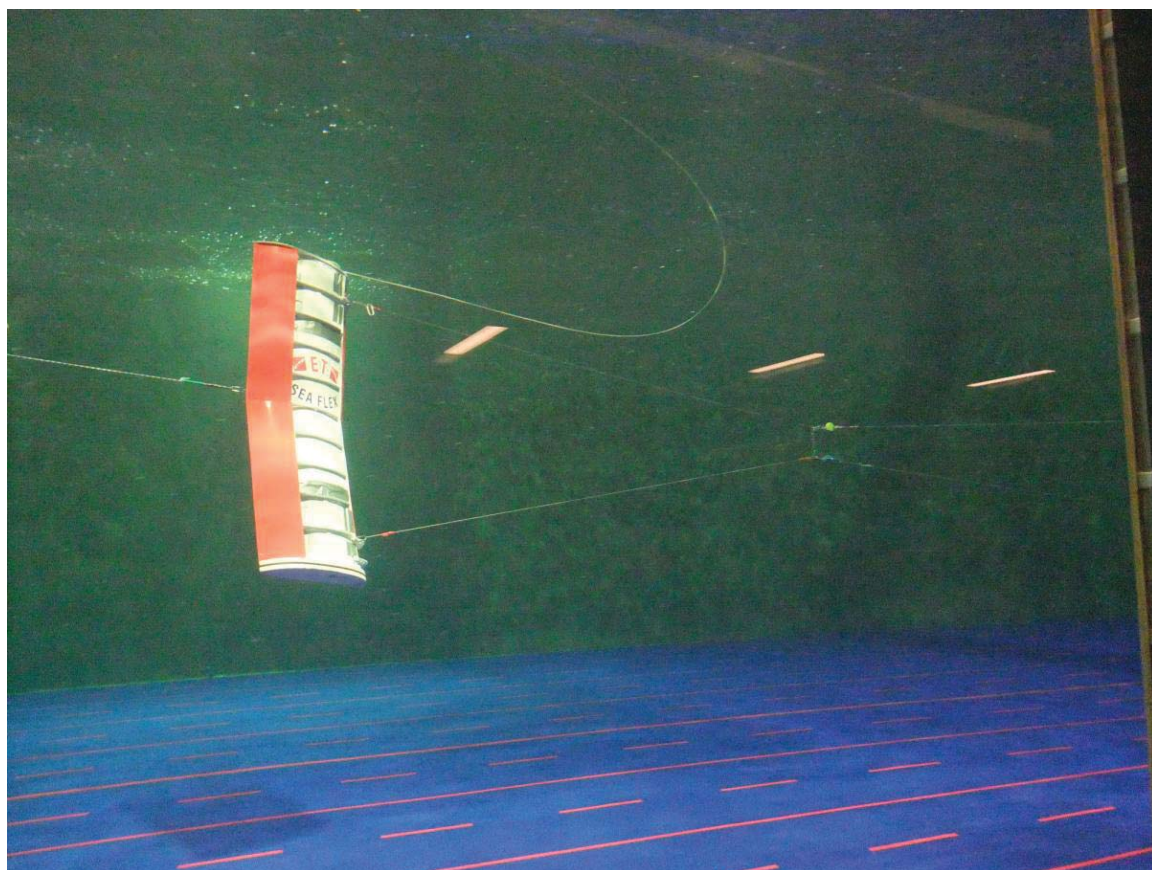


Tester av tråldørrigging for SeaFlex 7,5 m² tråldører med Multipelt 832 om bord i G.O. Sars i mars 2014

av

John Willy Valdemarsen, Havforskningsinstituttet
og Trond Nedrebø, Roy Skulevold, og Arvid Sæstad, Egersund Group AS



Tester av tråldørrigging for SeaFlex 7,5 m² tråldører med Multipelt 832 om bord i G.O. Sars i mars 2014

av

John Willy Valdemarsen, Havforskningsinstituttet
Trond Nedrebø og Roy Skulevold, Egersund Group AS
Arvid Sæstad, Egersund Group AS

Innhold

Innledning.....	5
Trål, tråldør og rigging	5
Instrumentering.....	8
Forsøkgjennomføring.....	8
Metode for beregning av spredningskraft til tråldørene	8
Resultater.....	8
Generelt.....	8
Effekt av lengdeforskjell på bakstroppe med V-rigging	8
Virkning av bakstroppfeste i midterste og bakre hull	8
Virkning på spredningskraften til tråldørene med varierende lukeåpninger	10
Virkning på rollvinkel og vertikalvandring av tråldørene med ulike lukeåpninger oppe og nede.....	10
Trålmotstand.....	11
Paralellrigging versus V-rigging	12
Virking av løftekiten.....	12
Diskusjon.....	13

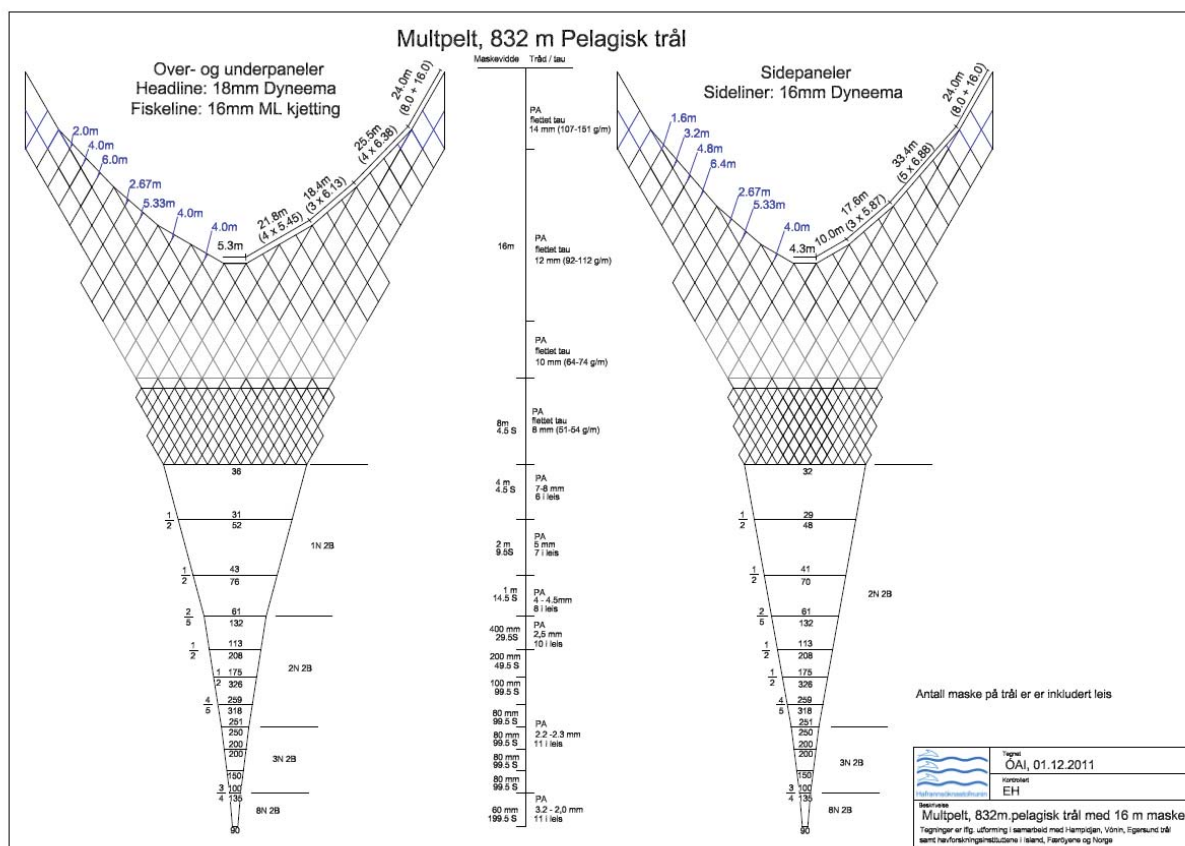
Innledning

SeaFlex tråldører med luker som kan åpnes og lukkes er utviklet av Egersund Trål AS som en aktivitet i CRISP. Uttesting av tråldørene har skjedd i et samarbeid mellom Havforskningsinstituttet, Egersund Group AS og Kongsberg Maritime, Simrad. Havforskningsinstituttet har anskaffet et sett med 7,5 m² Seaflex tråldører som standard utrustning av pelagiske tråldører. Disse ble brukt på makrellsurveyet i 2013 om bord i M/S "Eros" sammen med Multpelt 832. For å evaluere fullskala egenskaper med ulike rigginger av tråldørene og med varierende tauefart ble det lagt opp til funksjonstester om bord i G.O.Sars på et CRIPS tokt i mars 2014.

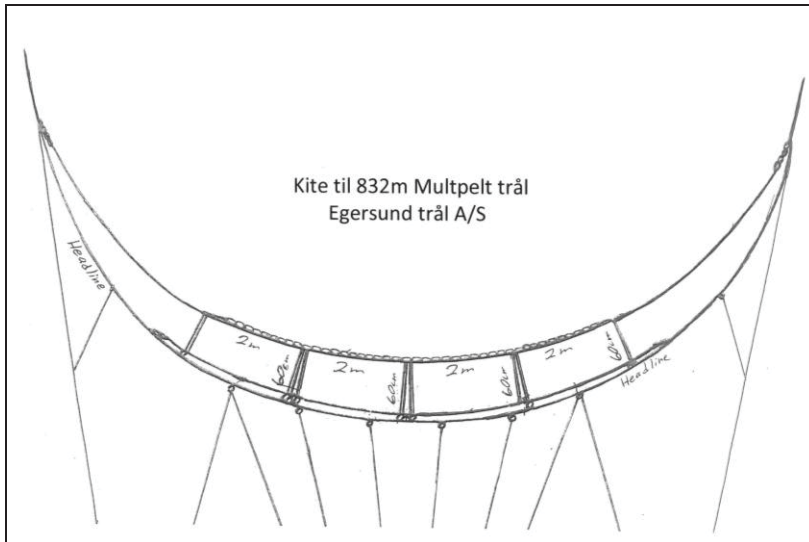
Trål, tråldør og rigging

Trålen brukt under forsøkene var en Multpelt 832 som vist i Figur 1. Som oppdrift ble brukt en 4,8 m² kite montert midt på headlina (Figur 2). Oppå kiten ble det brukt en fenderblåse med 65 kg oppdrift for å gjøre kiten funksjonell under utsetting.

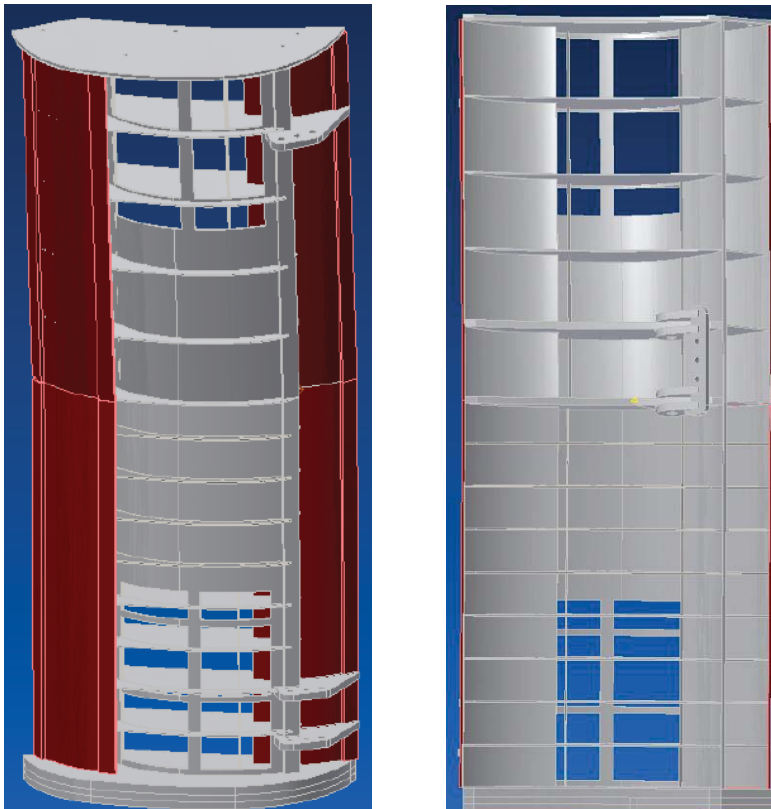
Tråldørene er vist i Figur 3. Tre ulike rigginger som ble testet er vist på figurene 4a-c. V-riggingen vist på Figur 4a ble testet i tre varianter, første med like lengde på bakstoppene bak tråldørene og med disse festet i midtposisjon, andre med 60 m lengre bakstropp oppe og tredje med 60 cm forskjell på bakstroppene og med disse festet i bakerste hull.



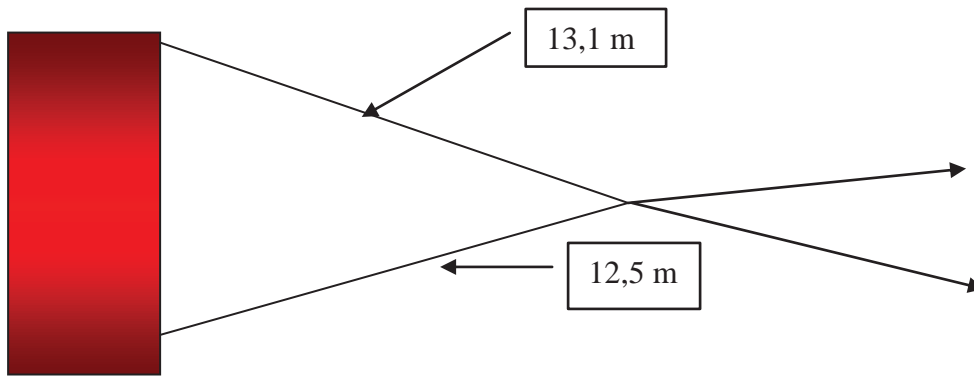
Figur 1. Multpelt 832-trålen.



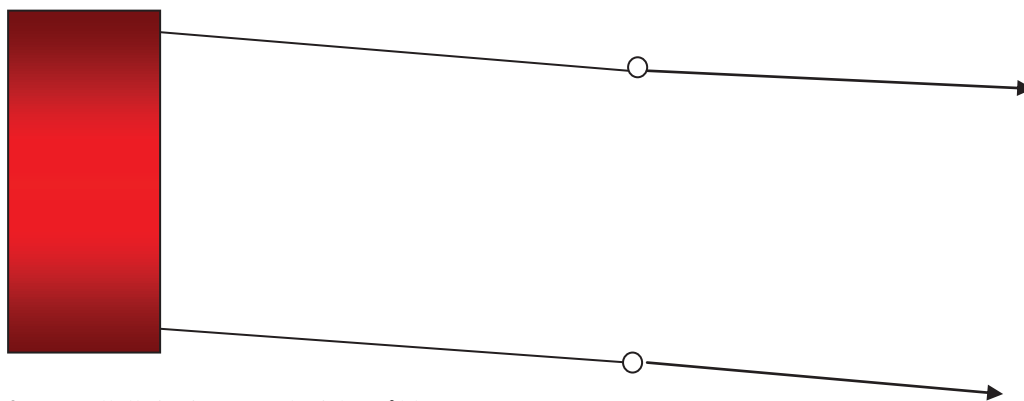
Figur 2. Skisse av 4,8 m² kite montert midt på headlina



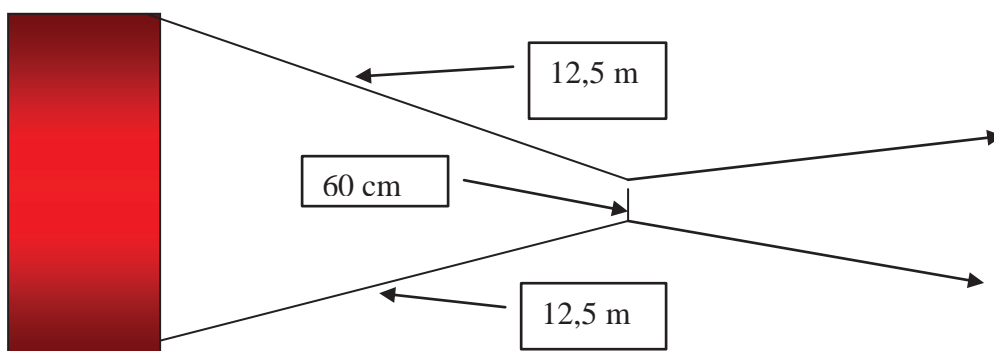
Figur 3. SeaFlex tråldører med 4,3 m høyde og 1,75 m bredde.



Figur 4 a. V-rigging av pelagiske tråldører



Figur 4 b. Parallell rigging av pelagiske tråldører



Figur 4 c. "Lille heden" rigging av pelagiske tråldører

Instrumentering

PI sensorer ble brukt på tråldørene for måling av roll, pitch, tråldøravstand og tråldørdyp. På trålen var det montert dybdesensorer for å måle tråldyp, trålhøyde, samt Scanmar sensor til å måle trålfart. I noen forsøk ble også det brukt strekkceller bak tråldørene.

Forsøksgjennomføring

Forsøkene ble alle gjennomført med åpen pose. Det ble brukt 350 m trålwire og tauefarten varierte mellom 4,5 og 3 kn. Målinger av geometri, strekk og fart ble logget kontinuerlig. Forsøksområder var Sørøysundet i Finnmark og åpnet farvann nord for Nordkapp.

Metode for beregning av spredningskraft til tråldørene

I noen av forsøkene ble det brukt strekkceller for å måle strekk i sveipene bak babord tråldør. Wirestrekk ble målt ved ISym fra Scantrol AS. Beregning av spredningskraft til tråldørene var basert på målt strekk i wire og i sveipene bak tråldørene hensyntatt vinkelen til wire og sveiper på måletidspunktene.

Resultater

Generelt

Målinger av vinkler, geometri og strekk for alle testene med SeaFlex tråldørene og Multpelt 832 trålen er gjengitt i Tabell 1.

Effekt av lengdeforskjell på bakstroppe med V-rigging

SeaFlex dørene har alltid vært V-rigget i tidligere forsøk med denne tråldørtypen. Dette var også riggingen som ble brukt med de samme tråldørene under makrelltokt med Eros i 2013.

Forsøkene viste at 60 cm forlenging av den øverste bakstroppen hadde betydelig effekt på pitch og roll. Pitch med 60 cm forlenget stroppe over var tilnærmet horisontal, mens den tiltet ca 15 grader oppover med lik lengde på bakstroppene. Samtidig var rollvinkelen innover betydelig større med like bakstroppe, mellom 15 og 20 grader. Ved 60 cm forlenget overstroppe hullet dørene 5 til 10 garder innover, mest med størst tauefart. Virkningen av dette på dørdypet utgjorde 30 til 50 meter, mest med liten tauefart. Dørene kom til overflaten med 4,5 kn tauefart med 350 m wire ute. Virkningen på dørspredningen av dette var 10 til 15 meter.

Virkning av bakstroppefeste i midterste og bakre hull

Dørspredningen ble noe redusert når bakstroppene ble flyttet et hull bakover. Reduksjonen var på 2-4 m.

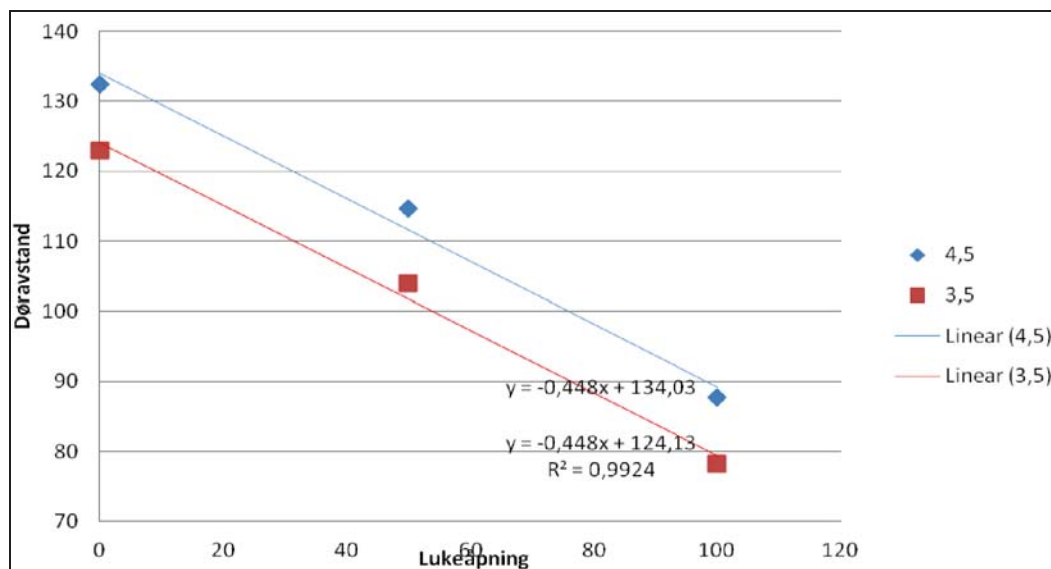
Tabell 1. Resultater fra målinger av trålgeometri og motstand ved ulike rigginger av tråldører, inklusive varierende grad av lukeåpninger

Forklaringer: Rigging (A,B,C) der A=1=V-rigging, A=2= parallellrigging og A=3="lilleheden" og der B=2= bakstroppfeste i midten, B=3= bakstroppfeste i bakre hull og der C=0 er lik lengde av bakstroppene og C=60= 60 cm forlengelse av øverste bakstopp. Negativ rollvinkel betyr at dørene heller innover, Negativ pitch betyr at tråldørene er tiltet ned framover.

St nr	Rigging	Lukeåpning over	Lukeåpning under	Taufart	Dør avs.	Vinge (est)	Tråldyp	Trålhøyde	BB dørdyp	BB roll	BB pitch	BB strekk	STB dørdyp	STB roll	STB pitch	Wirestrekk
34	1,2,0	0	0	4,2	123	86	0	35	13	-31,5	17	-	6	-24,6	19,1	10
34	1,2,0	0	0	3,59	130	90,1	31	42	46	-21,3	12,3	-	41	-20,8	18,3	9,01
34	1,2,0	0	0	3,02	131	90,7	62	44	75,4	-17,8	13,6	-	76	-15	15,6	8,28
35	1,2,60	0	0	4,3	137	94	-	39	45,2	-12,6	-1,3	-	38,5	-10,3	0,9	11,79
35	1,2,60	0	0	3,47	138,4	94,7	-	47	90,5	-6,4	-1,3	-	90,3	-3,5	0,2	9,26
35	1,2,60	0	0	3,0	134	86,9	-	47	124	-3,9	0	-	101	-3	3,2	7,8
36	1,3,60	0	0	4,28	132,5	91,5	44,2	40	58,9	-10	-1,9	-	57,6	-4	-2,8	12,12
36	1,3,60	0	0	3,3	123	86,3	99,2	46,7	115	-3,1	-0,3	-	113	2,9	-1,1	8,64
41	1,3,60	50%	50%	4,62	114,7	81,8	37,1	46,9	53,7	-2	-3,1	9,835	63,9	-6	-2	12
41	1,3,60	50%	50%	3,66	111	79,8	70,9	50,3	92,2	-0,6	-5,2	7,467	84,7	-1,1	1,3	9,32
41	1,3,60	50%	50%	3,37	104	75,9	96	61,5	123	4,5	-4	5,400	118	6,5	0	7,88
42	1,3,60	100%	100%	4,74	87,7	67	51,2	54,8	75,7	0,3	-5,7	9,640	69,9	-0,5	-2,7	11,88
42	1,3,60	100%	100%	3,84	84,7	65,4	70,9	59,1	97,4	5,4	-4,5	7,668	90,5	4,9	-5,4	9,68
42	1,3,60	100%	100%	3,16	78,2	61,8	96	67	117	9,3	-5,3	5,717	125	9,5	-3,1	8,01
43	1,3,60	50%	0	4,48	107,7	78	0	46,7	13,6	-23,9	5,5	9,522	19,7	-30	7,2	11,78
43	1,3,60	50%	0	3,94	114	81,4	32	51,5	52,7	-21,4	4,5	7,110	53,7	-20,5	3,5	9,56
44	1,3,60	25%	0	4,37	117	83	0	59,1	28,8	-15,7	-1	9,106	37,5	-15,3	5,3	12,19
44	1,3,60	25%	0	3,54	124,8	87,3	59	50	74,4	-7,4	0,5	6,306	80,9	-7,8	4,3	9,34
47	2,3,0	0%	0%	4,5	130,6	90,5	0	38,5	10,4	-22,1	17,1	9,272	12,6	-17,9	18,2	11,64
47	2,3,0	0%	0%	3,87	126,9	88,4	9	48	30,7	-15,4	12,9	7,506	31,1	-14,2	13,9	10,14
47	2,3,0	0%	0%	3,03	131,6	91,0	53,7	50,7	80	-4,4	3	5,778	74,1	0	5,8	8
48	2,3,0	0	50%	4,5	126,4	88,2	0	40	14,5	-15,8	18,3	7,282	20,4	-8,1	11,7	9,9
48	2,3,0	0	50%	3,44	129	89,6	34,2	47,5	57,9	-4,7	11	8,888	51,5	-4,6	11,9	9,9
49	3,3,0	0	50%	4,24	137,3	94,1	58,1	39,1	29,4	-15,8	14,1	8,888	41,7	-2,1	0,3	12,66
49	3,3,0	0	50%	3,24	134	92,34	111	41	84	-2,1	-2,1	6,669	89	5,8	-3,4	9,33

Virkning på spredningskraften til tråldørene med varierende lukeåpninger

Dørspredning med lukkede, 50% og 100% åpne luker med ca 4,5 og 3,5 kn tauefart er illustrert i Figur 5. Beregnet spredningskraft for tråldørene med 0, 50, og 100 % lukeåpning er også vist i Tabell 2. Av tabellen framgår at spredningskraften ble redusert med 42,8 % og 48% med henholdsvis 4,5 og 3,5 kn tauefart. Det var også effekt på roll og pitch ved å åpne luker. Tråldørene tiltet noe framover med økende lukeåpning, mens dørene rettet seg mer opp med åpnere luker, ca 5-10 grader.



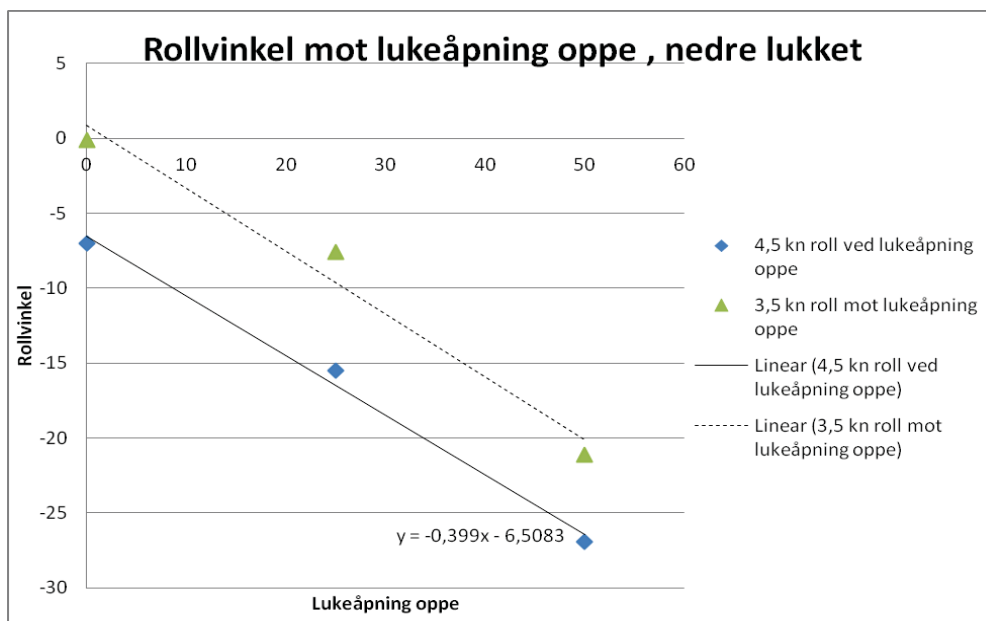
Figur 5. Virkning på døravstanden ved å åpne lukene henholdsvis 0, 50 og 100 %.

Tabell 2. Beregnet spredningskraft til hver tråldør med 0%, 50% og 100% lukeåpning ved 4,5 og 3,5 kn tauefart

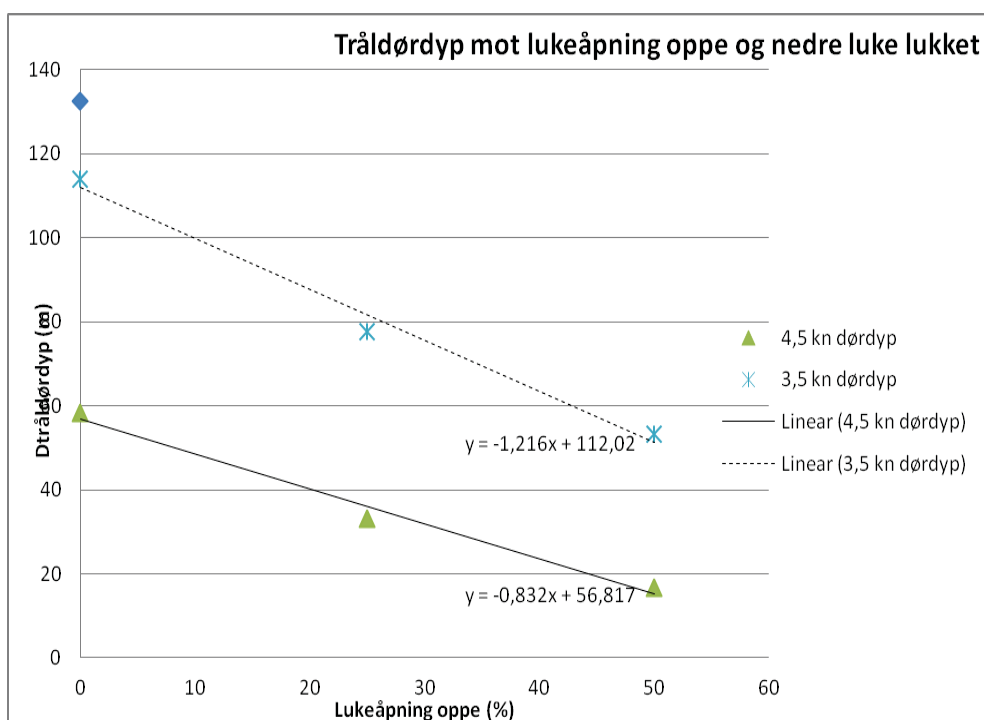
Fart/lukeåpning	0%	50%	100%
4,5 kn	4250 kg	3600 kg	2430 kg
3,5 kn	2500 kg	1900 kg	1300 kg

Virkning på rollvinkel og vertikalvandring av tråldørene med ulike lukeåpninger oppe og nede

Rollvinkelen til SeaFlex tråldørene kan påvirkes ved å åpne luker over og/eller under tauebraketten. I forsøkene om bord i G.O. Sars åpnet vi lukene oppe, henholdsvis 25 og 50% mens de nederste lukene var lukket. Effekt på rollvinkelen av disse tiltakene er vist i Figur 6. Effekten på dypgående ved å tilte tråldørene innover, er de skjærer opp, samtidig som de mister noe spredningsevne. Denne vertikaleffekten med økende lukeåpning er illustrert i Figur 7. Betydningen av å åpne en luke oppe med 50% er en forskjell i vertikaldypde på henholdsvis 41,6 og 50,8 m med 4,5 og 3,5 kn tauefart med dørtypen som ble brukt i dette forsøket



Figur 6. Rollvinkel med 0, 25% og 50% lukeåpning oppe med 3,5 kn og 4,5 kn tauefart-

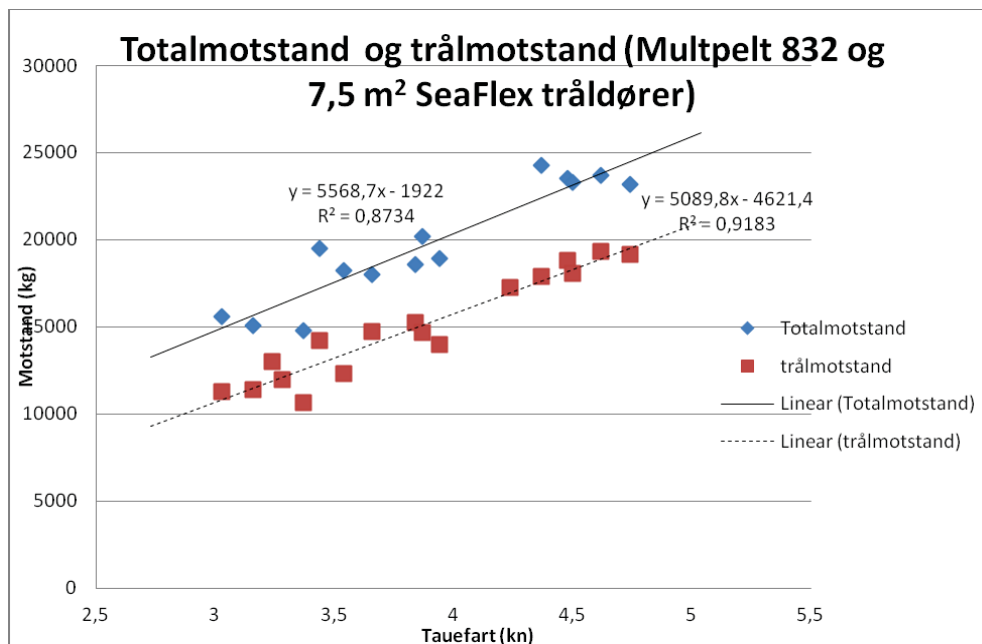


Figur 7. Tråldørddyp mot lukeåpning oppe

Trålmotstand

Målingene av totalmotstand og av selve trålen er framstilt i Figur 8. Basert på sammenhengen mellom tauefart og beregnede motstander som framkommer av regresjonen vist i Figur 8, er total- og trålmotstand for Multpelt 832 trålen beregnet for 3, 4 og 5 kn. Disse beregningene er gjengitt i Tabell 3. For samme trål er også beregnet motstand med et matematisk simuleringsprogram DynamiT. Noen resultater fra disse simuleringene er også angitt i

tabellen. Trålen er også laget i 1:32 skala og testet i strømningstanken i Hirtshals. Resultater for sammenlignbar rigging som brukt i fullskala er også angitt i tabellen.



Figur 8. Motstand av Multipelt 832 samt totalmotstand inklusive tråldører og 350 m trålwire.

Tabell 3. Trål- og total-motstand av Multipelt 832 og 7,5 m² Seaflex tråldører med 3, 4 og 5 kn tauefart. I tabellen er også angitt resultater fra matematisk simulering med DynamiT programmet og forsøk i strømningstanken i Hirtshals

Tauefart	3 kn	3,5 kn	4 kn	4,5 kn	5 kn
Trålmotstand (kg)	10649	13194	15739	18284	20829
Totalmotstand (kg)	14782	17566	20350	23134	25918
Trålmotstand (simul)		12042			22500
Totalmotstand (simul)		13480			
Trålmotstand (modell)					21000
Totalmotstand (modell)				20000	23000

Parallellrigging versus V-rigging

Pelagiske tråler rigges vanligvis med parallell rigging av sveipene bak tråldørene. Dette er fordelaktig ved skyting og innhiving av tråldørene da den nedoverrettede kraften på undersveipen sørger for at tråldørene blir stående tilnærmet vertikalt ved utsetting og innhiving.

Virking av løftekiten

Kiten på 4,8 m² ble montert på trålen for å sikre at headlina er i overflaten ved overflatetråling etter makrell. I forsøkene ble det erfart at kiten hadde god løftkraft. Effekten av kiten var at headlina ble løftet opp over tråldørene slik at tråldørenes vertikalsposisjon var tilnærmet midt i trållåpningen vertikalt. Hva dette utgjør i løftkraft kan vanskelig evalueres men dersom kiten har en løftkraft som er 50 % av tråldørens, og med 60 % av arealet betyr det en løftkraft ved

4,5 kn på ca 1300 kg. Sannsynligvis er dette et underestimat av løftkraften til en riktig montert russekite. En sannsynlig effekt av kiten er at den også betyr minst 1000 kg i ekstra trålmotstand når tauefarten er 4,5 kn.

Headlina med kite kom til overflaten når tråldørene lå minst 20 grader innover med 4,5 kn tauefart. Dette var mer enn forventet med 350 m 32 mm diameter stålwire ute. Dette er samme effekt som forsøkes oppnådd med Multpelt 832 ved overflatetråling etter makrell, men der blir det brukt 350 m Dyneema wire foran tråldørene og store blåser på vingespissene til trålen.

Diskusjon

Forsøkene ga oss et klart bilde av virkningen på tråldørene av ulike riggealternativer og effekt av lukeåpninger. Som i tidligere forsøk med tilsvarende SeaFlex tråldører på 2 m² og 9 m² ble spredningskraften redusert med mer enn 40 % når alle lukene ble åpnet helt. I motsetning til i tidligere forsøk hadde vi i dette forsøket også måling av strekk både foran og bak tråldørene. Vi målte også avstand mellom tråldørene som så var grunnlag for samtidige beregninger av vingespredningen. Strekk og vinkler til trålwire og sveiper er så grunnlag for beregning av den reelle spredningskraft til tråldørene ved ulike rigginger og lukeåpninger. Disse beregningene som er gjengitt i tabell 2 viser at forskjell i spredningskraft med alle luker lukket og med disse åpnet var hele 48% ved 3,5 kn og 42,8% ved 4,5 kn tauefart. Selv om det er noe usikkerhet til nøyaktighet av strekkmålingen foran tråldørene, og at vingespredningen ble estimert fra matematiske simuleringer, mener vi at den påviste virkning av lukeåpning på tråldørspredning er realisk. På bakgrunn av at lukeåpningen utgjør kun 20 % av tråldørarealet er denne virkningen uventet stor.

Virkningen på tråldørmotstanden av å åpne lukene er imidlertid mer usikre. Målingene og beregningene tyder imidlertid ikke på at tråldørmotstanden ble vesentlig redusert når lukene ble åpnet.

Åpning av lukene oppe resulterer i at tråldørene legger seg innover, som igjen betyr at de utsettes for oppoverrettede krefter som får tråldørene til å stige. Når lukene oppe ble åpnet 50 % la tråldørene seg 20-25 grader innover samtidig som disse steig 40-50 m i vannsøylen. I praksis betyr dette at en luke på ca 0,2 m² kan være stor nok til å vertikalstyre en tråldør som brukt i forsøkene med 20 meter. Hvis bare en tråldør skal styres vertikal i forhold til ”pardøra” er dette stor nok luke til å justere denne døra med 10 m opp eller ned i forhold til referansedøra som er ”pardøra”.

Motstandsmålingene av Multpelt 832 under forsøkene er sammenlignbare med målingene gjort av 1:32 skala modellen i strømningstanken. Siden forsøkene ble utført med ulike typer og størrelser av tråldører samt at strekkmålingene i wire er realtvt usikre, er målingene av kun trålmotstand mest sammenlignbare. Her er forskjellen mellom fullskala måling og modellmåling på mindre enn 1%, noe som er veldig bra. Beregnede verdier for motstand med

DynamiT viser verdier som er ca 7 % høyere enn den målte motstanden. Vi har ikke godt grunnlag for å forklare årsakene til disse forskjellene.

Et litt uventet resultat var også at det var mulig å få trålen til å gå med headlina i overflaten med 350 m av 32 mm dia. stålwire ute når det ble brukt 4,6 m² ”russekite” på senter av headlina. Når tråldørene lå 25-30 grader innover hadde de nok løftekraft til å få trålen opp til overflaten mens tråldørene var 10 -15 under overflaten. Dette viste at kiten har god virkning når den er montert riktig, 30 cm kortere tau mot øverste del av kiten i forhold til lengden av telnen under.