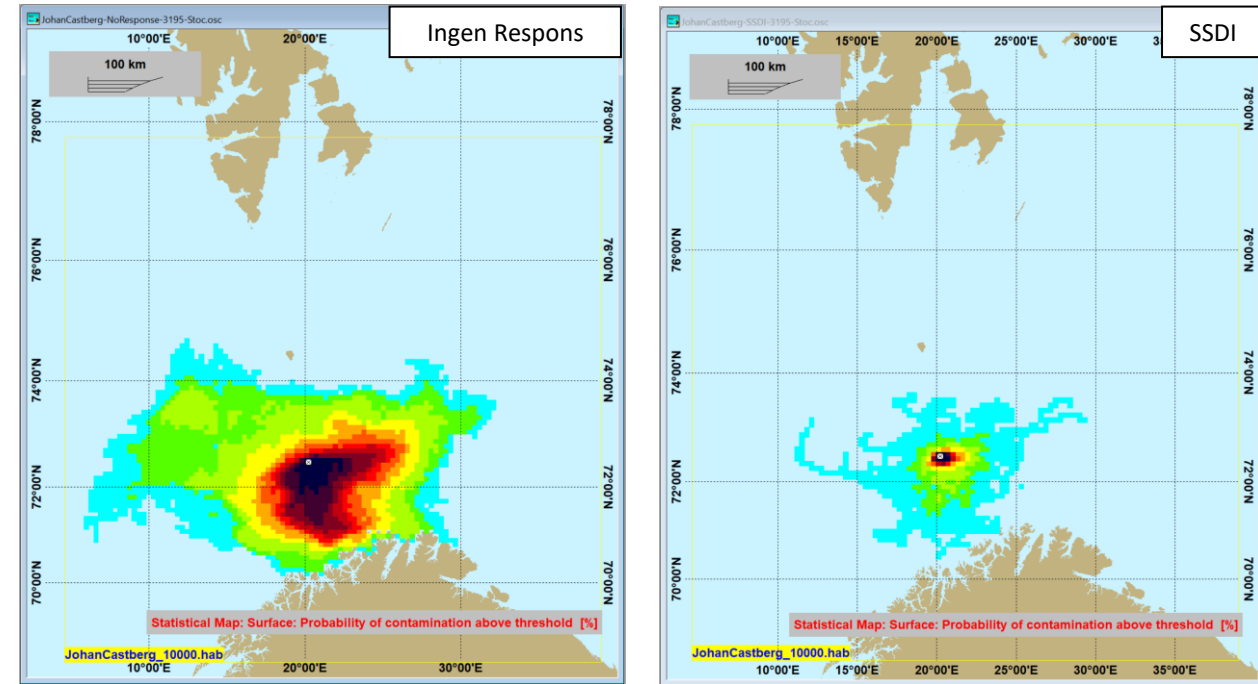
# Johan Castberg (Stokastiske simuleringer)

OSCAR (ver. 14.2)



Ingen signifikant reduksjon i influensområdet etter SSDI

OSCAR (ver. 15.0)



Stor reduksjon i influensområdet etter SSDI

Stokastisk 30-dager simulering av influensområde (120 simuleringer)  
Subsea blowout: 7 600 m<sup>3</sup>/day, GOR: 60, depth 365 m. c

C

# Oppsummering

- Forbedret modellering av kjemisk undervannsdispergering i OSCAR.
  - IFT (grenseflatespenning) for behandlet olje predikert fra dose dispergeringsmiddel.
  - Dråpestørrelse av behandlet olje predikert fra IFT og oljens egenskaper.
  - IFT av behandlet overflateolje justeres for lekkasje av surfaktanter (dråper/film).
  - Mere realistisk forvitring av overflateoljen.
  - Forbedret modell for naturlig/kjemisk dispergering.
- Stor forskjell mellom OSCAR 14 and 15 for levetid/persistens av overflateolje etter kjemisk undervannsdispergering
  - Mer realistisk effekt av SSDI, - spesielt for overflateoljen
  - SSDI viser god effekt i form av mindre olje på overflaten for en stor variasjon i havdyp, GOR og oljetyper



# Hvordan implementere ny kunnskap

## Formidling:

- Beredskapsforum, Helsefyr, 11. April 2024.
- International Oil Spill Conference, New Orleans, May 2024.
- Paper Marine Pollution Bulletin 2024.

## Implementering av ny forbedret OSCAR:

- OSCAR 15 – Delvigne standard og modified Weber valgbar inntil videre.
- Målsetting om overgang til modified Weber i seinere versjoner.