

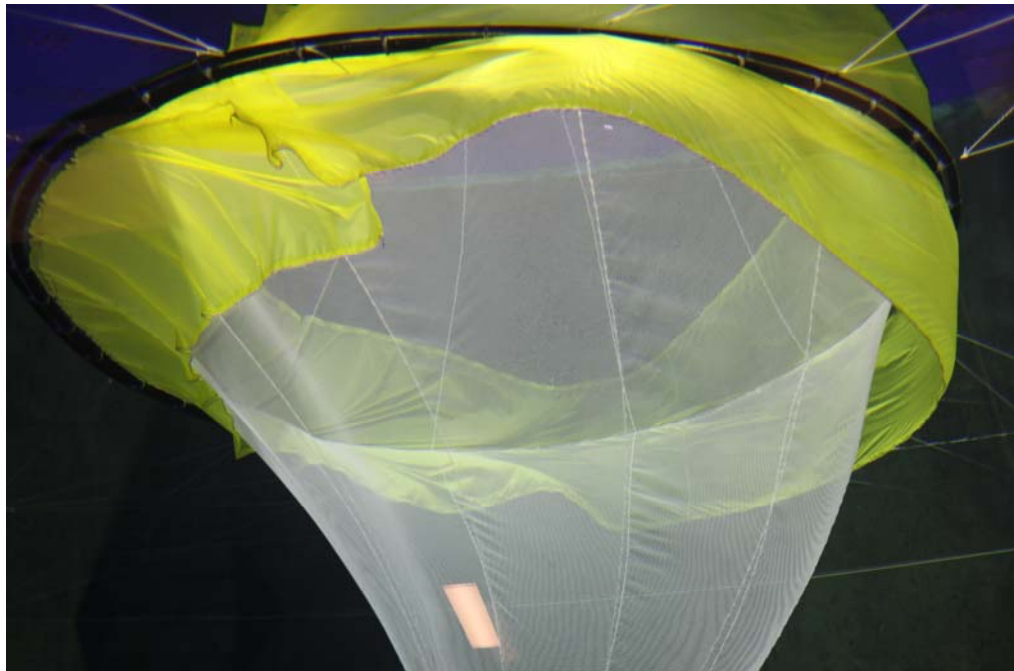
Rapport

Erfaringsdelingsseminar med demoforsøk (901405)

(Del av SKJERMTEK, FHF-prosjekt 901396)

Forfattere

Zsolt Volent, Andreas Bekkevoll



SINTEF Ocean AS

Postadresse:
Postboks 4762 Torgard
7465 Trondheim

Sentralbord: 464 15 000

ocean@sintef.no
www.sintef.no/ocean
Foretaksregister:
NO 937 357 370 MVA

Rapport

Erfaringsdelingsseminar med demoforsøk (901405)

(Del av SKJERMTEK, FHF-prosjekt 901396)

RAPPORTNR	VERSJON	DATO
OC2017 A-155	1.0	2017-08-31

EMNEORD:
Lakseoppdrett
Luseskjørt
Modellforsøk**FORFATTER(E)**
Zsolt Volent, Andreas Bekkevoll**OPPDRAKSGIVER(E)**
FHF**OPPDRAKSGIVERS REF.**
Kjell Maroni**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**
24 inkl. vedlegg

GRADERING	GRADERING DENNE SIDE	ISBN
Unrestricted	Unrestricted	978-82-7174-309-9

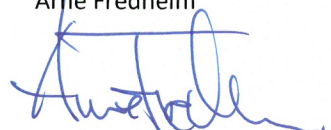
SAMMENDRAG

Målet med seminaret var å belyse hvordan skjørt oppfører seg under vannflaten, samt erfaringer med bruk av luseskjørt. Modellforsøkene fokuserte på å demonstrere dukens og merdens bevegelser i strøm og bølger, samt kreftene som virker på forankringen. Under forsøkene ble det hensyntatt forskjellige ønsker fra deltakerne på seminaret for å prøve å gjenskape forskjellige situasjoner som er observert i praktisk oppdrett. Seminaret hadde også fokus på de biologiske aspektene ved bruk av luseskjørt, for eksempel i tilknytning til eventuell reduksjon i vannutskiftning, miljøbetingelser og skadelige alger.

Resultatene fra modellforsøkene viste at det er liten forskjell mellom planktonduk og tett duk med hensyn på vertikal forflytning i forhold til vannstrøm. Det er heller ikke store variasjoner av kreftene på konstruksjonene med hensyn på duk kvalitetene. Ekstra nedlodding i front hadde ikke noen effekt på vertikalforflytningen eller dragkreftene på konstruksjonene.

Anbefalinger med hensyn til nedlodding er da å beholde de etablerte vektene for skjørt, mellom 5 og 8 kg/m tørrvekt, så skjørtet ikke flyter opp på grunn av luftbobler som eventuelt fester seg på duken eller at duken har en tetthet tilsvarende sjøvannet eller lettere.

Overlapp av duken motstrøms, medstrøms eller sydd sammen gav ingen forskjell med hensyn på krefter. Det anbefales likevel å lukke duken sammen i skjøten for å unngå at store mengder vann blir presset inn i merden ved overlapp motstrøms.

**UTARBEIDET AV**
Zsolt Volent, Andreas Bekkevoll**KONTROLLERT AV**
Andreas Myskja Lien**GODKJENT AV**
Arne Fredheim

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
0.1	2017-06-30	Utkast til kvalitetssikring

1.0	2017-08-31	Endelig
-----	------------	---------

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
2	Gjennomføring	4
3	Faglig innlegg under seminaret	6
4	Resultater	7
4.1	Spissnot med ulike skjørt	7
4.2	Sylindernot med ulike skjørt	9
4.3	Forskjell mellom spissnot og sylindernot med bunnring	11
4.4	Ekstra forsøk	12
4.4.1	Effekt av ekstra punktlodd i fremkant av skjørtet	12
4.4.2	Effekt av ulik overlapp i skjørt av skjørt	13
4.4.3	Effekt av endret vekt på bunnlodd i spisspose	15
5	Diskusjon	17
6	Konklusjon	19

BILAG/VEDLEGG

Vedlegg 1: Invitasjon til erfaringsdelingsseminar med demoforsøk

Vedlegg 2: Program for erfaringsdelingsseminar i Hirtshals

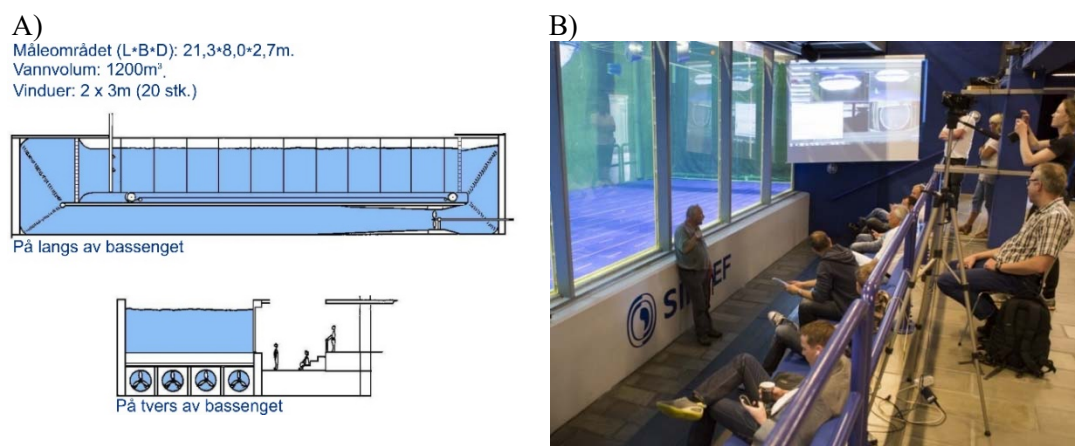
1 Innledning

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) og SINTEF Ocean AS inviterte til erfaringsdelingsseminar og modellforsøk med luseskjørt den 31. mai til 2. juni, 2017 i SINTEF Ocean sin flumetank i Hirtshals. Seminaret var en del av prosjektet SKJERMTEK som er finansiert av FHF (FHF-prosjekt 901396). Invitasjon og programmet til erfaringsdelingsseminar ble distribuert til flest mulig interessenter og annonsert i forskjellige tidsskrifter slik som Kyst.no og Norsk Fiskeoppdrett (vedlegg 1 og 2). Seminaret var gratis for deltakerne.

Målet med seminaret var å belyse hvordan skjørt oppfører seg under vannflaten, samt erfaringer med bruk av luseskjørt. Modellforsøkene fokuserte på å demonstrere dukens og merdens bevegelser i strøm og bølger, samt kreftene som virker på forankringen. Under forsøkene ble det hensyntatt forskjellige ønsker fra deltakerne på seminaret for å prøve å gjenskape forskjellige situasjoner som er observert i praktisk oppdrett. Seminaret hadde også fokus på de biologiske aspektene ved bruk av luseskjørt, for eksempel i tilknytning til eventuell reduksjon i vannutskiftning, miljøbetingelser og skadelige alger (foredragene finnes på SINTEF sine nettsider: <http://www.sintef.no/SKJERMTEK>). Det var 56 deltakere på seminaret.

2 Gjennomføring

Flumetanken består av en tank med målene: 21,3 m lang, 8,0 m bred og 2,7 m dyp fra vannflaten og til bunnen (Figur 1). Det er fire elektromotorer som driver 4 propeller under forsøksbunnen, som igjen setter opp en strøm, som sirkulerer rundt og gir strøm til forsøksbassenget (Figur 1, A). 20 store vinduer inn mot forsøksområdet gir innsyn til modellene som testes fra siden under vann (figur 1, B). I området foran vinduene er det et auditorium med plass til 30 – 40 personer (figur 1, B).



Figur 1. Prinsippskisse og forsøksområde i flumetanken i Hirtshals. Fire elektromotorer og fire propeller driver strøm i tanken (A). Tjue store vinduer inn mot forsøksområdet gir innsyn til modellene. I området foran vinduene er det et auditorium med plass til 30 – 40 personer (B).

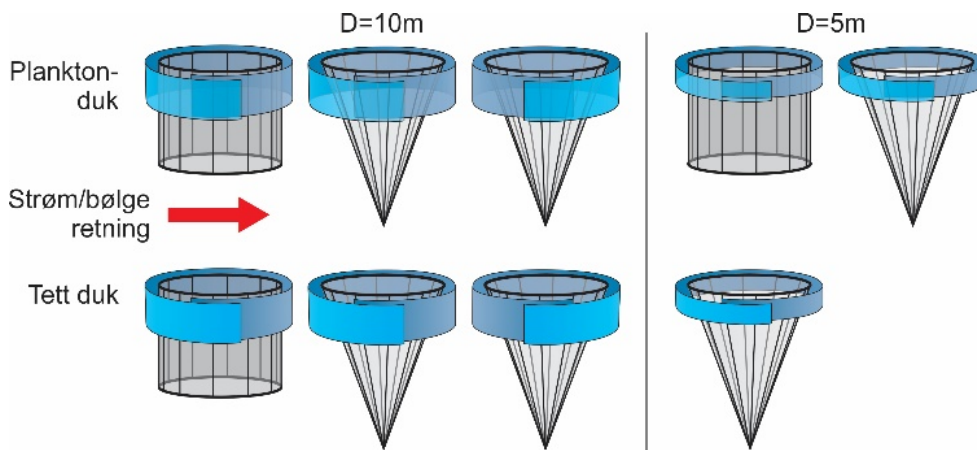
Modellforsøkene ble gjennomført med en modellmerd i skala 1:17 av en 157-metring, med en sylindrisk- og en konisk not. Forholdet mellom modellskala og fullskala er vist i tabell 1.

Tabell 1. Forholdet mellom modellskala og fullskala (skaleringsfaktor er $s = \text{Fullskala}/\text{Modell}$).

Parameter	Symbol	Måleenhet	Skaleringsfaktor (s)	Med $s = 17$
Lengde	S	m	s	17
Areal	A	m ²	s^2	286
Volum	V	m ³	s^3	4 913
Masse	m	kg	s^3	4 913
Kraft	F	N	s^3	4 913
Tid	t	s	\sqrt{s}	4,123
Hastighet	v	m/s	\sqrt{s}	4,123

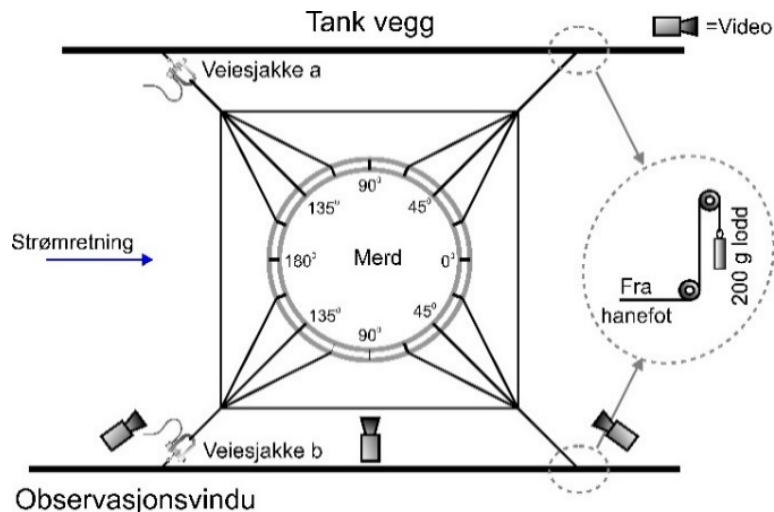
Flytekragen var laget av to 32 mm K-rør (elektrikerrør) for å simulere riktig oppdrift og bøyestivhet. Rørene var holdt sammen av 40 stk. 3d-printede klammer modellert etter skalerte dimensjoner av Aqualine stål-klammer. Nøtene var sydd av Egersund Net av skalert notmateriale med en soliditet på 20 %.

Den koniske nota hadde en nedlodning i spissen på 5 tonn omregnet til fullskala og med et dyp på 34 m (2 m i modellskala). Den sylindriske nota hadde en bunnring med nedlodning på 70kg/m (fullskala) og 500 kg punktlodd (fullskala) i sentrum av bunnen. Dybden av de rette veggene i nota var 20 m (1,7 m i modellskala) mens bunnen var flat. Skjørtene i forsøket hadde 2 forskjellige dybder, 5 og 10 m, med 2 forskjellige soliditeter – 1 (100% tett) og 0,5 (50% tett), montert innenfor flyteringen (figur 2). Målene på skjørtene ble skalert etter en skala på 1:17.



Figur 2. Illustrasjon på montering av de forskjellige merdene og konfigurasjonene.

Modellene ble forankret i en rammefortøyning med haneføtter. Det ble målt strekk med veiesjakler i fortøyningslinene på oppstrømsiden (figur 3). Disse lastmålingen ble benyttet til å beregne dragkraften på konstruksjonen parallelt med strømmen.



Figur 3. Illustrasjon av forankringen av modellene og veiesjakklens plassering.

Forsøkene ble gjennomført ved seks ulike strømhastigheter (V), bølgehøyder (H) og –perioder (T) (tabell 2). Skjørtene på den sylindriske merden ble kjørt medstrøms, mens skjørtet på den koniske merden ble kjørt både motstrøms og medstrøms. Krefter på fortøyningen ble målt i forankringspunktet til haneføttene - relatert til fullskala i koblingsplatene oppstrøms. Skjørt- og notdeformasjon ble overvåket med video.

Alle lodd benyttet i forsøkene, var av materialet stål veid i luft.

Tabell 2. De forskjellige strømhastighetene og bølgehøydene modellene ble testet under.

Skalafaktor 1/17					
Modell	Fullskala	Modell		Fullskala	
V	V	H	T	H	T
[cm/s]	[cm/s]	[cm]	[s]	[m]	[s]
3	12	5,1	0,7	0,87	2,9
5	21	12,6	1,1	2,14	4,5
8	33	17,6	1,3	2,99	5,4
10	41				
15	62				
20	83				

Seminaret og forsøkene ble gjennomført i henhold til programmet for seminaret (vedlegg 2).

Det ble gjennomført ekstra forsøk utenfor programmet etter anmodning fra seminardeltakerne. Ønskene som ble ytret og gjennomført var:

1. Sette på et punktlodd på 100 kg i forkant av skjørtet (oppstrøms) for å undersøke om dette hjalp til å holde duken dypere i sterk strøm.
2. Sy duken sammen i den overlappende skjørtedelen, for å se om duken oppførte seg annerledes og ikke slapp inn så mye vann i skjørtevolumet. Syng av overlappen er mest vanlig brukt per dags dato.
3. Undersøke deformasjonen av spissnot posen med 2 forskjellige vekter på 5 tonn og 2,5 tonn.

3 Faglig innlegg under seminaret

Det ble holdt 8 foredrag med variert innhold under modellbytte mellom forsøkene. I tillegg til faglige foredrag fra SINTEF Ocean om strøm, tidligere forskningsprosjekt på luseskjørt og skadelige alger, fortalte fire representanter fra oppdrettsselskapene Sinkaberg Hansen, Lerøy, Nordlaks og Ellingsen Seafood om sine erfaringer med skjørt. Det er stor tro på forebygging i kampen mot lusa, der skjørt topper listen av tiltak. Hovedårsaken er erfaringer med at det virker på å holde lusetallene nede.

Sinkaberg Hansen har strategi om utstrakt bruk av skjørt, fortrinnsvis på kystlokalitetene fra smolt til slakt. De tester også for tiden ut undervannsføring i kombinasjon med skjørt. Gode resultater i forhold til lusetall med begge løsningene separat har motivert uttestingen. Lerøy bruker skjørt på alle nyutsett der forholdene ligger til rette og har to eksempler på lokaliteter som har stått til slakting uten behandling, der kun forebyggende løsninger er benyttet. Nordlaks dekker 8 nærliggende anlegg i en region med luseskjørt. Ellingsen bruker skjørt på alle lokaliteter. Strategi om å benytte luseskjørt på alle anlegg i et område er med tanke om å forebygge bestandsutviklingen av lakselus i området. Flere bruker renseskjørt i tillegg til skjørtene. Andre tiltak er eksempelvis forebyggende fôr og brakklegging.

De bruker ulike typer skjørt fra ulike leverandører. Argumenter for bruk av 5 m skjørt er at fisken skal ha plass under skjørtet dersom vannkvaliteten innenfor skjørtet blir dårlig. Flere erfarer nettopp at fisken ofte står under skjørtekanten. Argumenter for dypere skjørt er større skjermingsareal mot lusa. Argumenter for å bruke planktonduk er at man får vannutskifting gjennom planktonduken, samtidig som lusa holdes ute. Det er enighet om at skjørtet ikke øker dødelighet eller reduserer tilvekst.

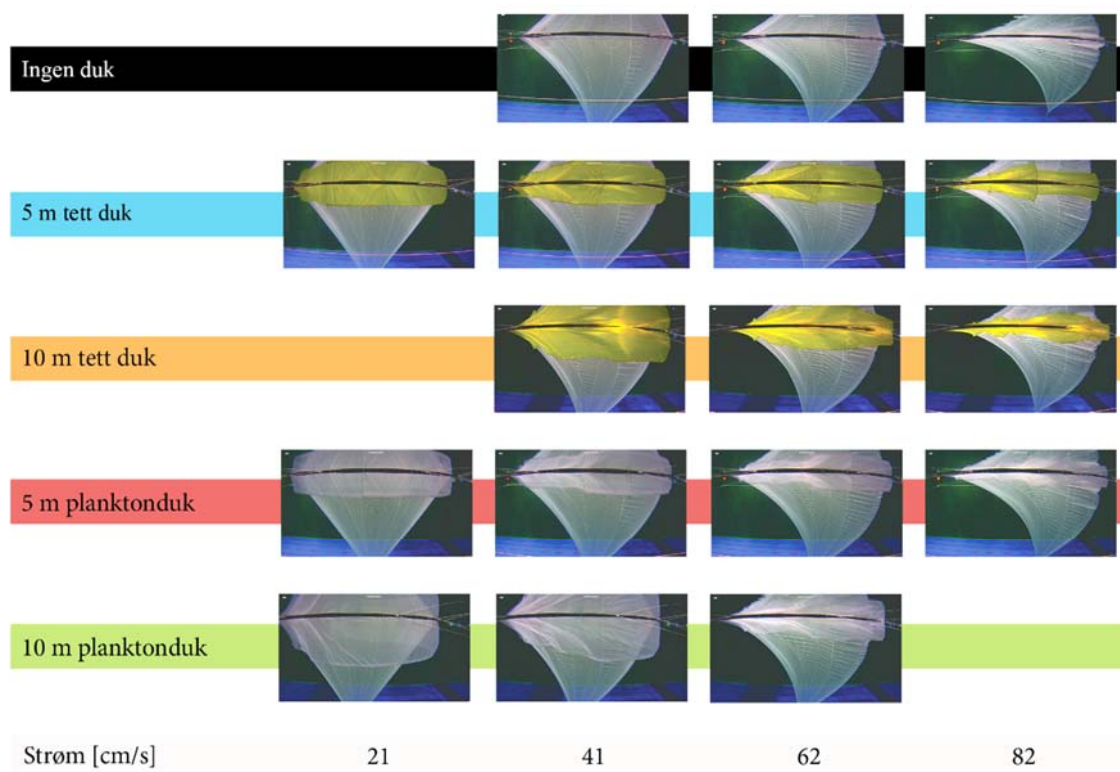
De fleste monterer skjørt mellom not og innerste flytering. Årsak til dette er at det blir enklere med rengjøring i sjø og at skjørtene står bedre. Skjørt på utsiden av flytekragen kan også medføre ekstra slitasje rundt hanefotinnfestingen. Montering tar 1-2 timer. Kan gjøres med én båt, men det er fordel med to. Rengjøring gjøres enten med notvasker i sjø, eller at skjørtene tas med til notvaskeri på land.

Andre utfordringer innebærer at skjørt kan bli løftet opp på merd ved sterk vind og krappe bølger. Skjørtet kan løfte seg på oppstrøms side ved sterk strøm, noe som kan bidra til å presse nota opp mot overflaten. Andre risikomomenter kan være akkumulering av mikroorganismer, redusert merdvolum, lav oksygenmetning, begroing og smittepress.

4 Resultater

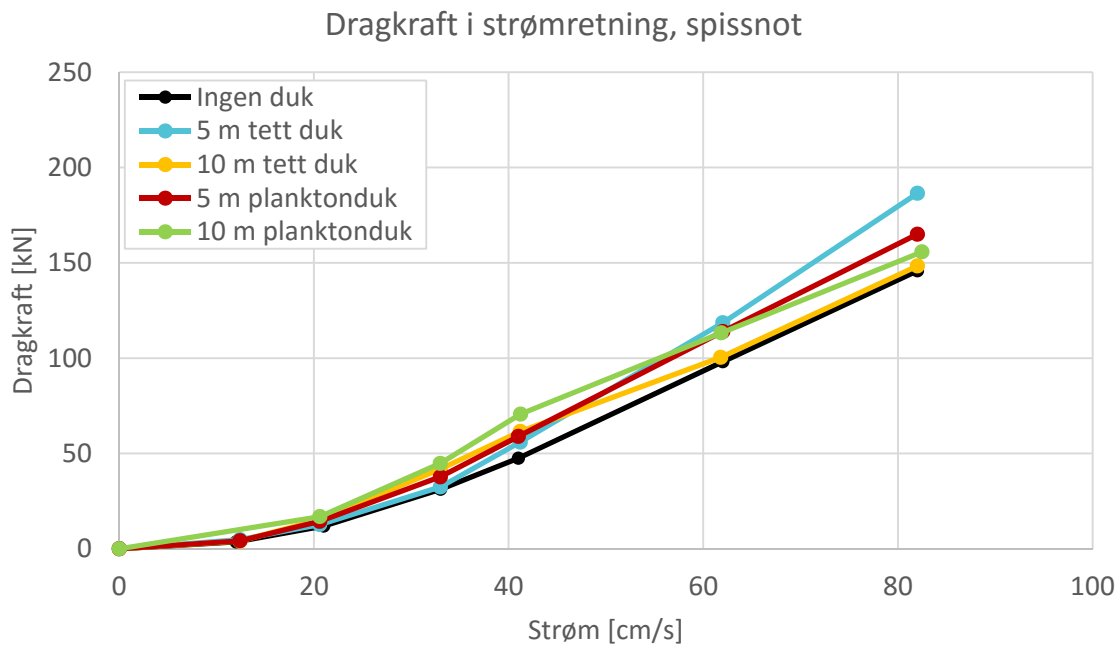
4.1 Spissnot med ulike skjørt

De forskjellige kombinasjonene som ble kjørt med spissnot med 5 tonns lodd i spissen er skjematisert i figur 4. Alle verdier og mål er omregnet til fullskala fra modellskala.



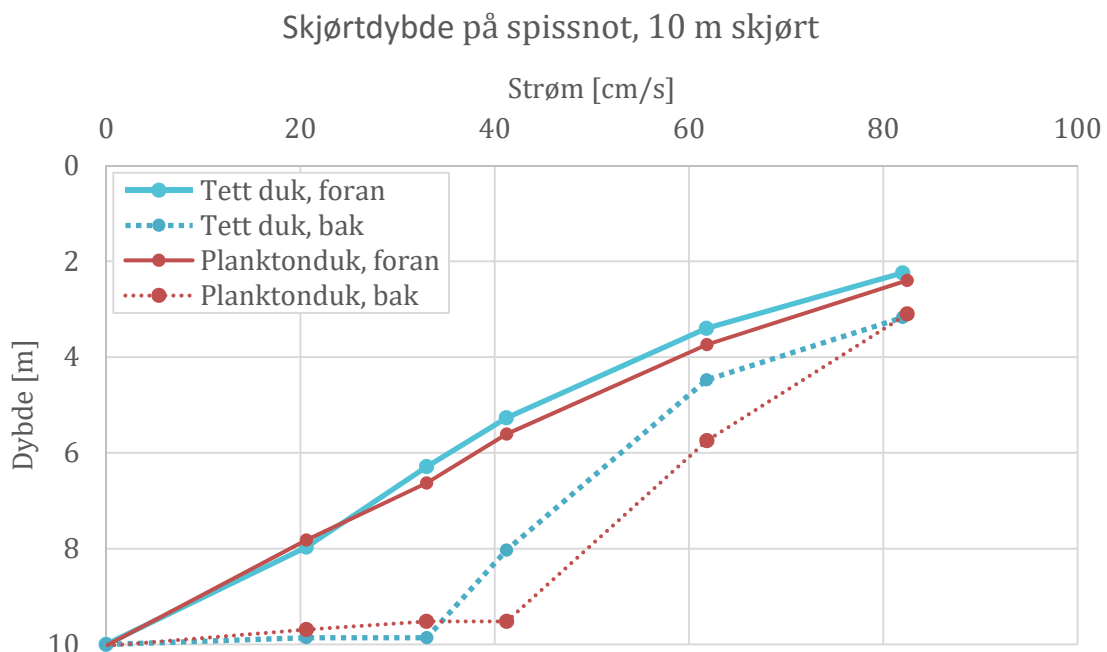
Figur 4. Skjematisert fremstilling av forsøkene med spissnot med de forskjellige kombinasjonene uten duk med et lodd på 5 tonn tørrvekt, 5 m og 10 m tette skjørt, og 5 og 10 m planktonduk skjørt med strømhastigheter fra 21 – 82 cm/s i fullskala. Bildene er tatt vinkelrett på strømmen med strømretning mot høyre.

Dragkreftene parallelt med strømmen for de forskjellige skjørtedypene er beregnet ved hjelp av lastmålingene fra veiesjakkene. Dragkreftene med hensyn på strømhastigheten er vist i figur 5 for konfigurasjonen spissnot uten duk og for 5 og 10 m skjørt, både tett duk og planktonduk.



Figur 5. Dragkrefter parallelt med strømmen (vertikal akse) med hensyn på strømhastigheten (horizontal akse) for konfigurasjonene spissnot med 5 tonns lodd uten duk, 5 og 10 m skjørt med tett duk, og 5 og 10 m skjørt med planktonduk

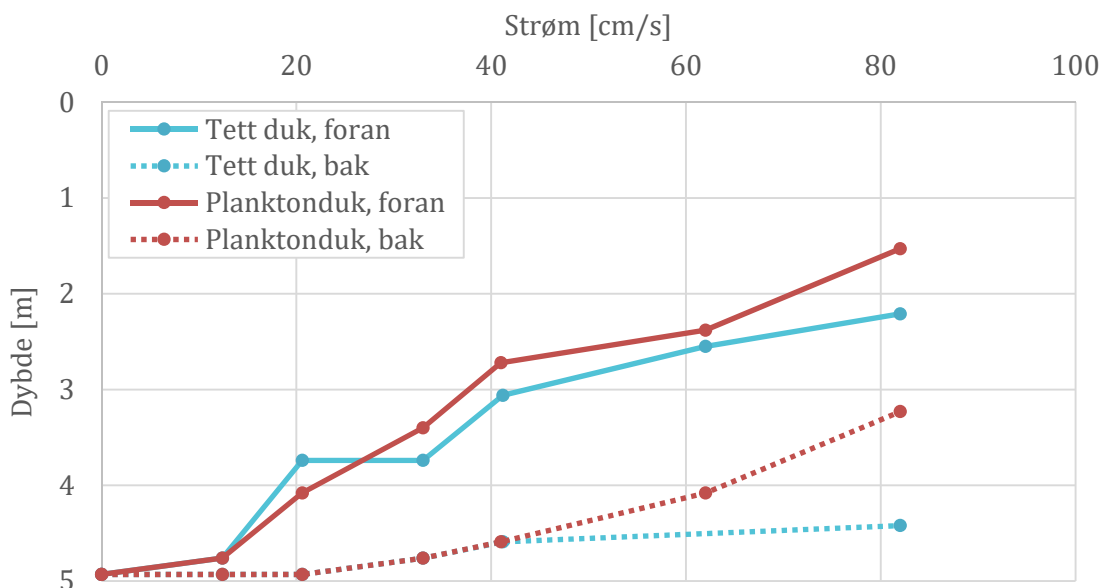
Skjørtedypet oppstrøms (foran) og nedstrøms (bak) med hensyn på strømhastighet for konfigurasjonene spissnot med tett duk og planktonduk for 10 m skjørt, er vist i figur 6.



Figur 6. Skjørtedyp foran og bak (vertikal akse med vannflaten ved 0) med hensyn på strømhastighet (horizontal akse) for konfigurasjonene spissnot med 5 tonns lodd med tett duk og planktonduk for 10 m skjørt.

Skjørtedypet foran og bak med hensyn på strømhastighet for konfigurasjonene spissnot med tett duk og planktonduk for 5 m skjørt, er viset i figur 7.

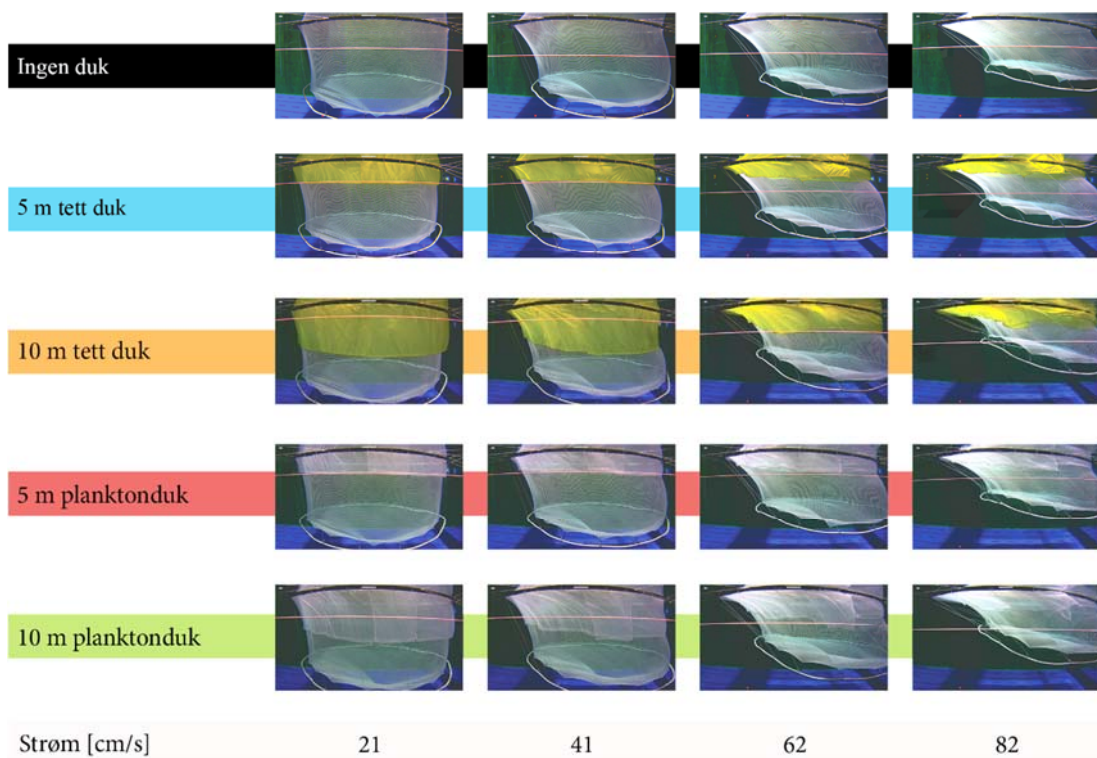
Skjørtdybde på spissnot, 5 m skjørt



Figur 7. Skjørtdyp (vertikal akse med vannflaten ved 0) med hensyn på strømhastighet (horisontal akse) for konfigurasjonene spissnot med 5 tonns lodd med tett duk og planktonduk for 5 m skjørt.

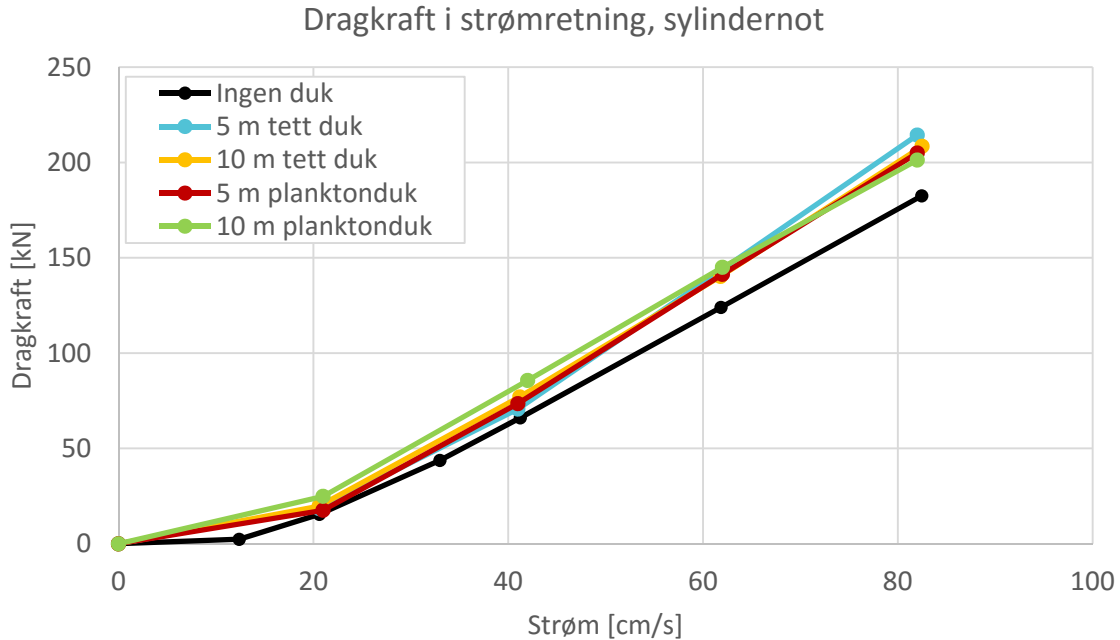
4.2 Sylindernot med ulike skjørt

De forskjellige kombinasjonen som ble kjørt med sylindernot med bunnring på 70 kg/m og 500 kg i midten av bunnen nota er skjematisert i figur 8. Alle verdier og mål er omregnet til fullskala fra modellskala.



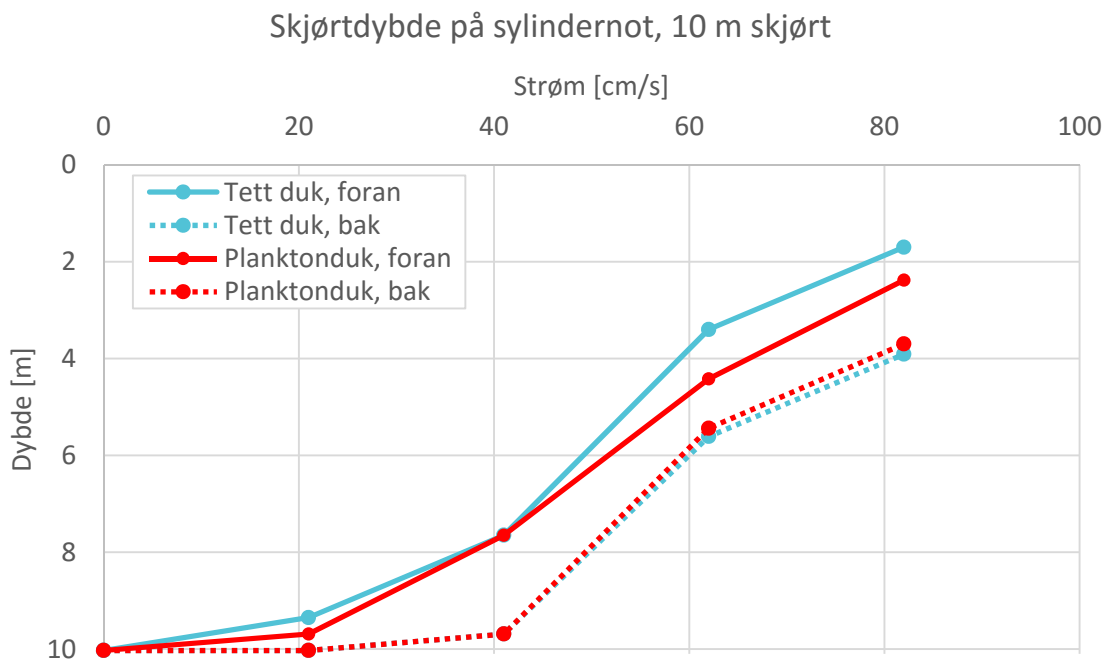
Figur 8. Skjematisk fremstilling av forsøkene med sylindernot og bunnring med de forskjellige kombinasjonene sylindernot med bunnring uten duk, 5 m og 10 m tette skjørt, og 5 og 10 m planktonduk skjørt med strømhastigheter fra 21 – 82 cm/s i fullskala. Bildene er tatt vinkelrett på strømmen med strømrøtning mot høyre.

Dragkreftene parallelt med strømmen for de forskjellige skjørtedypene er beregnet ved hjelp av lastmålingene fra veiesjakkene. Dragkreftene med hensyn på strømhastigheten er vist i figur 5 for konfigurasjonen sylindernot med bunnring uten duk, og for 5 og 10 m skjørt, både tett duk og planktonduk.



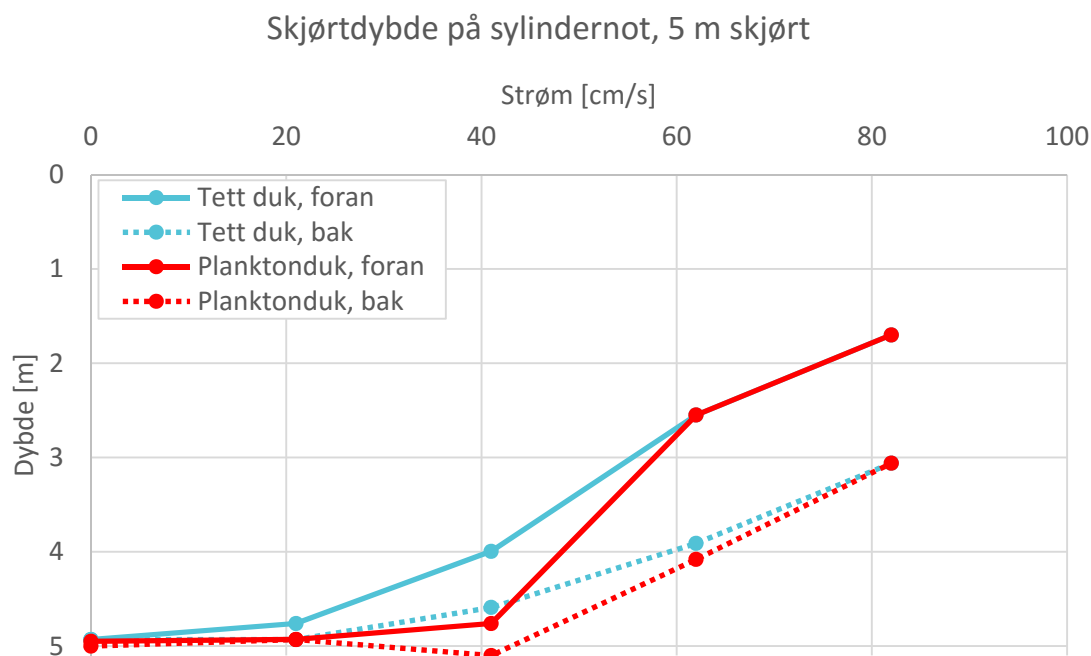
Figur 9. Dragkrefter parallelt med strømmen (vertikal akse) med hensyn på strømhastigheten (horisontal akse) for konfigurasjonene sylindernot med bunnring uten duk, 5 og 10 m dyp tett duk, og 5 og 10 m dyp planktonduk.

Skjørtedyppet oppstrøms (foran) og nedstrøms (bak) med hensyn på strømhastighet for konfigurasjonene sylindernot med bunnring, tett duk og planktonduk for 10 m skjørt, er vist i figur 10.



Figur 10. Skjørtedypp foran og bak (vertikal akse med vannflaten ved 0) med hensyn på strømhastighet (horisontal akse) for konfigurasjonene sylindernot med bunnring, tett duk og planktonduk for 10 m skjørt.

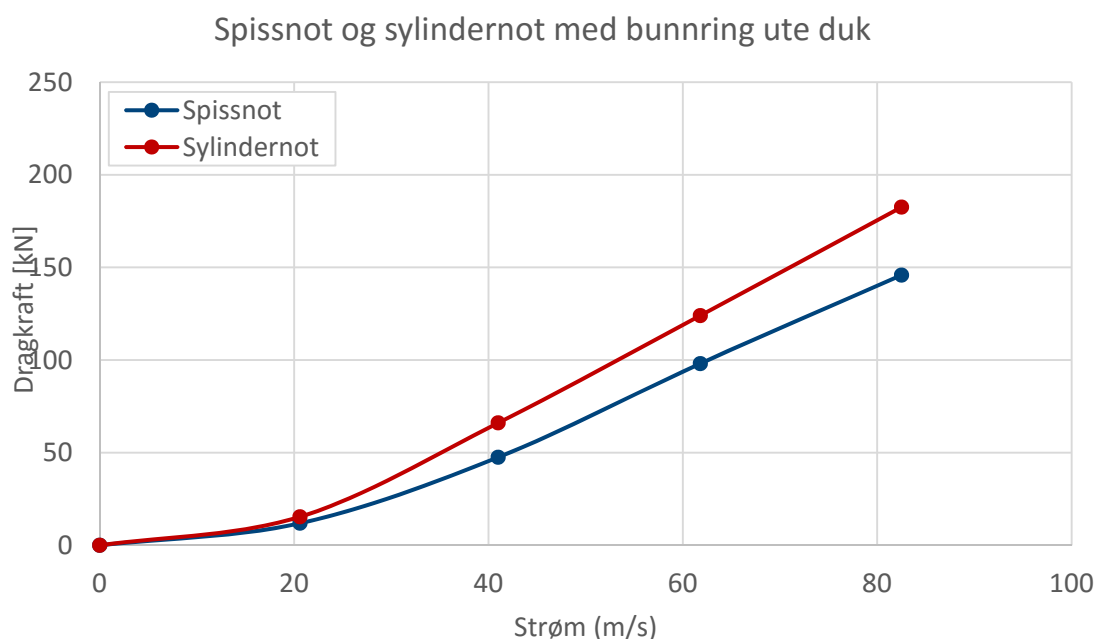
Skjørtedypet foran og bak med hensyn på strømhastighet for konfigurasjonene sylindernot med bunnring, tett duk og planktonduk for 5 m skjørt, er viset i figur 7. I bakkant ser det ut som om duken strekkes, som sannsynligvis er en målefeil (se diskusjonen).



Figur 11. Skjørtedyp foran og bak (vertikal akse med vannflaten ved 0) med hensyn på strømhastighet (horisontal akse) for konfigurasjonene sylindernot med bunnring, tett duk og planktonduk for 5 m skjørt.

4.3 Forskjell mellom spissnot og sylindernot med bunnring

Forskjellige dragkrefter mellom spissnoten og sylindernoten med bunnring, som ble benyttet i forsøkene, påvirker sammenligningsgrunnlaget mellom de forskjellige konfigurasjonene. Dragkraften for spissnoten og sylindernoten med bunnring er vist i figur 12.



Figur 12. Dragkraften for Spissnoten og sylindernoten med bunnring.

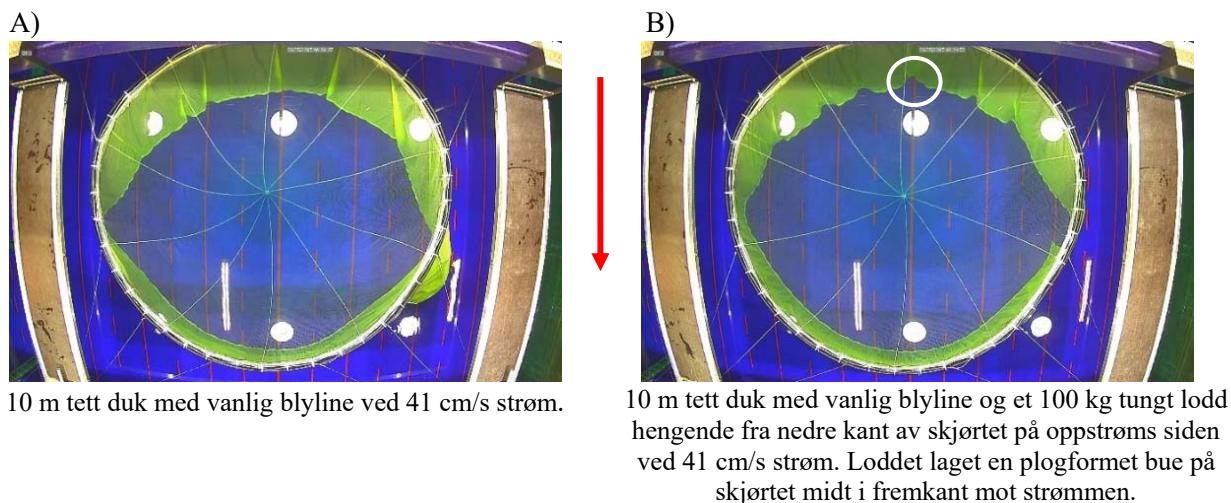
4.4 Ekstra forsøk

Med oppfordring fra deltakerne på seminaret ble det gjennomført noen tilleggsforsøk.

1. Effekt av ekstra punktlodd oppstrøms
2. Effekt av ulik overlapp i skjøt av skjørt
3. Effekt av endret vekt på bunnlodd i spisspose

4.4.1 Effekt av ekstra punktlodd i fremkant av skjørtet

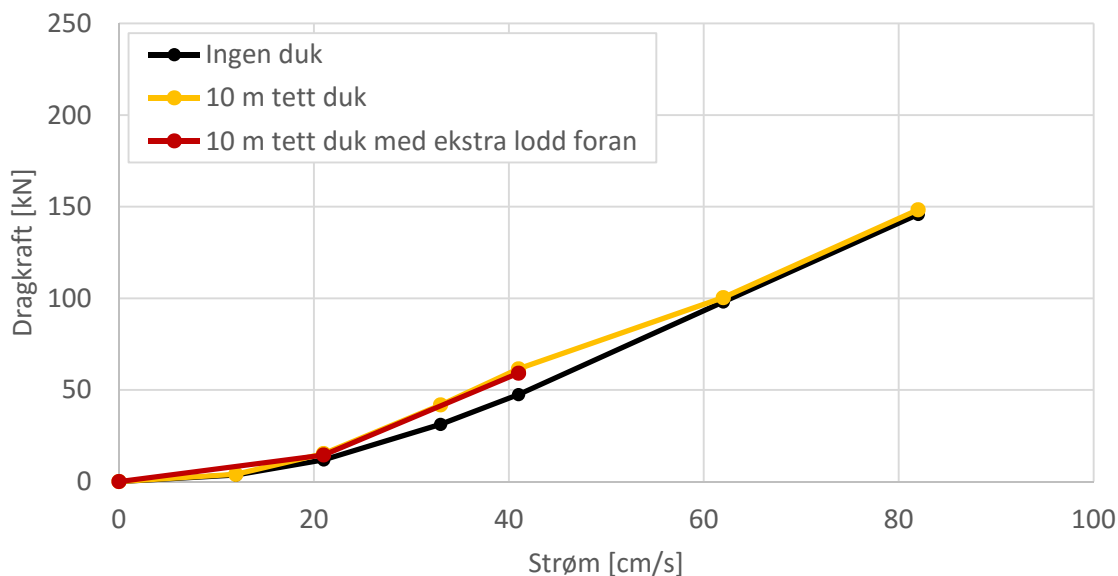
Duken ble bestykket med et punktlodd på 100 kg i fronten oppstrøms for å undersøke effekten på forankringskreftene og skjørtedypet (figur 13).



Figur 13. Bilder av tett duk sett rett ovenfra uten lodd (A) og med et punktlodd på 100 kg i fronten oppstrøms (B). Hvit ring indikerer hvor loddet henger og rød pil indikerer strømretningen.

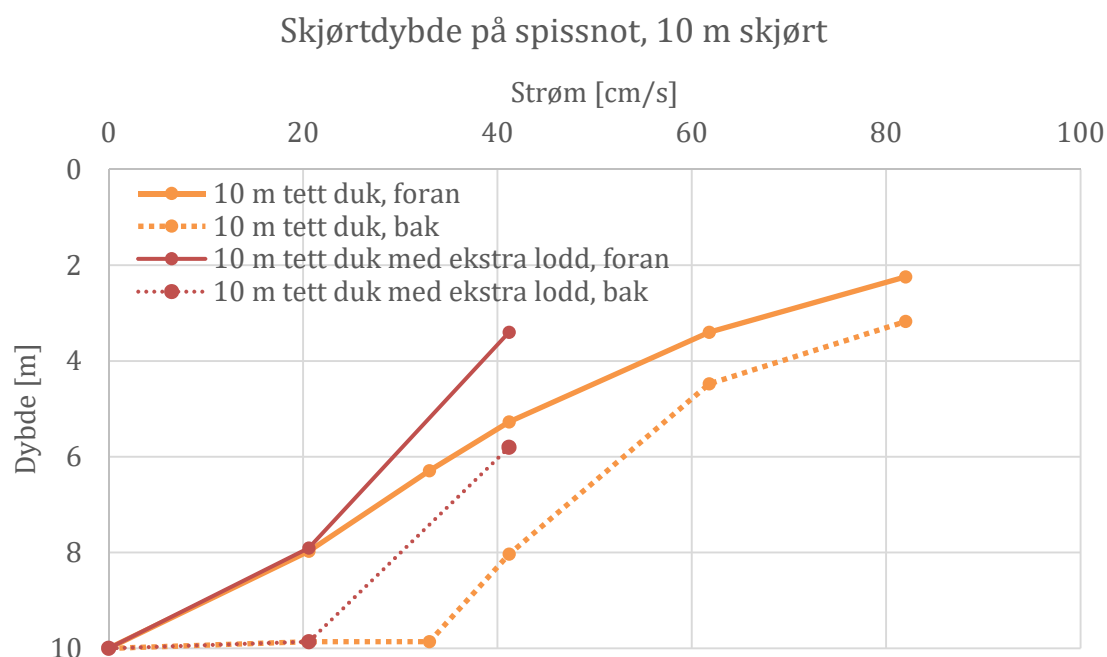
Dragkreftene parallelt med strømmen med hensyn til strømhastighet for spissnot uten skjørt, 10 m tett skjørt og 10 m tett skjørt med punktlodd på 100 kg tørrvekt, montert i front oppstrøms, er vist i figur 14.

Dragkraft i strømretning, spissnot



Figur 14. Dragkrefter parallelt med strømmen (vertikal akse) med hensyn på strømhastighet (horisontal akse) for konfigurasjonene spissnot uten skjørt, med 10m tett skjørt og 10 m tett skjørt påmontert et lodd på 100 kg i front oppstrøms.

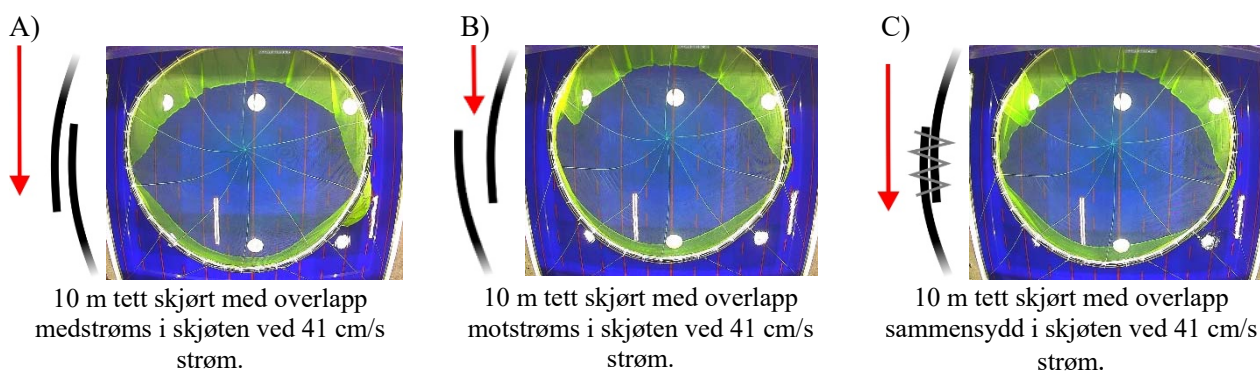
Skjørteedypet foran og bak med hensyn på strømhastighet for konfigurasjonene spissnot 10m tett skjørt og 10m tett skjørt med punktlodd på 100 kg i front oppstrøms, er vist i figur 15.



Figur 15. Skjørteedyp foran og bak (vertikal akse med vannflaten ved 0) med hensyn på strømhastighet (horisontal akse) for konfigurasjonene spissnot med 10 m tett skjørt og 10 m tett skjørt med 100 kg lodd i front, oppstrøms.

4.4.2 Effekt av ulike overlapp i skjørt av skjørt

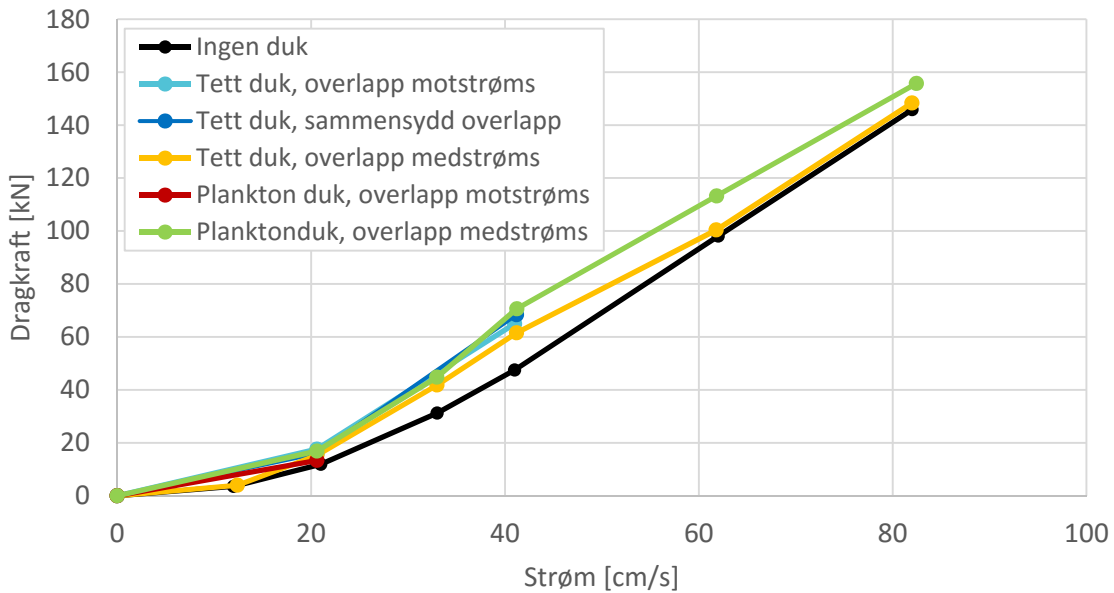
Det tette skjørtet med dyp på 10 m ble teste for forskjellige typer overlapp. Medstrøms, motstrøms og sydd i sammenføyning (figur 16).



Figur 16. Forskjellige konfigurasjoner av overlapp på skjørteendene (rød pil er strømretningen. A) overlapp medstrøms, B) overlapp motstrøms og C) sydd i sammenføyningen. Figur til høyre for hvert bilde: Røde piler er strømretningen, svarte streker illustrere duk og overlapp.

Dragkreftene parallelt med strømmen med hensyn på strømhastigheten for konfigurasjonene spissnot uten skjørt og 10 m tett skjørt med overlapp medstrøms, motstrøms og sammensydd i skjøten, og planktonduk med overlapp medstrøms og motstrøms, er vist i figur 17.

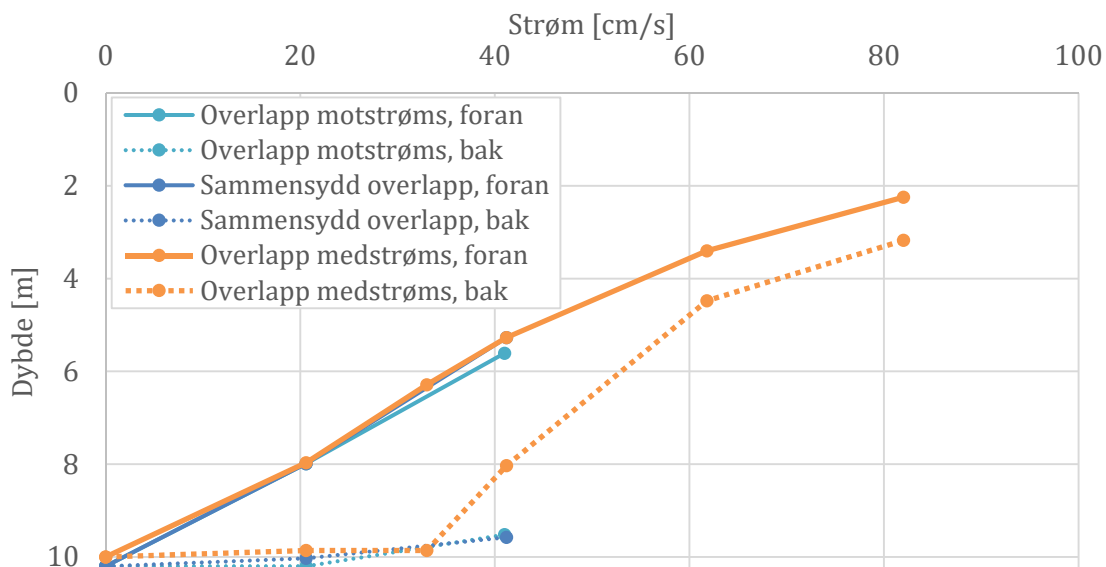
Dragkraft i strømretning, spissnot, 10 m skjørt, ulik overlapp i skjøt



Figur 17. Dragkreftene parallelt med strømmen (vertikal akse) med hensyn på strømshastigheten (horisontal akse) for konfigurasjonene spissnot uten skjørt og 10 m tett skjørt med overlapp medstrøms, motstrøms og syd, og planktonduk med overlapp medstrøms og motstrøms.

Skjørtedypet foran og bak med hensyn på strømshastighet for konfigurasjonene spissnot med 10 m tett skjørt med overlapp medstrøms, motstrøms og sammensydd i skjøten, er vist i figur 18.

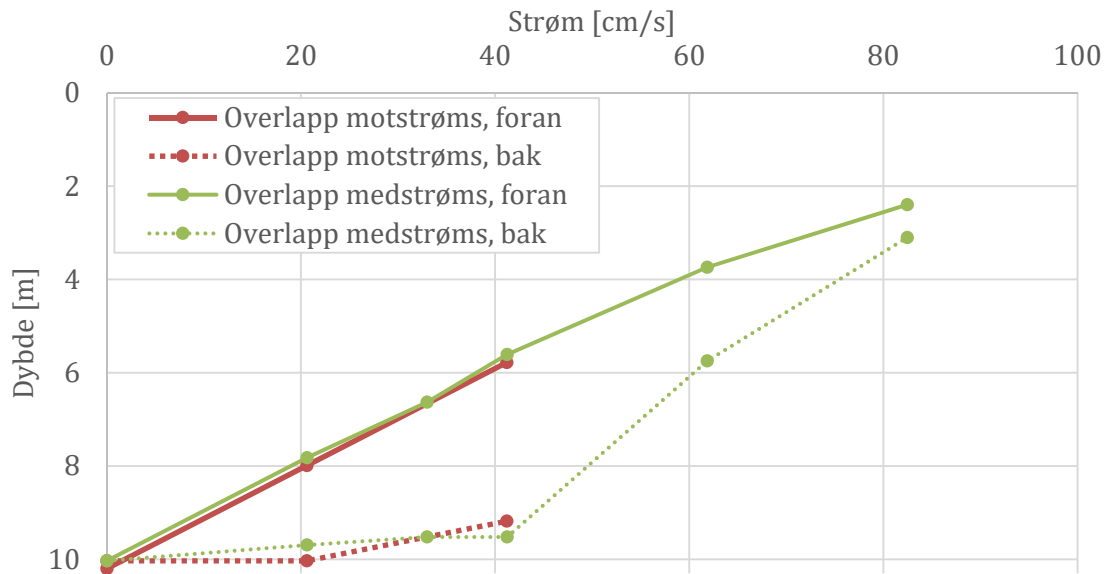
Skjørtedybde på spissnot, 10 m skjørt av tett duk, ulik overlapp i skjøt



Figur 18. Skjørtedypet foran og bak (vertikal akse med vannflaten ved 0) med hensyn på strømshastigheten (horisontal akse) for konfigurasjonene spissnot med 10 m tett skjørt med overlapp medstrøms, motstrøms og sammensydd i skjøten.

Skjørtedypet foran og bak med hensyn på strømshastighet for konfigurasjonene spissnot med 10 m skjørt av planktonduk med overlapp medstrøms og motstrøms, er vist i figur 19.

Skjørtdybde på spissnot, 10 m skjørt av planktonduk, ulik overlapp i skjøt

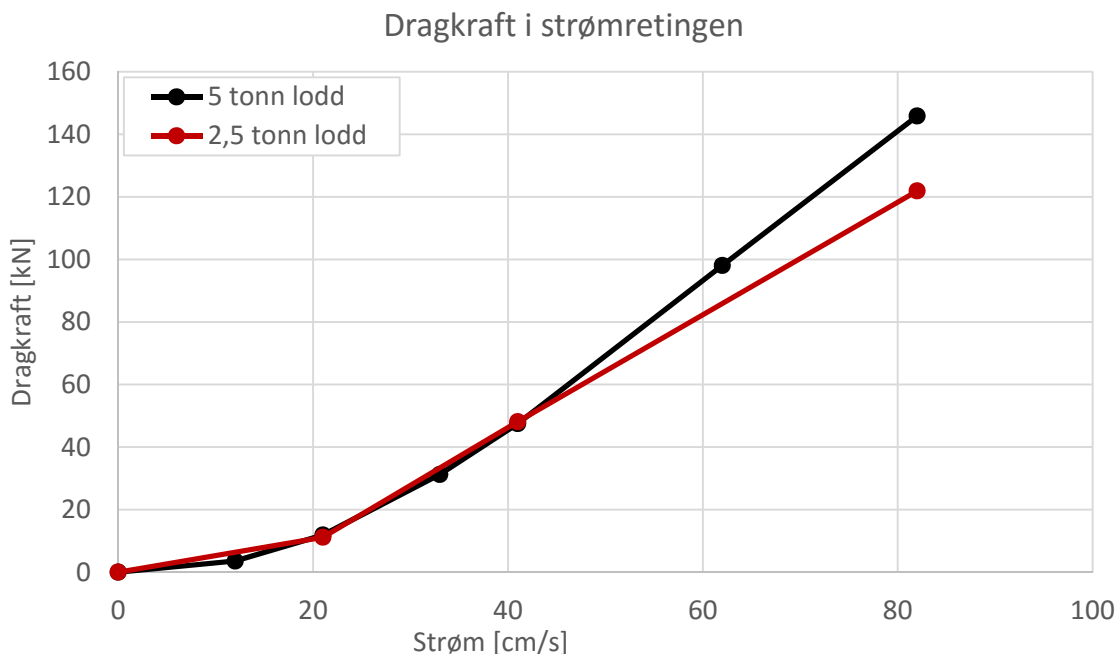


Figur 19. Skjørte dybde foran og bak (vertikal akse med vannflaten ved 0) med hensyn på strømhastighet (horisontal akse) for konfigureringene spissnot med 10 m skjørt av planktonduk med overlapp medstrøms og motstrøms.

4.4.3 Effekt av endret vekt på bunnlodd i spisspose

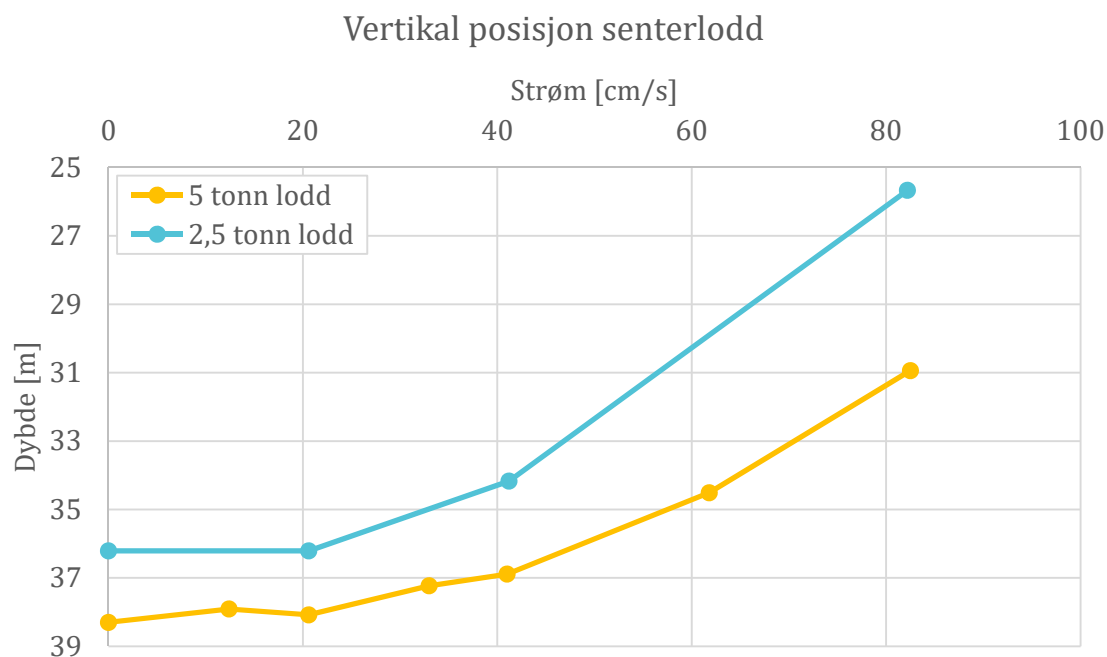
Spissnoten ble testet for dragkrefter og forflytning av bunnloddet (2,5 og 5 tonn) både vertikalt og horisontalt med hensyn på strøm, og pendelbevegelser av loddet (2,5 og 5 tonn) på grunn av bølger med bølgehøyde på 3 m og periode på 5,4 s med en påtrykt strøm på 0 og 82 cm/s.

Dragkrefter på spissnoten med hensyn på strømhastighet for lodd på 2,5 og 5 tonn, er vist i figur 20.



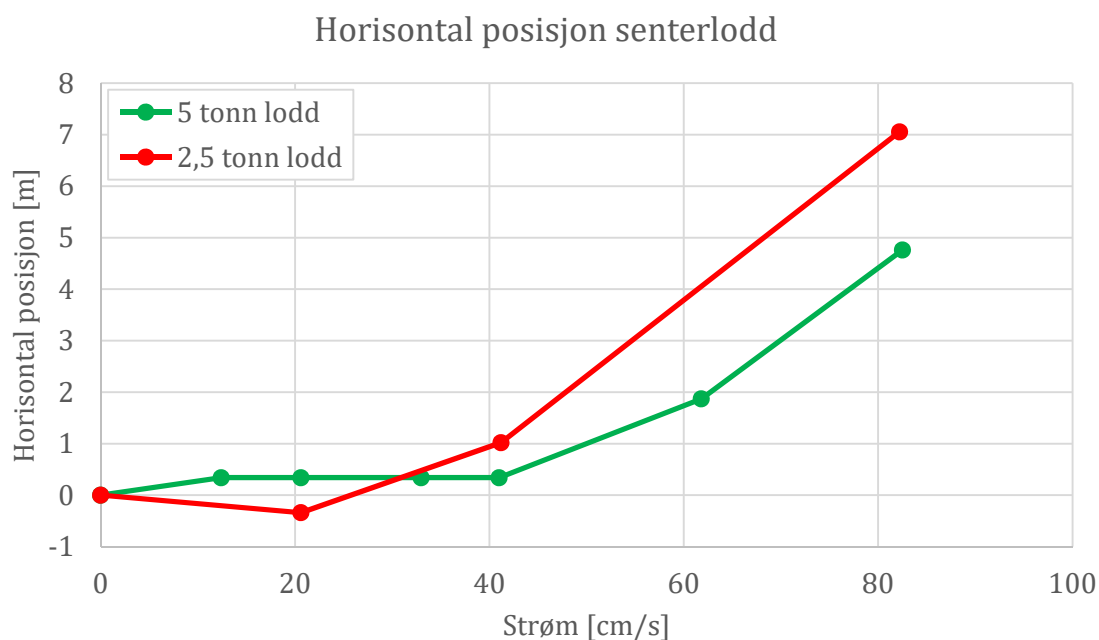
Figur 20. Dragkrefter (vertikal akse) på spissnoten med hensyn på strømhastighet (horisontal akse) for lodd på 2,5 og 5 tonn.

Vertikal posisjon av senterloppet for spissnoten med hensyn på strømhastighet, for lodd på 2,5 og 5 tonn, er vist i figur 21.



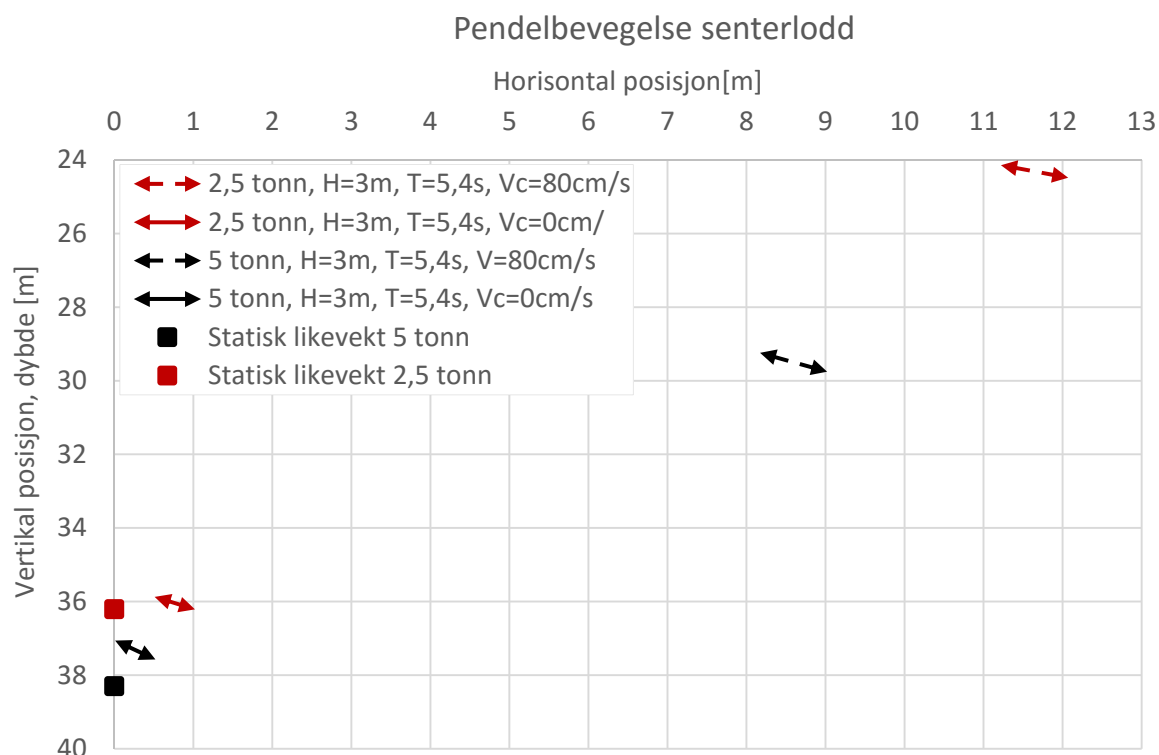
Figur 21. Vertikal posisjon av senterloppet (vertikal akse) for en spissnot med hensyn på strømhastighet (horisontal akse), for lodd på 2,5 og 5 tonn.

Horisontal posisjon av senterloppet for spissnoten med hensyn på strømhastighet, for lodd på 2,5 og 5 tonn, er vist i figur 22.



Figur 22. Horisontal posisjon (vertikal akse) av senterloppet for en spissnot med hensyn på strømhastighet (horisontal akse), for lodd på 2,5 og 5 tonn.

Pendelbevegelser til loddet (2,5 og 5 tonn) på grunn av bølger med bølgehøyde på 3 m og periode på 5,4 s med en påtrykt strøm på 0 og 82 cm/s, er vist i figur 23.



Figur 23. Pendelbevegelser til lottet (2,5 og 5 tonn) på grunn av bølger med bølgehøyde på 3 m og periode på 5,4 s med en påtrykt strøm på 0 og 82 cm/s.

5 Diskusjon

Resultatene fra kraftmålingene viser at skjørt i alle de testede konfigurasjonene øker dragkraften på merden.

Dragkraften på konstruksjonen for de forskjellige duktypene montert på en merd med spissnot (figur 5) viser at 5 m tett duk gir det største bidraget ved 82 cm/s. Sammenligner man skjørtedypet for de forskjellige duktypene ser man at 5 m tett duk stikker lengst ned i vannet i bakkant ved høy strøm og skaper dermed en større tverrsnitts areal og dermed en høyere dragkraft. Forøvrig er forskjellen på dragkraften for de forskjellige dukene liten.

I forkant (oppstrøms), løftes duken relativt sett lineært med hensyn på strømhastigheten både for 10 m skjørt (figur 6). I bakkant (nedstrøms), blir ikke duken løftet nevneverdig før man kommer opp i strømhastigheter på 33 – 41 cm/s.

For 5 m skjørt er vertikal forflytning med hensyn på strømmen ikke like klar. Årsaken til dette er ikke klarlagt, men kan ha med kalibreringen av måleren og eventuelt hvor man målte på duken. Duken bølget seg i vannet, og fra vinkelrett på strømmen, der kamera for måling av dybde var lokalisert, var det vanskelig å avgjøre den representative dybden i frem- og bakkant av skjørtet. Vertikal forflytning i bakkant for 5 m tett duk er liten sammenlignet med de andre dukene – ca. 60 cm.

Forsøkene med sylindernot viser at det er liten forskjell mellom dragkreftene for de forskjellige duktypene for denne noten.

Sammenligner man vertikal forflytning med dragkreftene ser man at både for 5 og 10 m duken så løfter fronten seg lite opp til ca. 20 cm/s strømhastighet, samtidig med at økningen på dragkreftene er liten. Over 20 cm/s begynner dragkraften å øke på konstruksjonen samtidig med at dukene kryper oppover. For 5 m planktonduk i bakkant, ser det ut til at duken strekker seg og under 5 m dyp ved 41 cm/s, samtidig med at

dybdemålingene forøvrig ved denne strømhastigheten og over, synes å ligge for lavt. Dette skyldes sannsynligvis målefeil. Under forsøkene oppdaget vi at dybdemåleren måtte kalibreres relativt hyppig.

I tabell 1 vises sammenligningen mellom notposene uten duk for forskjellige strømhastigheter.

Tabell 3. Sammenligning av dragkreftene for spissnot (SP) og sylindernot (SY) uten duk.

Strøm [cm/s]	Spissnot (SP) [kN]	Sylindernot (SY) [kN]	Økning fra SP til SY [kN]	Økning av dragkraft fra SP til SY [%]
21	11,9	15,4	3,5	29,6
41	47,5	66,1	18,6	39,1
62	98,1	124,0	25,9	26,5
83	145,8	182,5	36,7	25,2
		Gjennomsnittlig økning		30,1

Den gjennomsnittlige økning av kraften fra spissnot til sylindernot med bunnring for alle strømhastighetene, er på 30,1 %.

Sammenligner man kraftøkningen fra de forskjellige konfigurasjonene med duk ser man at økningen er i samme størrelsesorden (Tabell 4).

Tabell 4. Gjennomsnittlige økning av kraften fra spissnot (SP) til sylindernot (SY) med de ulike kombinasjonene av duktyper; 5 m tett duk, 5 m planktonduk, 10 m tett duk og 10 m planktonduk, StDEV = Standardavvik.

Konfigurasjon	Økning fra SP til SY [%]	StDEV
5 m tett duk	27,0	11,3
5 m planktonduk	23,8	1,0
10 m tett duk	33,5	6,7
10 m planktonduk	31,5	9,6

Dette tyder på, at dukene påvirker merdene, spissnot og sylindernot med bunnring, tilnærmet likt med noen individuelle variasjoner. Tett duk på 5 m dyp har størst variasjon med hensyn til strømhastighetene (StDEV = 11,3 %), mens den er minst for planktonduk med dyp på 5 m (StDEV = 1%).

Effekten av å lodde ned den tette duken med 10 m dybde i forkanten med et 100 kg lodd, hadde ingen effekt på dragkreftene (figur 14). I følge resultatene av skjørte høyden i forkant og bakkant, så det ut som skjørtet med nedlodding krøp høyere opp og var nærmere overflaten enn skjørt uten lodd med hensyn til strømhastighet. Dette er sannsynligvis en målefeil da det var vanskelig å finne rett målepunkt på grunn av at loddet dro duken ned som en spiss, slik at duken fikk form som måkevinger på hver side av loddet.

Forskjellige konfigurasjoner av overlapp der duken møtes med overlapp medstrøms, motstrøms og sammensydd ga ingen nevneverdig forskjell med hensyn på dragkrefter (figur 17). Sammenligning av skjørte høyden for de forskjellige konfigurasjonene ga heller ikke noen nevneverdig forskjell. Konklusjonen for disse konfigurasjonene er da at overlappen i forhold til strøm har ingen betydning med hensyn til krefter eller skjortedyp, men observasjoner under forsøkene viste at overlapp motstrøms slapp inn betydelig mengde vann i skjørtevolumet.

Forsøkene med forskjellige senterlodd (bunnvekter) på en spissnot ga en klar indikasjon på at større lodd gir også større dragkrefter på konstruksjonen med hensyn til strøm over 40 cm/s.

Med hensyn til vertikalposisjon av loddet ser man at ved bruk av tynne senterlodd så øker også dybden av merden og posisjonen av loddet. Dette er naturlig siden nota blir strukket ut (figur 21).

Forflytningen av senterloddet i horisontalretningen var den samme for 2,5 og 5 tonn inntil man nådde 40 cm/s strømhastighet (figur 22). Over denne strømhastigheten ble senterloddet med minst vekt forflyttet mest. Horisontal- og vertikalposisjonene viser at merdvolumet med lite senterlodd minker raskere i forhold til spissnot med stort senterlodd, for strømhastigheter over 40 cm/s.

Observasjoner av pendelbevegelsen av senterloddet viste at denne effekten i modellskala var liten (figur 23).

6 Konklusjon

Resultatene fra modellforsøkene viste at det er liten forskjell mellom planktonduk og tett duk med hensyn på vertikal forflytning i forhold til vannstrøm. Det er heller ikke store variasjoner av kreftene på konstruksjonene med hensyn på duk kvalitetene. Ekstra nedlodning i front hadde ikke noen effekt på vertikalforflytningen eller dragkreftene på konstruksjonene.

Anbefalinger med hensyn til nedlodning er da å beholde de etablerte vektene for skjørt, mellom 5 og 8 kg/m tørrvekt, så skjørtet ikke flyter opp på grunn av luftbobler som eventuelt fester seg på duken eller at duken har en tetthet tilsvarende sjøvannet eller lettere.

Overlapp av duken motstrøms, medstrøms eller sydd sammen gav ingen forskjell med hensyn på krefter. Det anbefales likevel å lukke duken sammen i skjøten for å unngå at store mengder vann blir presset inn i merden ved overlapp motstrøms.

Vedlegg 1

Hva skjer med luseskjørt i strøm og bølger: Erfaringsdelingsseminar med demoforsøk i Hirtshals

INVITASJON TIL ERFARINGSDELINGSSEMINAR MED DEMOFORSØK



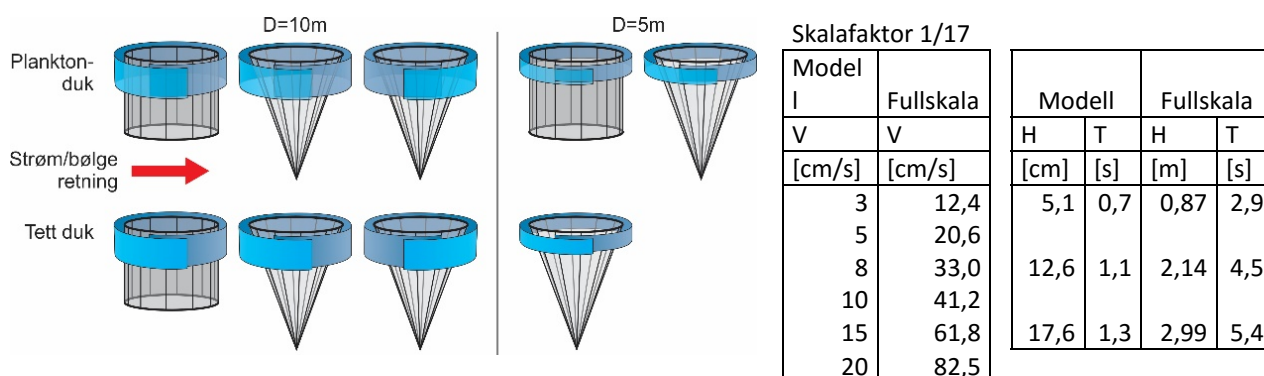
Hvem: Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) og SINTEF Ocean AS inviterer til seminar og modellforsøk med luseskjørt.

Hvor: SINTEF Ocean sin flumetank i Hirtshals, Danmark,

Når: 31. mai til 2. juni (uke 22), 2017.

Hvorfor: Målet med seminaret er å belyse hvordan skjørt oppfører seg under vannflaten, samt erfaringer med bruk av luseskjørt. Modellforsøkene vil fokusere på å demonstrere dukens og merdens bevegelser i strøm og bølger, samt kreftene som virker på forankringen. Under forsøkene vil vi ta hensyn til forskjellige ønsker fra deltakerne på seminaret for å prøve å gjenskape forskjellige situasjoner som er observert i praktisk oppdrett. Seminaret vil også ha fokus på de biologiske aspektene ved bruk av luseskjørt, for eksempel tilknyttet eventuell reduksjon i vannutskiftning.

Hvordan: Modellforsøkene vil bli gjennomført med en modellmerd i skala 1:17 av en 157-metring, med en sylindrisk- og en konisk not. Skjørtene i forsøket vil ha forskjellige dybder og soliditeter (vanngjennomtrengning), montert både utenfor og innenfor flyteringen. Forsøkene vil gjennomføres ved seks ulike strømhastigheter (V), bølgehøyder (H) og –perioder (T). Skjørtene på den sylindriske merden vil bli kjørt medstrøms, mens skjørtet på den koniske merden blir kjørt både motstrøms og medstrøms. Krefter på fortøyning vil bli målt. Skjørt- og notdeformasjon vil bli overvåket med video.



Under seminaret vil det bli holdt foredrag om biologiske og fysiske parametere som kan ha innvirkning på resultatet ved bruk av luseskjørt. Det vil også bli lagt til rette for diskusjoner og meningsutvekslinger gjennom hele seminaret.

Modellforsøk: 2 duktyper – tett og permeabel (soliditet < 1)

Skala: 01:17

	Montering	Dyp	Spiss	Duktype	Montering	Dyp	Not type
Tett duk	Innenfor	10m	Sylinder	Planktonduk	Innenfor	10m	Sylinder
	"	10m	Spiss		"	10m	Spiss
	"	5m	Sylinder		"	5m	Sylinder
	"	5m	Spiss		"	5m	Spiss

Det er gratis å delta på arrangementet. Deltakerne arrangerer og dekker egen reis og opphold.

Mere informasjon med program og påmelding finne her: www.sintef.no/hirtshalsseminar

Kontaktpersoner: Zsolt Volent, E-post: zsolt.volent@sintef.no, telefon: +47 926 40 330

Andreas Myskja Lien, E-post: andreas.m.lien@sintef.no, telefon: +47 976 66 339

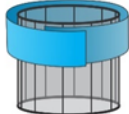

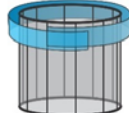
Vedlegg 2

Program for erfaringsdelingsseminar i Hirtshals:

Strøm og bølger i seminarprogrammet refererer til modellskala. Relasjon mellom modell og fullskala finnes i invitasjonen til seminaret.

31.mai	Tid	Varighet	Beskrivelse	Ansvarlig/forsøksoppsett
	08:30	00:20	Velkommen og info om seminaret og forsøkene	Leif Magne Sunde/Zsolt Volent
			Forsøk: Tett luseskjørt, spissnot, 10m dyp	Strøm/ bølge retning 
	08:50	00:50	Strømhastighet	
	09:40	00:40	Bølger	
	10:20	00:40	Utvalgte strøm og bølger, samtidig	
			Forsøk: Tett luseskjørt, spissnot, 10m dyp med overlapp motstrøms	Strøm/ bølge retning 
	11:00	00:30	Strømhastighet (3, 10cm/s)	
	11:30	00:30	Strøm (3, 10cm/s) + Bølger (høyde; 5,1 og 12,6cm)	
	12:00	00:40	Lunsj	
	12:40	00:10	SKJERMTEK: nytt FHF-prosjekt på luseskjørt	Andreas Myskja Lien
	12:50	00:10	Erfaringer fra Sinkaberg Hansen	Ragnar Sæternes
	13:00	00:10	Erfaringer fra Lerøy	Jøran Skar
	13:10	00:30	Biologiske faktorer med hensyn på alger	Kristine Braaten Steinhovden
			Forsøk: Planktonskjørt, spissnot, 10m dyp	Strøm/ bølge retning 
	13:40	00:50	Strømhastighet	
	14:30	00:40	Bølger	
	15:10	00:40	Utvalgte strøm og bølger, samtidig	
	15:50	00:20	Diskusjonsrunder	Ledet av Zsolt Volent
	16:10		Avslutning dag 1	

01.jun	Tid	Varighet	Beskrivelse	Ansvarlig/forsøksoppsett
			Forsøk: Planktonskjørt, spissnot, 10m dyp med overlapp motstrøms	Strøm/ bølge retning 
	08:30	00:30	Strømhastighet (3, 10cm/s)	
	09:00	00:30	Strøm (3, 10cm/s) + Bølger (høyde; 5,1, 12,6cm)	
	09:30	00:10	Erfaringer fra Nordlaks	Remi Mathisen
	09:40	00:10	Erfaringer fra Ellingsen Seafood	Svein Andersen
			Forsøk: Tett luseskjørt, spissnot, bunnring, 5m dyp	Strøm/ bølge retning 
	09:50	00:50	Strømhastighet	
	10:40	00:40	Bølger	
	11:20	00:40	Utvalgte strøm og bølger, samtidig	
	12:00	01:00	Lunsj	
			Forsøk: Planktonskjørt, spissnot, bunnring, 10m dyp	Strøm/ bølge retning 
	12:00	00:50	Strømhastighet	
	12:50	00:40	Bølger	
	13:30	00:30	Utvalgte strøm og bølger, samtidig	
	14:00	00:40	Resultater fra tidligere luseskjørt prosjekt	Andreas Myskja Lien
	14:40	00:30	Diskusjonsrunder	Ledet av Andreas Myskja Lien
			Forsøk: Tett duk, sylindrisk not, 10m dyp	Strøm/ bølge retning 
	15:10	00:50	Strømhastighet	
	16:00		Avslutning dag 2	

02.jun	Tid	Varighet	Beskrivelse	Ansvarlig/forsøksoppsett
			Forsøk: Tett duk, sylindrisk not, 10m dyp	Strøm/ bølge retning 
	08:00	00:40	Bølger	
	08:40	00:30	Utvalgte strøm og bølger, samtidig	
	09:10	00:40	Oseanografi og strøm ved, og omkring lokaliteter og resultater fra tidligere relaterte modellforsøk	Zsolt Volent
	09:50	00:20	Diskusjonsrunde	Ledet av Zsolt Volent
			Forsøk: Planktonskjørt, sylindrisk not, 10m dyp	Strøm/ bølge retning 
	10:10	00:50	Strømhastighet	
	11:00	00:40	Bølger	
	11:40	00:30	Utvalgte strøm og bølger, samtidig	
	12:10	01:00	Lunsj	
			Forsøk: Planktonskjørt, sylindrisk not, 5m dyp	Strøm/ bølge retning 
	13:10	00:50	Strømhastighet	
	14:00	00:30	Bølger	
	14:30	00:40	Utvalgte strøm og bølger, samtidig	
	15:10	00:10	Avslutning dag 3	Zsolt Volent
	15:20		Avreise	