

2019:01029 - Åpen

Rapport

Stranding av brenneresidue og potensiale for synking

Forfatter(e)

Frode Leirvik

Liv-Guri Faksness



SINTEF Ocean AS

Postadresse:
Postboks 4762 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 46415000Foretaksregister:
NO 937 357 370 MVA

Rapport

Stranding av brenneresidue og potensiale for synking

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
2019:01029	302004559	1.0	2019-10-07

FORFATTER(E)Frode Leirvik
Liv-Guri Faksness**OPPDRAKSGIVER(E)**

Kystverket

OPPDRAKSGIVERS REF.

Hilde Dolva

ANTALL SIDER:

12

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

ISBN

978-82-14-06375-2

SAMMENDRAG

Aktiviteten rapportert her er en del av et prosjekt for Kystverket der erfaringer med in situ brenning (ISB) er vurdert, bl.a. ved å sammenstille resultater fra flere av de prosjekter SINTEF har gjennomført de siste årene, inkludert "Olje-på-vann" i 2018. Eksperimentene beskrevet her, tester potensialet for at ISB-residue kan synke hvis de eksponeres for sand og partikler i vannet når det nærmer seg land eller skylles på stranda og eventuelt vaskes ut på sjøen igjen. Testene ble gjennomført i en apparatur laget for småskala simulering av bølger mot strand i såkalte vippekar. To ISB-residue ble testet, ULSFO (fra OPV2018) og IF180 LS (meso-skala, 5 L olje brent), og to typer sand med ulik kornstørrelse ble brukt. Residuene ble formet til kuler med diameter på 2.5 - 3 cm som ble eksponert for sand og bølger i 5 timer.

De to oljene viste seg forskjellig allerede ved påføringen. ULSFO-residuet holdt kuleformen gjennom hele forsøket, mens IF180-residuet hadde spredt seg til en disk på ca 5 cm allerede før vippingen ble startet. Etter 1 timer hadde alle bortsett fra et av IF180-residuen, negativ oppdrift. Alle ULSFO-residuen holdt seg flytende under hele testen. ULSFO-residuet hadde lavere tetthet enn IF180-residuet slik at den kombinerte tettheten av olje/sand til residue fra ISB av ULSFO ble ikke høy nok til at den sank selv med høyere mengde adsorbent sand enn IF180-residuet.

Under de forsøksbetingelsene brukt her, indikerer resultatene at det testede ISB-residue av IF180 eksponert for sand og bølger kan få såpass høy tetthet at det vil kunne synke, mens tettheten til det testede ULSFO-residuet ikke ble høy nok til at det sank.

**UTARBEIDET AV**
Frode Leirvik**KONTROLLERT AV**
Per S. Daling**GODKJENT AV**
Mimmi Throne-Holst

Innholdsfortegnelse

Summary	3
1 Bakgrunn.....	4
2 Eksperimentelt oppsett	5
3 Resultater	7
4 Visuelle observasjoner	9
5 Oppsummering og konklusjon	11
6 Referanser.....	12

Summary

Residues after in situ burning (ISB) have the potential to sink if exposed to sand and particles in the water when they are approaching shallow water and beaches. To study this, tests have been performed in small-scale so-called "simulated shoreline systems" with 12 individual tilting units (length 40.5 cm, width 19.5 cm and height 30 cm) filled with 2 kg sediment in each (6 with fine sand (0.6-1.4 mm) and 6 with coarser sand (1.2-2.0 mm)). ISB-residue of two oil types, ULSFO (from OPV2018) and IF180 (from meso scale ISB), were tested, using 3 replicates of each oil and sediment type. The residues were formed to balls with a 2.5-3 cm diameter. The residue balls were weighted before the tests were initiated and after 5 hours of exposure to waves and sediment in the small-scale system. A visual evaluation was performed after 10 min, 30 min, 1 hour, 2 hours, 3 hours and 5 hours.

The two oil types behaved differently already when applied into the system. The residue of ULSFO kept its ball-shape through the experiment, while the IF180-residue spread to a disk of approximately 5 cm already before the tilting started. Already after one-hour exposure all, except one, of the IF180-residues had no buoyancy. All ULSFO-residues were floating during the entire test. As the ULSFO-residue had lower density than the IF180-residue, the combined density of oil and sand of the ULSFO-residue was not high enough for it to sink even with higher amount of adsorbed sand to the oil than the IFO-residue.

Under the test conditions used here, the tested residue after ISB of IF180 exposed to sand and may achieve a density higher than seawater and therefore has a potential for sinking, while the density of the tested ULSFO residue was lower than seawater so it did not sink.

1 Bakgrunn

Aktiviteten rapportert her er en del av et prosjekt for Kystverket der man har vurdert erfaringer med in situ brenning (ISB), bl.a. ved å sammenstille resultater fra flere av de prosjekter SINTEF har gjennomført de siste årene, inkludert "Olje-på-vann" i 2018 (Faksness, 2019). Eksperimentene beskrevet her, tester potensialet for at ISB-residue kan synke hvis de eksponeres for sand og partikler i vannet når det nærmer seg land eller skylles på stranda og eventuelt vaskes ut på sjøen igjen.

Brenne-residue etter ISB kan synke, og Fritt-Rasmussen et al. (2015) oppsummerte i en litteratur-review at residuenes tetthet er relatert til brenne-effektivitet, og dermed oljetype, oljeflaktykkelse og oljen forvitningsgrad. Residuet må avkjøles først og man har observert at tykkere oljeflak har større tendens til å synke og at det er større sannsynlighet for at tyngre oljer kan synke. I Faksness et al. (2019) ble det i et laboratorieforsøk observert at residue fra brenning av IF180 med 81% brenneeffektivitet sank (konsistensen på residuet gjorde det umulig å måle tetthet (hard skorpe).

En enkel synketest med roterende skilletrakter på de to residuene fra ISB av ULSFO og IF180 har tidligere blitt gjennomført, og begge residuene holdt seg flytende (Faksness et al., 2018). Tettheten var hhv. 0.950 og 0.987 for ULSFO og IFO.

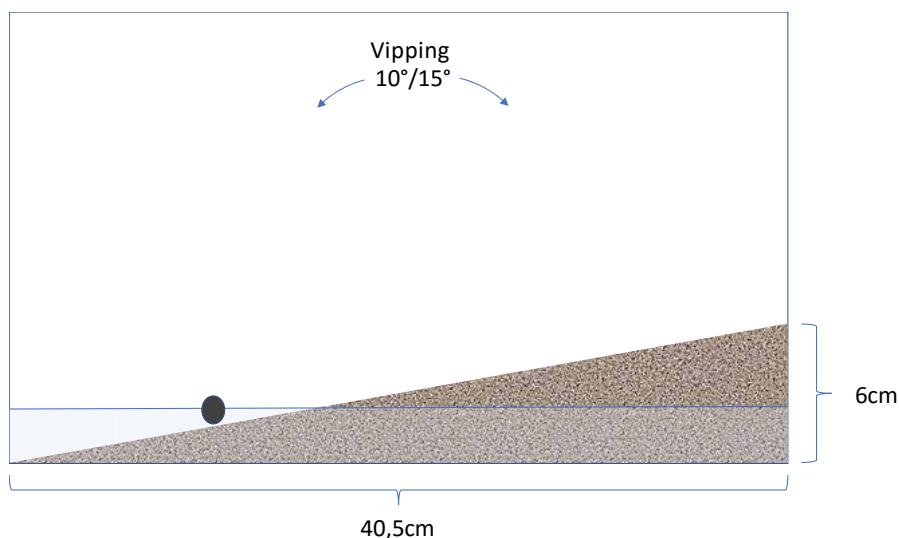
2 Eksperimentelt oppsett

Testene ble utført i en apparatur laget for småskala simulering av bølger mot strand. Oppsettet består av 12 stålkar som står på en plate som vipper fram og tilbake. Stålkarene er 40.5 cm lange 19.5 cm brede og 30 cm høye.



Figur 2.1 Strandkarene fra siden og ett av karene ovenfra

Karene vipper 15° den ene veien og 10° den andre veien. I dette eksperimentet er hastigheten satt til 11 sekunder pr syklus. Karene er fylt med 2 kg sand som er lagt skrånende opp mot den siden med høyest vippeutslag. Det ble fylt opp med vann til ca 1/3 opp på den skrånende "stranda" med vippebordet skrånende "vannside" (Figur 2.2)



Figur 2.2 Skisse av karene sett fra siden

Oppsettet ga en bølge som slo opp nesten til toppen av stranda. Den lave hastigheten gjorde at formen på sanden holdt seg gjennom forsøksperioden. Oljen holdt seg på stranda eller helt i vannkanten og kontakten med selve karet var minimal.

Oljene som ble brukt i forsøkene var samme oljetyper som ble brukt ved ISB under "Olje på vann" (OPV) i 2018 (ULSFO) og 2019 (IF180). ISB-residuet av ULSFO var fra OPV2018, mens residuet av IF180 var fra et antennelsesforsøk i mesoskala (5 L olje brent) i forkant av OPV2018 (Faksness et al., 2018). De fysiske egenskapene til de to oljene er gitt i Tabell 2.1.

Tabell 2.1 *Fysiske egenskaper til brenne-residuen brukt i strandingstestene. Den rapporterte viskositeten er fra temperatur-sweep ved skjærhastighet $10s^{-1}$ avlest ved $10\text{ }^{\circ}C$ ULSFO og målt ved $10^{\circ}C$ ved skjærhastighet $10s^{-1}$ for IF180.*

Olje	SINTEF-Id	Tetthet (g/ml)	Viskositet (cP)
ULSFO	2018-5304	0,945	131 000
IF180 LS (< 1000 ppm S)	2018-3882	0,987	1 143 500

Det ble brukt to typer sand i eksperimentene.

- 0.6 – 1.4 mm (kalt "fin" i denne rapporten)
- 1.2 – 2.0 mm (kalt "grov" i denne rapporten)

Det ble kjørt tre replikater for hver olje og sandtype. Dette gir forsøksmatrisen vist i Tabell 2.2.

Tabell 2.2 *Forsøkene som ble utført*

	Fin sand	Grov sand
ULSFO	3 replikater	3 replikater
IF180	3 replikater	3 replikater

Oljene ble formet til kuler med en diameter på 2.5 - 3 cm i diameter og veid før de ble lagt ned i strandkarene. Oljekulene ble lagt ned ca 2 cm oppe på stranda. Alt utstyr brukt i håndtering av oljene ble veid før og etter påføring av oljen. Olje som klistret seg til utstyr ble trukket fra vekta til den påførte oljekula. Denne praksisen ble også fulgt ved prøvetaking.

Strandkarene ble startet og forsøket fikk gå i 5 timer før oljeklumpene ble tatt ut av karene og veid. Det ble tatt bilder og gjort vurdering på om oljen sank eller fløyt på overflata ved 10 minutter, 30 minutter, 1 time, 2 timer, 3 timer og 5 timer.

3 Resultater

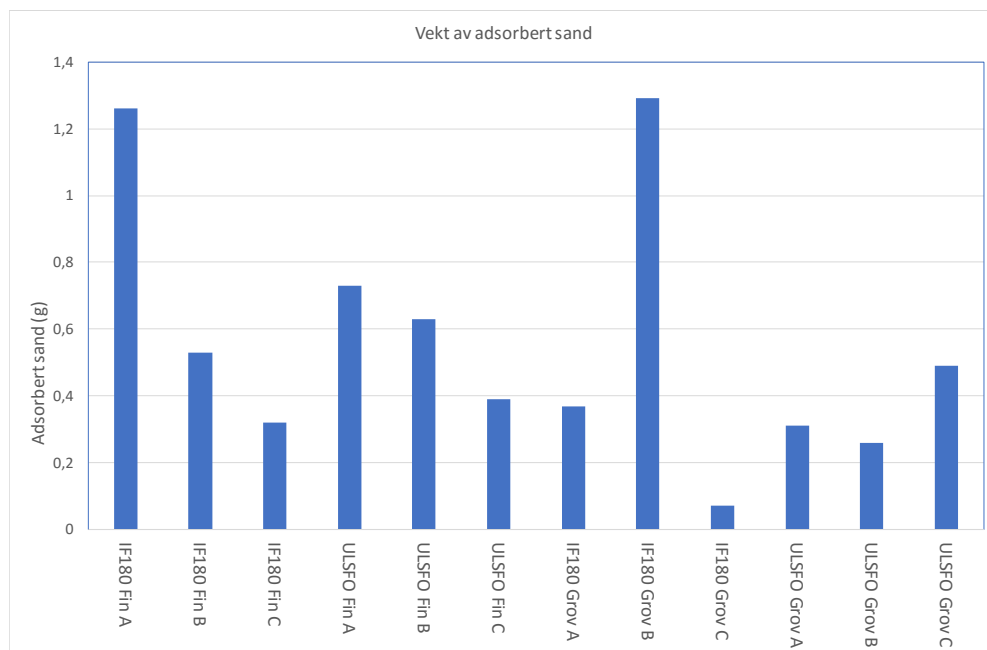
Resultatene fra synketestene er vist i Tabell 3.1. Vekt av den påførte oljen og adsorbent sand etter 5 timer er vist i Tabell 3.2. I tabellen er det også beregnet kombinert teoretisk tetthet for oljen og den adsorbente sanda. Hvis tettheten er høyere enn tettheten til sjøvann vil oljeklumpen synke. Figur 3.1 viser mengde adsorbent sand og Figur 3.2 viser tettheten til olje/sand sammenlignet med tettheten til sjøvann. Visuelle observasjoner under testingen er beskrevet i kapittel 4.

Tabell 3.1 Resultater fra synketester i strandkarene. Grønne felter indikerer at residuet flyter, Røde felter indikerer at det synker.

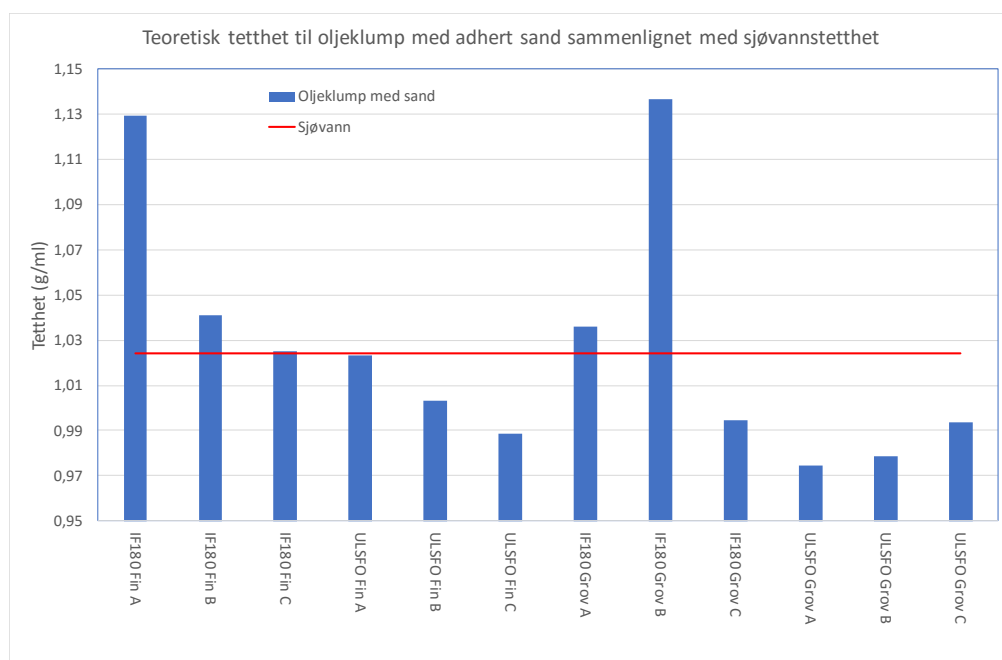
Olje	Sand	Parallell	Kar nr.	Minutter		Timer			
				10	30	1	2	3	5
IF180	Fin	A	1						
IF180	Fin	B	2						
IF180	Fin	C	3						
ULSFO	Fin	A	4						
ULSFO	Fin	B	5						
ULSFO	Fin	C	6						
IF180	Grov	A	7						
IF180	Grov	B	8						
IF180	Grov	C	9						
ULSFO	Grov	A	10						
ULSFO	Grov	B	11						
ULSFO	Grov	C	12						

Tabell 3.2 Vekter av olje og adsorbent sand, samt beregnet kombinert tetthet for olje og adsorbent sand

Olje	Sand	Parallell	Kar nr	Vekt olje (g)	Vekt sand (g)	Tetthet (g/ml)
IF180	Fin	A	1	4,8	1,26	1,129
IF180	Fin	B	2	5,65	0,53	1,041
IF180	Fin	C	3	4,87	0,32	1,025
ULSFO	Fin	A	4	5,22	0,73	1,023
ULSFO	Fin	B	5	6,12	0,63	1,003
ULSFO	Fin	C	6	5,12	0,39	0,989
IF180	Grov	A	7	4,35	0,37	1,036
IF180	Grov	B	8	4,64	1,29	1,137
IF180	Grov	C	9	5,61	0,07	0,994
ULSFO	Grov	A	10	6,04	0,31	0,975
ULSFO	Grov	B	11	4,43	0,26	0,979
ULSFO	Grov	C	12	5,74	0,49	0,994



Figur 3.1 Vekt av adsorbent sand etter 5 timer i strandkarene.



Figur 3.2 Beregnet teoretisk tetthet til brenneresidue og adsorbent sand sammenlignet med tettheten til sjøvann.

Synketestene viser at alle IF180 residuene bortsett fra ett, hadde negativ oppdrift en time ut i testen. Ingen av ULSFO residuene sank i løpet av testen. Flere av ULSFO-kulene hadde mer adsorbent sand enn IF180 residuene som sank, men holdt seg flytende. Dette kan forklares med at ULSFO residuet hadde lavere tetthet enn IF180 residuet. Den kombinerte tettheten av olje/sand til ULSFO residuene ble derfor ikke høy nok til at den sank selv med høyere mengde adsorbent sand enn IF180 residuet.

4 Visuelle observasjoner

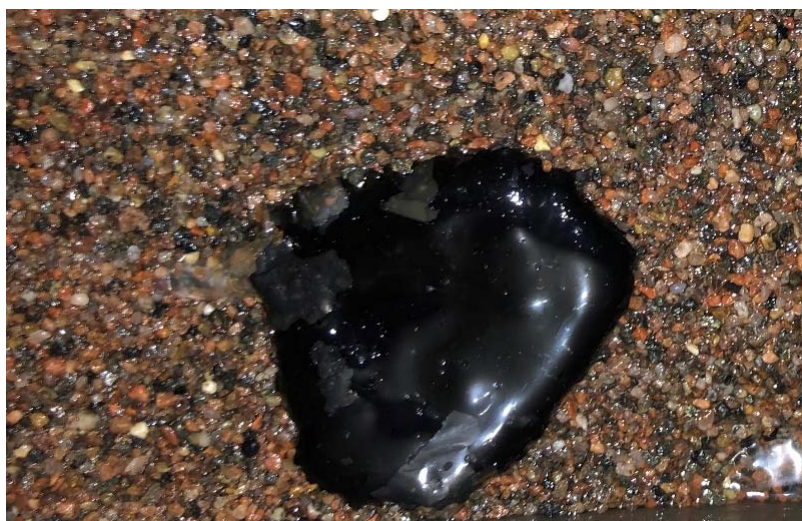
De to oljene viste seg forskjellige allerede ved påføringen. ULSFO residuet holdt kuleformen gjennom hele eksperimentet. IF180 residuet hadde spredd seg til en "disk" på ca 5 cm allerede før vippingen ble startet.



Figur 4.1 Brenneresiduer ved påføring. ULSFO til venstre (kar 12C), IF180 til høyre (kar 8B).

I og med at bølgeenergien i oppsettet var lav snudde ikke IF180-"diskene" seg under eksperimentet og stort sett bare den ene siden ble eksponert for sand. Ved test av oppdriften sank alle IF180 residuene bortsett fra ett, en time ut i testen. Bare en av IF180 diskene holdt seg flytende gjennom hele eksperiment (Grov sand – parallell C (kar 9)). Disken i dette eksperimentet var også i god kontakt med stranda, men beveget seg mer fram og tilbake. Tidlig i eksperimentet hadde klumpen en del adsorbert sand, men ved veiing etter 5 timer hadde denne prøven nesten ikke gjenværende sand.

To av IF180-"diskene" var i ferd med å overgraves av den grove sanda tre timer ut i eksperimentet (Grov sand parallell B og C). De ble dratt ut av sanda for å teste flyteevnen. Det antas at disse prøvene ville ha tatt opp mer sand hvis overgravingen hadde fått fortsatt. Figur 4.3 viser et eksempel på IF180 residue som ligger under vann i et av forsøkene med grov sand.



Figur 4.2 Brenneresidue av IF180 (kar 8B) i ferd med å overgraves av sand etter 2 timer.



Figur 4.3 IF180 residue (kar 7A) som har sunket i en av forsøkene med grov sand (etter 2 timer).

Mange av kulene av ULSFO fikk også sand bare på den ene siden. Sanda fungerte som en kjøll som holdt denne siden nedover og resten av kula ble ikke eksponert. Selv om kulene øyensynlig hadde sand bare på den ene sida, var det mye sand som hadde trengt inn i kulene. En av kulene (Fin sand - parallell A), rullet mye tidlig i testen og ble dekket med sand hele veien rundt. Denne kula fløyt mye tyngre i vannet enn de andre ULSFO prøvene. Dette kan også ses av den beregnede teoretiske tettheten til kula og den adsorberte sanda, som er like under tettheten til sjøvann. Bilder fra forsøkene med ULSFO er vist i Figur 4.4.



Figur 4.4 ULSFO residue eksponert i 5 timer: Kar 4A (fin sand) til venstre og Kar 10A (grov sand) til høyre.

5 Oppsummering og konklusjon

Potensialet for at ISB-residue kan synke hvis de eksponeres for sand og partikler i vannet når de nærmer seg land har blitt studert. Testene ble gjennomført i en apparatur laget for småskala simulering av bølger mot strand som består av 12 vippekar med 2 kg sand i hvert (hhv fin og grov sand). To ISB-residue ble testet, ULSFO (fra OPV2018) og IF180 (fra meso-skala ISB) med tre replikater av hver olje og sandtype. Residuene ble formet til kuler med diameter på 2.5 - 3 cm. Oljeklumpene ble veid før oppstart og etter 5 timers bølgeeksponering, men en visuell vurdering ble gjort etter 10 min, 30 min, 1 time, 2 timer, 3 timer og 5 timer.

De to oljene viste seg forskjellig allerede ved påføringen. ULSFO-residuet holdt kuleformen gjennom hele forsøket, mens IF180-residuet hadde spredt seg til en disk på ca 5 cm allerede før vippingen ble startet. Etter 1 timer hadde alle bortsett fra et av IF180-residuene, negativ oppdrift. Alle ULSFO-residuene holdt seg flytende under hele testen. ULSFO-residuet hadde lavere tetthet enn IF180-residuet slik at den kombinerte tettheten av olje/sand til residue fra ISB av ULSFO ble ikke høy nok til at den sank selv med høyere mengde adsorbent sand enn IF180-residuet.

Under de forsøksbetingelsene brukt her, indikerer resultatene at det testede ISB-residue av IF180 eksponert for sand og bølger kan få såpass høy tetthet at det vil kunne synke, mens tettheten til det testede ULSFO-residuet ikke ble høy nok til at det sank.

6 Referanser

Faksness, L.G., F. Leirvik, M. Johnsen (2018). Antennelse av oljer til OPV. Forprosjekt til olje-på-vann 2018. SINTEF rapport OC20158 A-065, ISBN 978-82-7174-337-6.

Faksness, L.G., T.A. Pettersen, I. Buist, J. McCourt (2019). Field- and laboratory generated in situ burning residues. Chemical characteristics and burn efficiencies. SINTEF report 2019:000819 (restricted)

Faksness, L.G. (2019). In situ brenning. Erfaringer med ISB og forarbeid for systemet rundt ISB mhp operative forhold. SINTEF rapport 2019:00130, ISBN 978-82-14-06376-9.

Fritt-Rasmussen, J., S. Wegberg, K. Gustavson (2015). Review on burn residues from in situ burning of oil spills in relation to Arctic waters. Water Air Soil Pollut, 226: 329, 12 pp.