

A23184 - Åpen

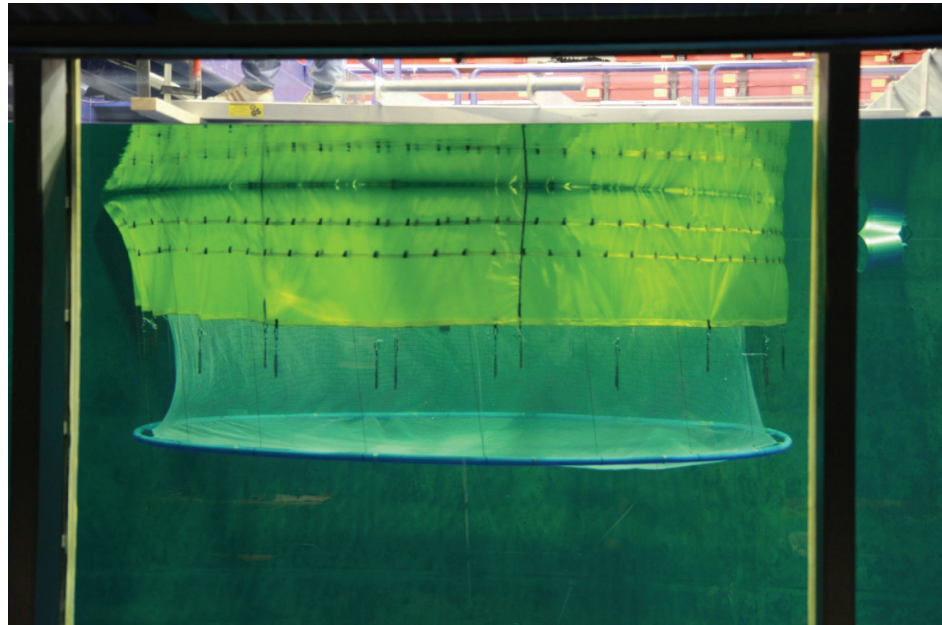
Rapport

Deformasjon av not og Permaskjørt og krefter på fortøyning

Modellforsøk i flumetank 26.-29. mars 2012

Forfatter(e)

Andreas Myskja Lien
Zsolt Volent



Rapport

Deformasjon av not og Permaskjørt og krefter på fortøyning

Modellforsøk i flumetank 26.-29. mars 2012

EMNEORD:
Havbruksteknologi
Modellforsøk
Lakselus
Presenning
Kraft
Deformasjon

VERSJON
1.00

DATO
2012-06-28

FORFATTER(E)
Andreas Myskja Lien
Zsolt Volent

OPPDRAKSGIVER(E)
Botngaard AS

OPPDRAKSGIVERS REF.
Knut Botngård

PROSJEKTNR
840344

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
32+ vedlegg

SAMMENDRAG

Deformasjon av not og Permaskjørt og krefter på fortøyning

For å studere hvordan et skjørt vil kunne påvirke krefter på fortøyning, notdeformasjon og vannstrømninger inn i og rundt merden, ble det gjennomført modellforsøk i en flumetank. Studiet er en del av prosjektet "Permanent skjørt for redusering av luspåslag på laks" (Permaskjørt) (#900711), som er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) og norske industripartnere.

Forsøkene viste at skjørtets evne til å skjerme mot lus kan bli redusert ved høye strømhastigheter ($V_c > 40 \text{ cm s}^{-1}$, full skala), fordi det blir presset bakover og opp mot overflaten slik at lus lettere kan passere under og inn i merden. På grunn av økningen i drag-krefter som følge av et påmontert skjørt, vil det være viktig å inkludere bruk av skjørt når det gjøres fortøyningsanalyser på anlegget. Det største bidraget til kraftøkningen kommer fra den delen av skjørtet som er i le av merden fordi det der blåser seg opp og fanger vannmassene. Fortøyningskreftene er for øvrig ikke betydelig påvirket av verken den initiale skjørtedybden eller nedloddningen av skjørtet.

UTARBEIDET AV
Andreas Myskja Lien

SIGNATUR



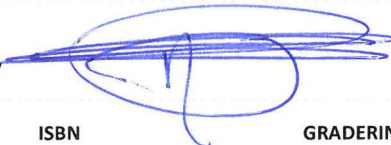
KONTROLLERT AV
Østen Jensen

SIGNATUR



GODKJENT AV
Jostein Storøy

SIGNATUR



RAPPORTNR
A23184

ISBN
978-82-14-05445-3

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.00	2012-06-28	Final

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
2	Formål	5
3	Forsøksoppsett	6
3.1	Fullskala utgangspunkt.....	6
3.2	Modell.....	7
3.3	Instrumentering.....	10
3.4	Testkonfigurasjoner.....	12
4	Resultater og diskusjon	13
4.1	Deformasjon av not og skjørt.....	13
4.2	Total fortøyningskraft på merden.....	15
4.3	Strøm i og omkring merden.....	20
4.4	Strøm bak merden.....	28
4.5	Pumperør.....	31
5	Konklusjon	32
5.1	Deformasjon av not og skjørt.....	32
5.2	Total fortøyningskraft på merden.....	32
5.3	Strøm i og omkring merden.....	32
6	Referanser	32

1 Innledning

Lakselus er, sammen med rømming, regnet som en av de største utfordringene for havbruksnæringen. Initielle observasjoner har indikert at et 5 meter dypt permanent presenning-skjørt omkring den øvre delen av en oppdrettsmerd kan redusere lusepåslaget på laksen. Et skjørt vil for øvrig kunne påvirke krefter på fortøyning, notdeformasjon og vannstrømninger inn i og rundt merden. Det er nødvendig å studere disse faktorene for å forhindre skade på komponenter og fisk.

Eksperimenter ble gjennomført i SINTEF Fiskeri og havbruk sin flumetank i Hirtshals, Danmark, i perioden 26. til 29. mars, 2012. Eksperimentene inkluderte testing på en modellmerd i skala 1:17 av en 157-metring, med ulike skjørtkonfigurasjoner ved ulike strømhastigheter. Krefter på fortøyning, not- og skjørtdeformasjon, og strøm i og utenfor merden ble målt.

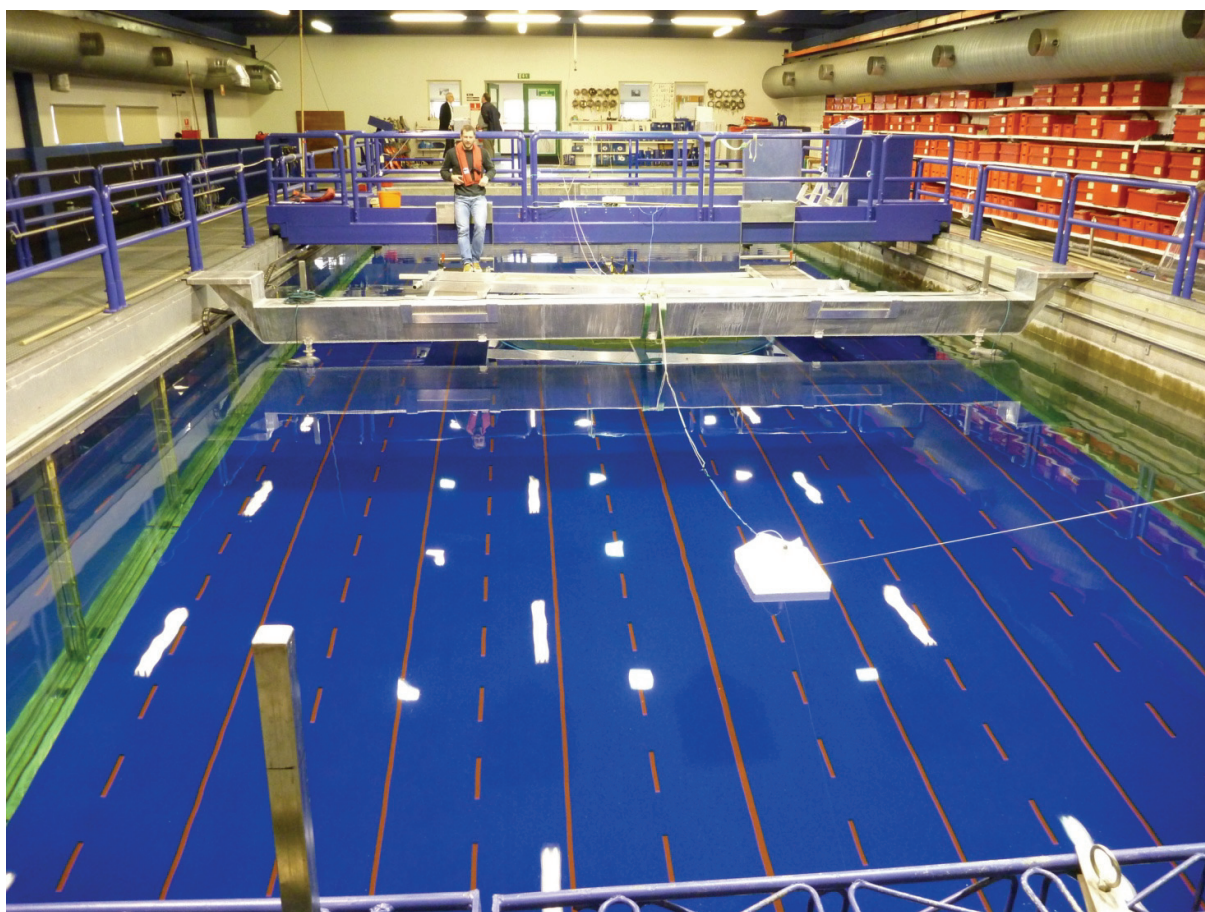


Fig. 1.1.1. SINTEF Fiskeri og havbruk sin flumetank i Hirtshals, Danmark.

Dette studiet er en del av prosjektet "Permanent skjørt for reduisering av lusepåslag på laks" (Permaskjørt) (#900711), som er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) og norske industripartnere. Prosjektets styringsgruppe består av Kjell Braa, Botngaard AS, Finn Wilhelm Sinkaberg, Sinkaberg-Hansen AS, og Noralf Rønningen, Aqualine AS.

Med på dette arbeidet var Egil Lien som gikk bort 19. mai 2012. Egil var en sterk faglig ressurs, og var høyt respektert og verdsatt. Dette arbeidet dedikeres til hans minne.

2 Formål

Formålet med forsøkene var å undersøke kreftene som virker på fortøyning, not- og skjørtdeformasjon, og strømforhold i og omkring merden ved ulike konfigurasjoner av permaskjørtet og ulike strømhastigheter.

Resultatene vil kunne bidra til å sette begrensninger for bruk av Permaskjørt, som for eksempel maksimal strømhastighet, samt øke kunnskap om designfaktorer, som for eksempel skjørtedybde. I tillegg vil resultatene kunne brukes for å validere beregningsmodeller brukt i sertifiseringsprosesser mot NS 9415, som alt teknisk utstyr i oppdrettsanlegg er underlagt.

3 Forsøksoppsett

Forsøksoppsettet er basert på innspill fra prosjektgruppen på arbeidsmøtet avholdt på SINTEF Sealab torsdag 1. mars 2012.

3.1 Fullskala utgangspunkt

Det ble tatt utgangspunkt i en fullskala merd med flytekrage med indre omkrets 157 m og sylindrisk not med flat bunn og sidevegg på 20 m som utspiles med bunnring. Permaskjørt til merder på denne størrelsen blir satt sammen av to presenninger på 95 m hver som monteres som halvmåner omkring merden og overlapper i skjøtene. Permaskjørtet monteres utenpå den ytterste flyteringen og henger på utsiden av bunnringkjettingene. I nedre kant av skjørtet er det sydd inn et blytau for nedlodding i tillegg til 26 enkeltlodd.

3.2 Modell

Modellen ble bygget i skala 1:17. Multiplikasjonsfaktorer for omregning av ulike enheter fra modell til full skala er gitt i Tab. 3.2.1. Dimensjoner på henholdsvis modellskala og fullskala er gitt i Tab. 3.2.2. Fig. 3.2.2 viser modellmerden med nøkkeldimensjoner.

Modellen (Fig. 3.2.1) ble konstruert på samme måte som en kommersiell merd, med to flyteringer av 32 mm SDR 11 PE80-rør holdt sammen av 16 klammer. Flytekragen på modellen var mye stivere sammenlignet med stivheten til en flytekrage i full skala. I forhold til krefter på, og deformasjoner av not/skjørt vil dette ha minimal innvirkning. Nota ble festet i det indre flyterøret, og skjørtet i det ytre. Nota ble loddet ned og spilet ut av en bunnring av samme rør som flyteringene med loddenke inni.



Fig. 3.2.1 Modellmerd med to flyteringer i PE80, nylonnot med soliditet 21%, og permaskjørt av fallskjermduk.

Det ble lagt vekt på at bevegelsene og oppførselen til skjørtet best mulig gjenspeilet det full skala utgangspunktet. Skjørtmodellen bestod av to like dukdeler som ble montert rundt merden med overlapp i skjøtene. I nedre kant var det sydd en fold som det ble tredd en lenkevekt gjennom. Materialet var et vanntett fallskjermstoff. 10 mm brede polyetylenbånd ble brukt som stropper, kantforsterkninger og som hemper for enkeltlodd. Det ble sydd inn hemper for å justere skjørtet til ulike dybder. Utforming av skjørtet ble avgjort etter diskusjoner med Knut Botngård.

Tab. 3.2.1. Multiplikasjonsfaktorer for omregning av ulike enheter for modell i skala 1:17 ($\lambda=17$). λ er den greske bokstaven lambda som benyttes for skaleringsforholdet.

Størrelse	Enhet	Multiplikasjonsfaktor	Eksempel på bruk
Lengde	m	$\lambda = 17$	Omkrets på flytering
Areal	m ²	$\lambda^2 = 289$	Notflate
Volum	m ³	$\lambda^3 = 4913$	Vannvolum inne i not
Kraft	kg m s ⁻²	$\lambda^3 = 4913$	Loddvekt
Egenvekt	kg m ⁻³	1	Beregning av oppdrift
Fart	m s ⁻¹	$\sqrt{\lambda} = 4.123$	Strømhastighet

Skalering av krefter som virker på systemet (spesielt drag og løftkrefter) er forbundet med noe usikkerhet da ikke alle faktorer som inngår skaleres lineært, og noen antatte konstanter ikke er konstante når størrelser skaleres opp eller ned. Drag og løftkoeffisienter varierer med Reynoldstallet, som avhenger av både strømhastighet og lengdedimensjonen.

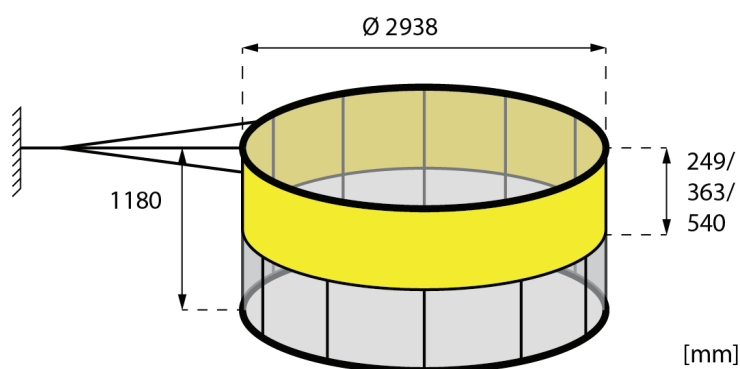


Fig. 3.2.2. Nøkkel dimensjoner for modellmerden. Skjørtet ble prøvd ut med tre forskjellige dybder, henholdsvis 249, 363 og 540 mm.

Tab. 3.2.2. Modellskala og fullskala dimensjoner. Siden det i modellen ble brukt en loddline i skjørtet av messing, som har en annen egenvekt enn blyet i blyliner, måtte det tas hensyn til oppdriften i vann når vekten ble beregnet. For denne er vekt i vann oppgitt. For de andre loddkomponentene ble det brukt stål eller messing, som har omtrent samme egenvekt som loddkomponentene som blir brukt i full skala. For disse er vekt i luft oppgitt.

Komponent	Størrelse	Modell	Enhet	Multiplikasjonsfaktor	Full skala
Flytekrage	Diameter, innvendig	2.938	m	17	49.9
	Diameter, utvendig	3.119	m	17	53.0
	Omkrets, innvendig	9.230	m	17	156.9
	Omkrets, utvendig	9.799	m	17	166.6
	Klammer	16.000	antall	1	16.0
Bunnring	Diameter, innvendig	3.022	m	17	51.4
	Vekt per meter	0.140	kg m ⁻¹	289	40.5
	Kjettinger	20.000	antall	1	20.0
Not	Dybde	1.180	m	17	20.1
	Soliditet	0.210	m ² m ⁻²	1	0.2
Permaskjørt	Lengde per del	5.470	m	17	93.0
	Dybde 1	0.249	m	17	4.2
	Dybde 2	0.363	m	17	6.2
	Dybde 3	0.540	m	17	9.2
	Loddline, vekt i vann	0.012	$\rho_m \rho_b^{-1}$ kg m ⁻¹	214	2.6
	Enkeltlodd, antall	26.000	antall	1	26.0
	Enkeltlodd 1	0.009	kg	4 913	44.2
Enkeltlodd 2	0.018	kg	4 913	88.4	
Enkeltlodd 3	0.036	kg	4 913	176.9	

3.3 Instrumentering

Under forsøkene ble det studert fire forhold:

1. Deformasjon av not og skjørt
2. Total fortøyningskraft på merden
3. Strøm i og omkring merden
4. Strøm bak merden

Deformasjon av not og skjørt ble dokumentert med et kamera under vann oppstrøms i forhold til merden, og et kamera fra siden. Kamera fra siden ble brukt til å måle hvor dypt skjørtet stod ved ulike strømhastigheter. Plassering av kameraene er markert med blått i Fig. 3.3.1.

Med bruk av en hanefot ble merden festet i et punkt. I dette punktet ble det satt to lastceller i serie. Lastcellene målte den totale kraften som krevdes for å holde igjen merden med not og skjørt ved ulike strømhastigheter. Det ble benyttet to lastceller for å kvalitetssikre målingene. Lastcellene er markert med en grønn firkant i Fig. 3.3.1.

For å studere strømhastigheten i og rundt merden ble det benyttet en Valeport Series 800 2-akset elektromagnetisk sensor. Denne ble brukt i fem posisjoner, henholdsvis foran merden på oppstrøms side, bak skjørtet inne i merden, i senter av merden, foran skjørtet inne i merden, og bak merden på nedstrøms side. Sensoren ble orientert slik at aksene pekte i retning på langs og på tvers av tankens strømretning, og strømmen ble målt 5 cm under vannoverflaten. Posisjonene der den elektromagnetiske strømmåleren ble satt er markert med røde kryss i Fig. 3.3.1.

For å studere skyggeeffekten av en merd med Permaskjørt ble strømmen også målt flere steder bak merden. Til dette ble det benyttet en propellmåler som ble orientert i tankens strømretning og plassert 5 cm under vannoverflaten. Måleren ble plassert i seks posisjoner bak merden med 1 meters mellomrom. Den tredje posisjonen vil da være der den neste merden i anlegget starter, dersom anlegget har 100x100 m rammefortøyning og merdene ligger bak hverandre i strømretningen. Propellmåleren er markert med gule punkt i Fig. 3.3.1.

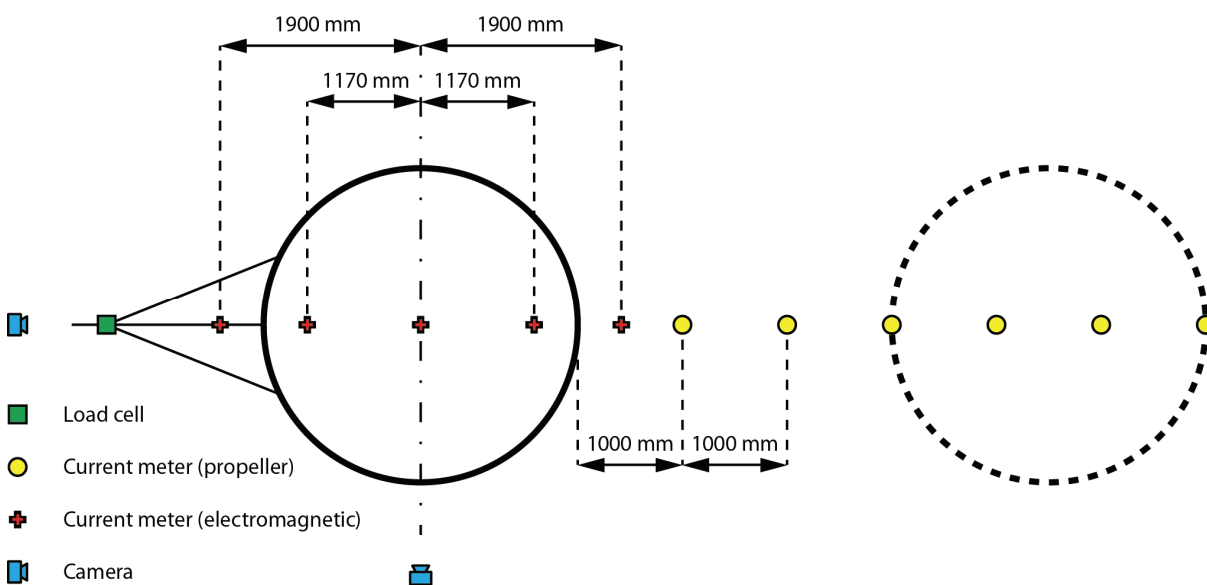


Fig. 3.3.1. Plassering av måleutstyr og kameraer i flumetanken. Propellmåleren måler strøm bak merden for å undersøke hvor sterk strøm en eventuell neste merd nedstrøms opplever som følge av å ligge i skyggen av den foran.

3.4 Testkonfigurasjoner

Det ble gjennomført forsøk med i hovedsak 4 konfigurasjoner av Permaskjørtet: Skjørt med overlapp medstrøms, skjørt med overlapp motstrøms for å undersøke lekkasje i skjøtene, kun halve skjørtet montert på den eksponerte siden av merden, og halve skjørtet montert på den skjermede siden av merden. Hver konfigurasjon ble kjørt med ulike skjørtedybder, og med strømhastigheter 5, 10, 15 og 20 cm s⁻¹ i tanken. Det ble også kjørt referanseforsøk med kun not og kun skjørt. Fig. 3.4.1 viser oppsettet.

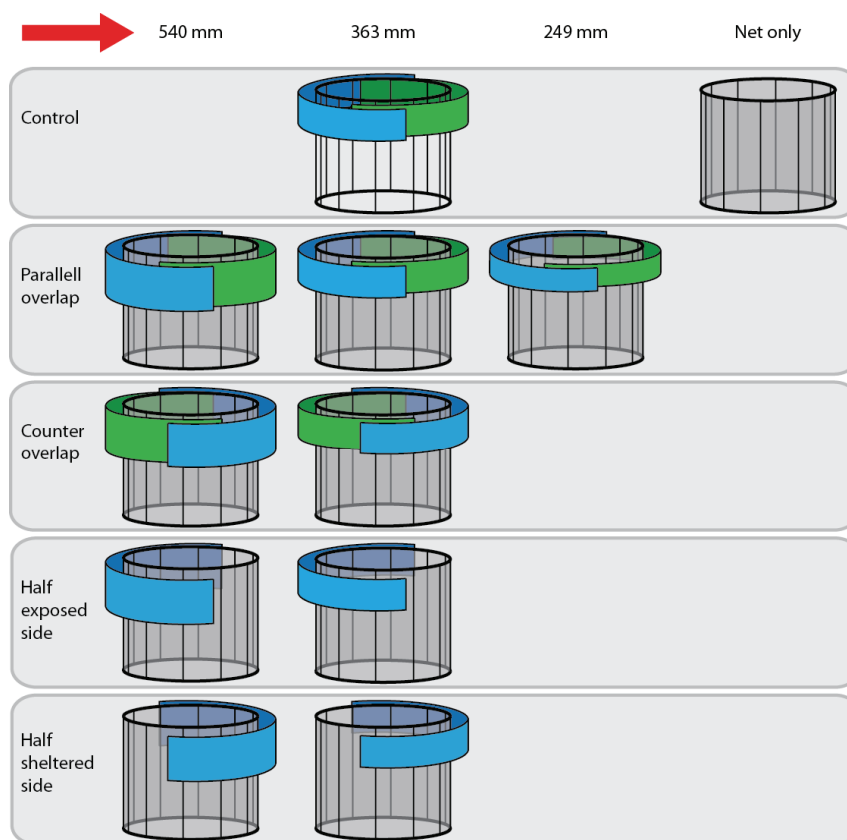


Fig. 3.4.1 Ulike skjørtkonfigurasjoner som ble testet. Alle skjørtkonfigurasjonene ble kjørt med strømhastigheter 5, 10, 15 og 20 cm s⁻¹ i tanken. Den røde pilen viser strømretningen i tanken.

4 Resultater og diskusjon

4.1 Deformasjon av not og skjørt

Deformasjon av not og skjørt ble dokumentert med kamera. Fig. 4.1.1. viser hvordan nota og skjørt i ulike dybder og med ulik nedlodning ble deformert i ulike strømhastigheter.

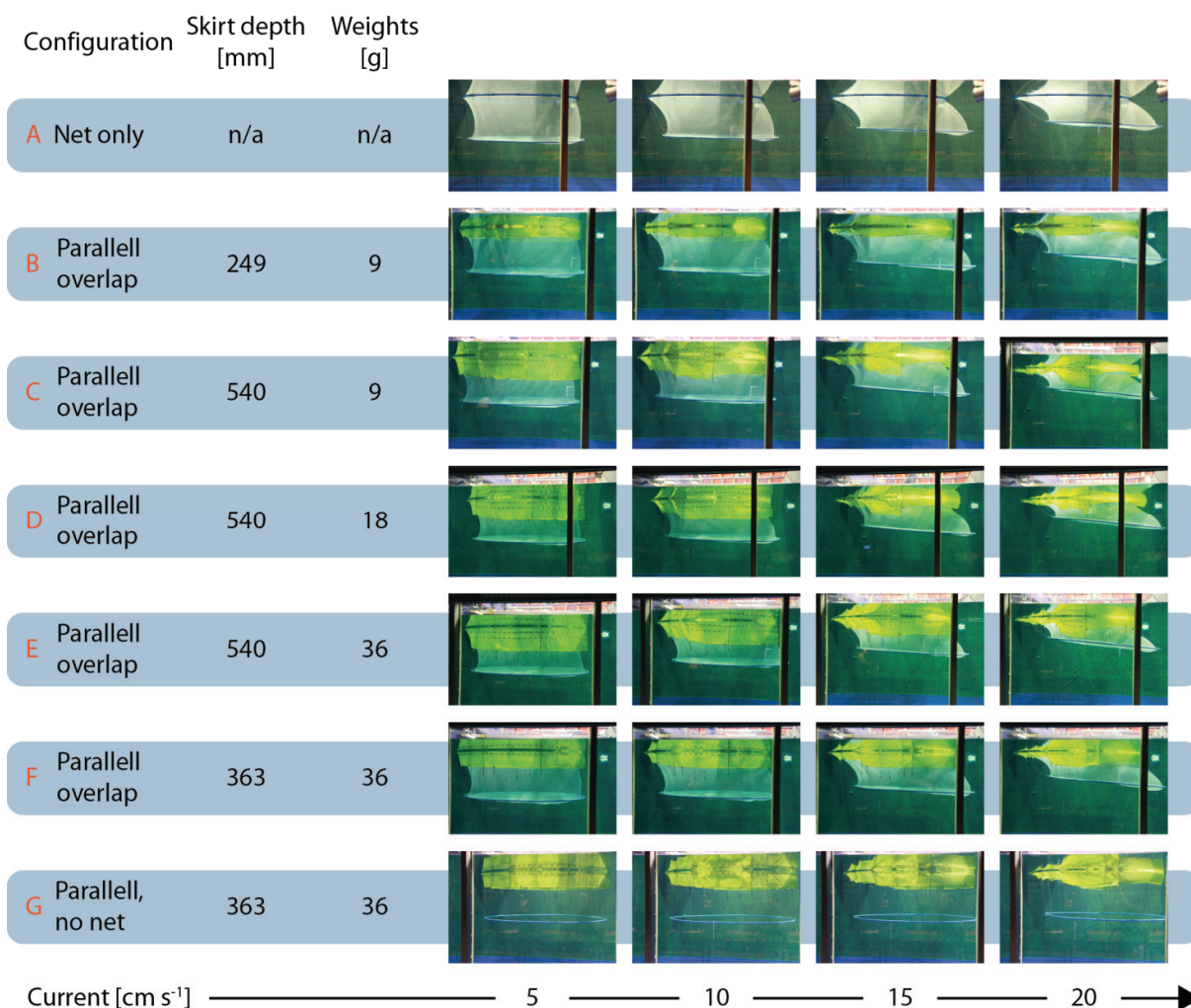


Fig. 4.1.1. Skjørt og notdeformasjon ved økende strømhastighet i tanken for ulike skjørtedybder og ulik vekt på de 26 enkeltloddene på skjørtet.

Det var ikke store forskjeller i deformasjon mellom de ulike skjørtedybdene eller ved å endre vekten på de 26 enkeltloddene på skjørtet. På fremsiden av merden i forhold til strømretningen i tanken kan årsaken til dette være at skjørtet la seg inntil bunnringkjettingene. På denne måten kunne vekten på kjettingene og bunnringen, sammen med friksjon mellom kjettingene og skjørtet, bidra til å holde skjørtet nede, slik at vektøkningen ikke gjorde så stor forskjell. Dette vil da også gjelde fullskala, slik at det ikke er noe stort poeng med masse vekt på skjørt, noe som gjør operasjoner på det enklere.

Deformasjon av nota var ikke i stor grad påvirket av de ulike skjørtkonfigurasjonene.

Et kamera på utsiden av glasset i flumetanken ble benyttet for å måle hvor dypt skjørtet stod ved ulike strømhastigheter. Fig. 4.1.2. viser avstand fra underkant av skjørtet til vannoverflaten på fremsiden og baksiden av merden for de tre skjørtene med dybde på henholdsvis 249, 363 og 540 mm.

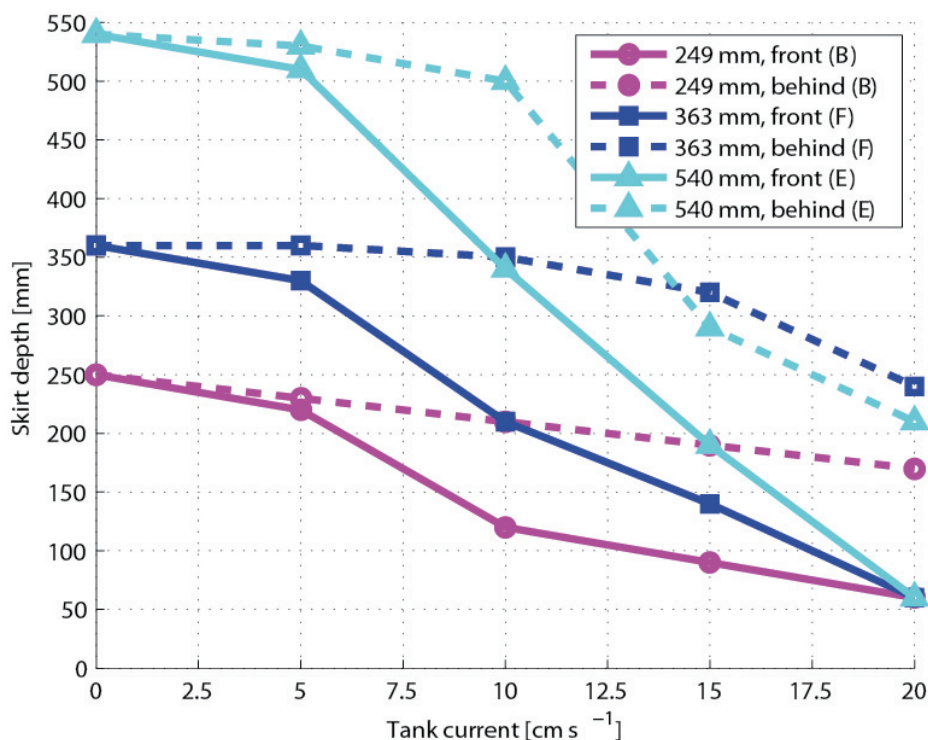


Fig. 4.1.2. Avstand fra underkant av skjørtet til vannoverflaten på fremsiden og baksiden av merden for de tre skjørtene med dybde på henholdsvis 249, 363 og 540 mm. Bokstaven bak hver linje i grafen korresponderer til bokstavene i Fig. 4.1.1.

Ved økende strømhastighet i tanken ble forskjellen i dybde mellom de tre skjørtene mindre. Til tross for at det i konfigurasjon B ble brukt lettere lodd enn i konfigurasjon E og F var ikke deformasjonen nevneverdig større.

4.2 Total fortøyningskraft på merden

Fig. 4.2.1, Fig. 4.2.2 og Fig. 4.2.5 viser målt fortøyningskraft ved forskjellige hastigheter og konfigurasjoner. Den viste kraften er gjennomsnittet av 1000 målinger gjort ved 10 Hz med hver av de to kraftcellene.

Fig. 4.2.1 viser at fortøyningskraften varierte lite mellom de ulike skjørtene, men at kraften økte med omtrent 40 % i forhold til merd med kun not ved alle strømshastighetene.

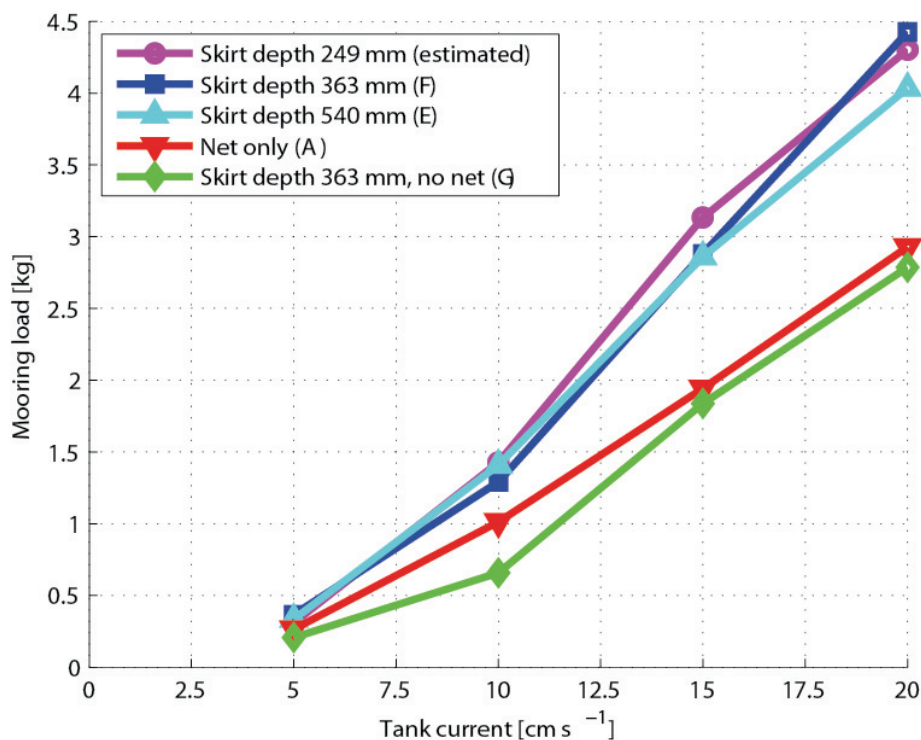


Fig. 4.2.1. Total fortøyningskraft ved ulike strømshastigheter. Alle skjørtene har 26 enkeltlodd på 36 g. For skjørtedybden 249 mm ble kun enkeltlodd på 9 g testet. Kurven vist i denne figuren er estimert ut fra resultatene i øvrige tester. Bokstaven bak hver linje i grafen korresponderer til bokstavene i Fig. 4.1.1.

Fig. 4.2.2 viser at kraften ikke økte betydelig i forhold til økningen i vekt på de 26 enkeltloddene. Dette kan ha sammenheng med at bunnringkjettingene hindret stor deformasjon av skjørtet i fremkant av merden i forhold til tankens strømretning.

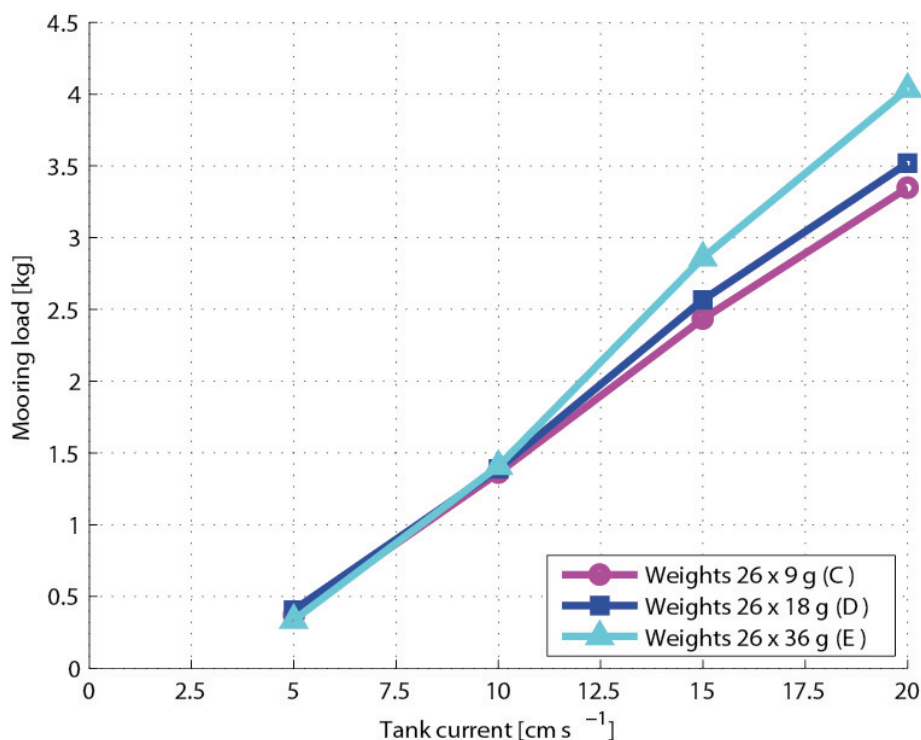


Fig. 4.2.2. Total fortøyningskraft ved ulike strømshastigheter for 540 mm skjørt. Bokstaven bak hver linje i grafen korresponderer til bokstavene i Fig. 4.1.1.

Kraftøkningen var omtrent lineær i forhold til økningen av strømshastighet. Dette har blitt observert i tilsvarende forsøk (Lader et al., 2009). Årsaken til dette er at nota og skjørtet er fleksible og deformerer seg til en mer strømlinjeformet form. Denne formen har et mindre projisert areal i strømretningen, noe som bidrar til at dragkraften ikke øker like mye når strømshastigheten øker. For et stivt legeme ville dragkraften være proporsjonal med kvadratet av strømshastigheten.

Permaskjørtet bestod av to deler som overlappet i skjøtene uten å være festet til hverandre. Det ble gjort tester med overlapp i begge retninger for å undersøke om det hadde noen stor konsekvens at overlappen var i motstrøms retning slik at strømmen kunne gå inn mellom skjørtene. For å undersøke om vannstrømmen går rundt merden og ikke sirkulerer innenfor skjørtet, ble det gjort tester med kun halvdeler av skjørtet på lesiden og på losiden. Fig. 4.2.3. viser hvordan nota og skjørt ved de ulike konfigurasjonene ble deformert i ulike strømhastigheter.

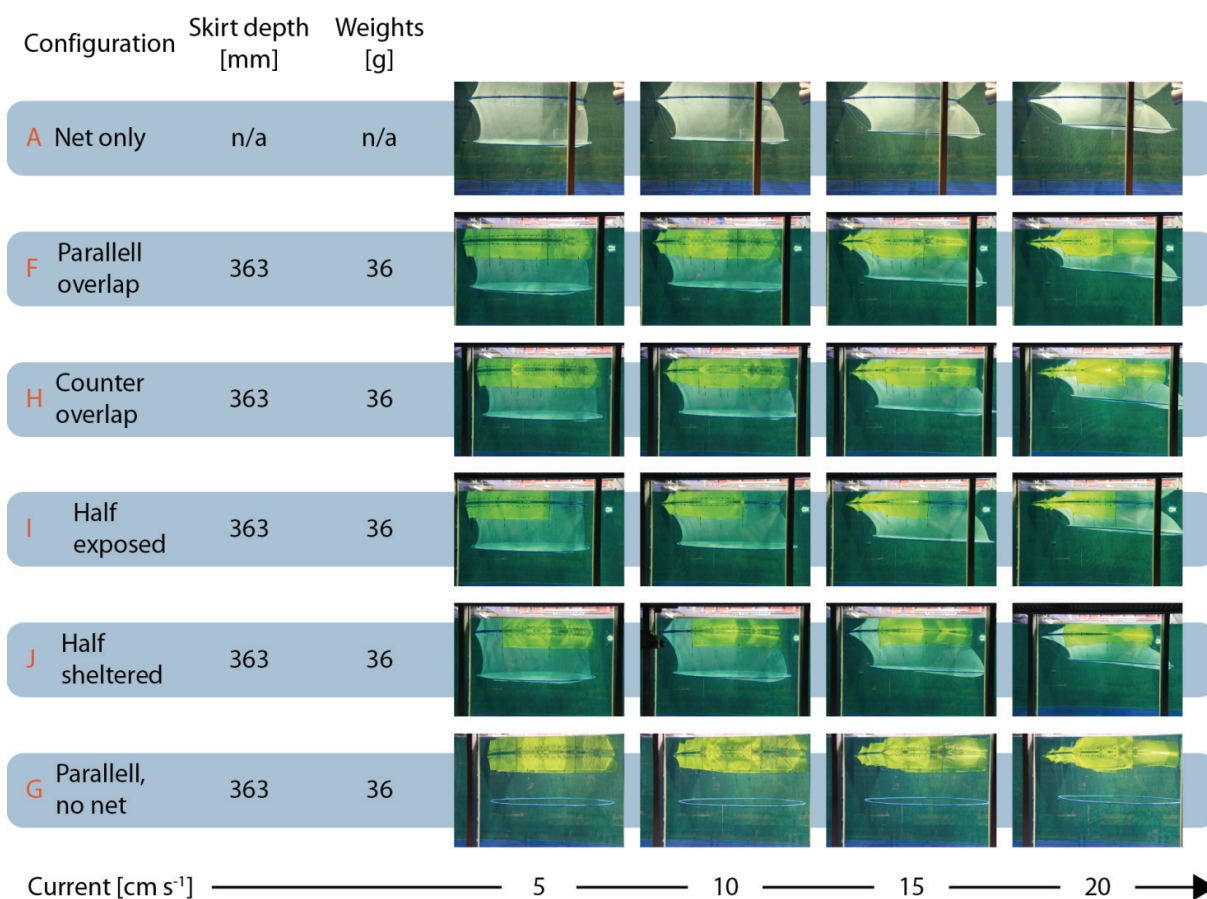


Fig. 4.2.3. Skjørt og notdeformasjon ved økende strømhastighet i tanken.

Halvdelen av skjørtet på fremsiden av merden i forhold til strømretningen la seg flat oppunder bunnringkjettingene og nota ettersom strømmen i tanken økte, slik at vannmassene lett passerte under det. Halvdelen på baksiden blåste seg opp som et seil som fanget vannmassene. Fig. 4.2.4 viser et større bilde av hvordan skjørtet deformerte seg i sterk strøm.

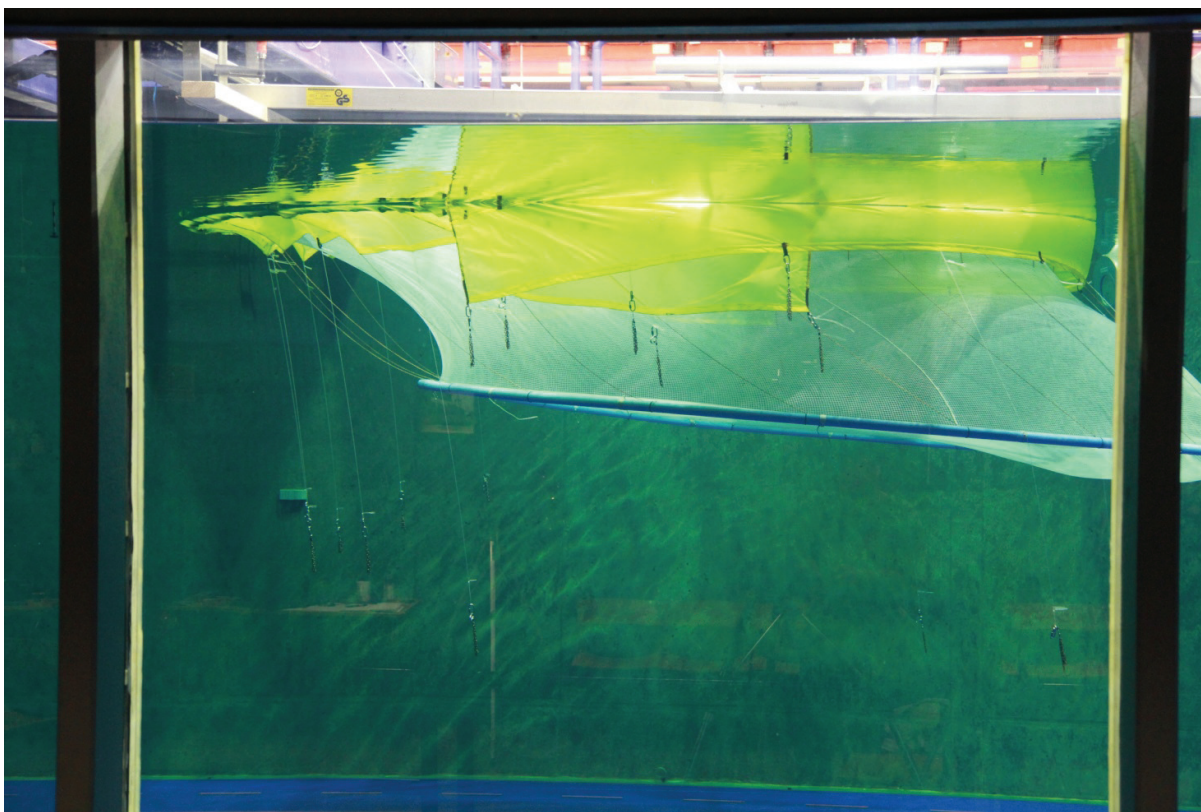


Fig. 4.2.4. Merd med 363 mm skjørt monterert med overlapp i motstrøms retning ved 20 cm s^{-1} strøm i tanken. Ved denne strømhastigheten ble det tydelig at halvdelen av skjørtet på fremsiden av merden i forhold til strømretningen la seg flat oppunder bunnringkjettingene og nota og halvdelen på baksiden blåste seg opp som et seil.

Halvdelen av skjørtet som var montert på baksiden av merden i forhold til strømretningen ble blåst opp som et seil i strømmen. Dette fanget vannmassene og skapte store krefter. Kraftene med kun denne halvdelen montert var større enn når hele skjørtet var montert. Årsaken til dette kan være at strømmen som traff merden på fremsiden ble sendt rundt eller under skjørtet. Vannmassene inne i merden fikk dermed lavere hastighet. Uten halvdelen foran ble strømmen sendt rett i det seilformede skjørtet bak. Den halvdelen som var montert på fremsiden av merden i forhold til strømretningen la seg flat oppunder bunnringkjettingene og nota, og ble på den måten veldig strømlinjeformet. Denne halvdelen bidro ikke i så stor grad til fortøyningskreftene, og det var liten forskjell mellom den situasjonen og kun not uten skjørt. Det var liten kraftforskjell mellom overlapp i medstrøms eller motstrøms retning. Fig. 4.2.5 viser de totale fortøyningskreftene på merden ved ulike strømshastigheter for ulike konfigurasjoner av 363 mm skjørt med 26 x 36 g enkeltlodd.

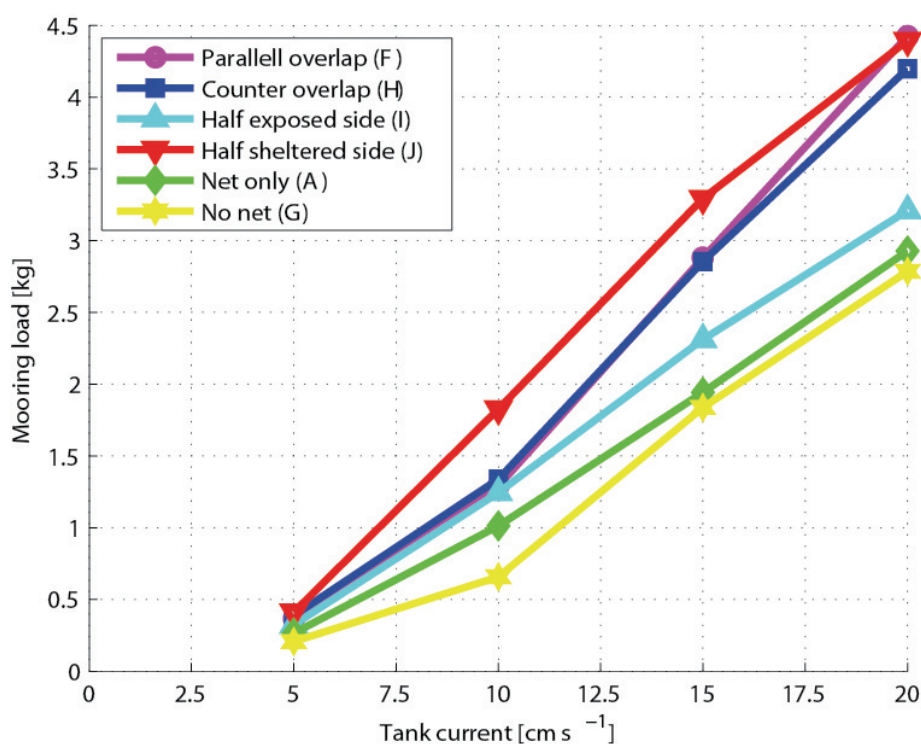


Fig. 4.2.5. Total fortøyningskraft ved ulike strømshastigheter for 363 mm skjørt med 26 x 36 g enkeltlodd. Bokstaven bak hver linje i grafen korresponderer til bokstavene i Fig. 4.2.3.

4.3 Strøm i og omkring merden

Strømmen ble målt i 5 posisjoner med den elektromagnetiske strømmåleren, heretter kalt P1 for posisjon 1 i fremkant av merden med P2, P3, og P4 målt inne i merden til P5 målt i bakkant av merden (Fig 3.3.1). Strømdata presentert under gjelder bare for permaskjørt med dybde på 540 mm. Dette fordi de mest omfattende målingene ble gjennomført for denne skjørtlengden. Strømdataene for posisjon P1 - P5 er vist i Fig. 4.3.1 som tidsplott for fart og retning for forsøk med 540 mm dypt skjørt og antatt strømhastighet langsetter tanken på 10 cm s^{-1} .

For å få et sammenligningsgrunnlag for strømbildet rett foran, inne i og rett bak skjørtet ble strømmen satt opp samlet med alle målingene, som strømrøser for middel og maksimumsverdiene, for hver hastighetskategori 5, 10, 15 og 20 cm s^{-1} (antatt strømhastighet i tanken). Data for P2 ved 15 og 20 cm s^{-1} i de etterfølgende figurene er ikke tatt med fordi duken la seg flat oppunder måleren slik at målingene ble mislykket.

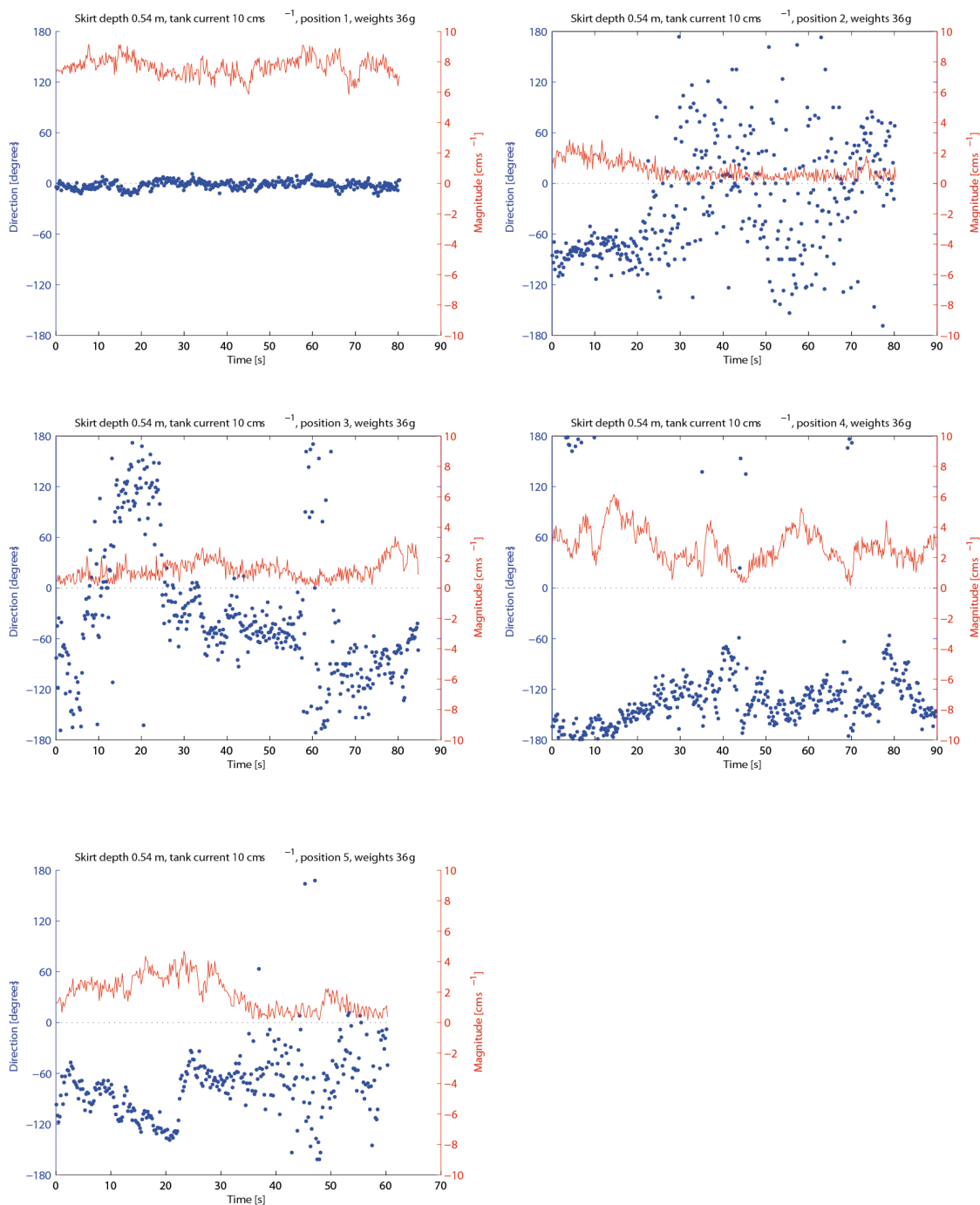


Fig. 4.3.1. Strømfart og retning vist som tidsplott for hver posisjon (P1 – P5) for skjørt med dybde på 540 mm og strømhastighet langs tanken på 10 cm s⁻¹. Strømfart er angitt på y-aksen til høyre, mens retningen er angitt på y-aksen til venstre.

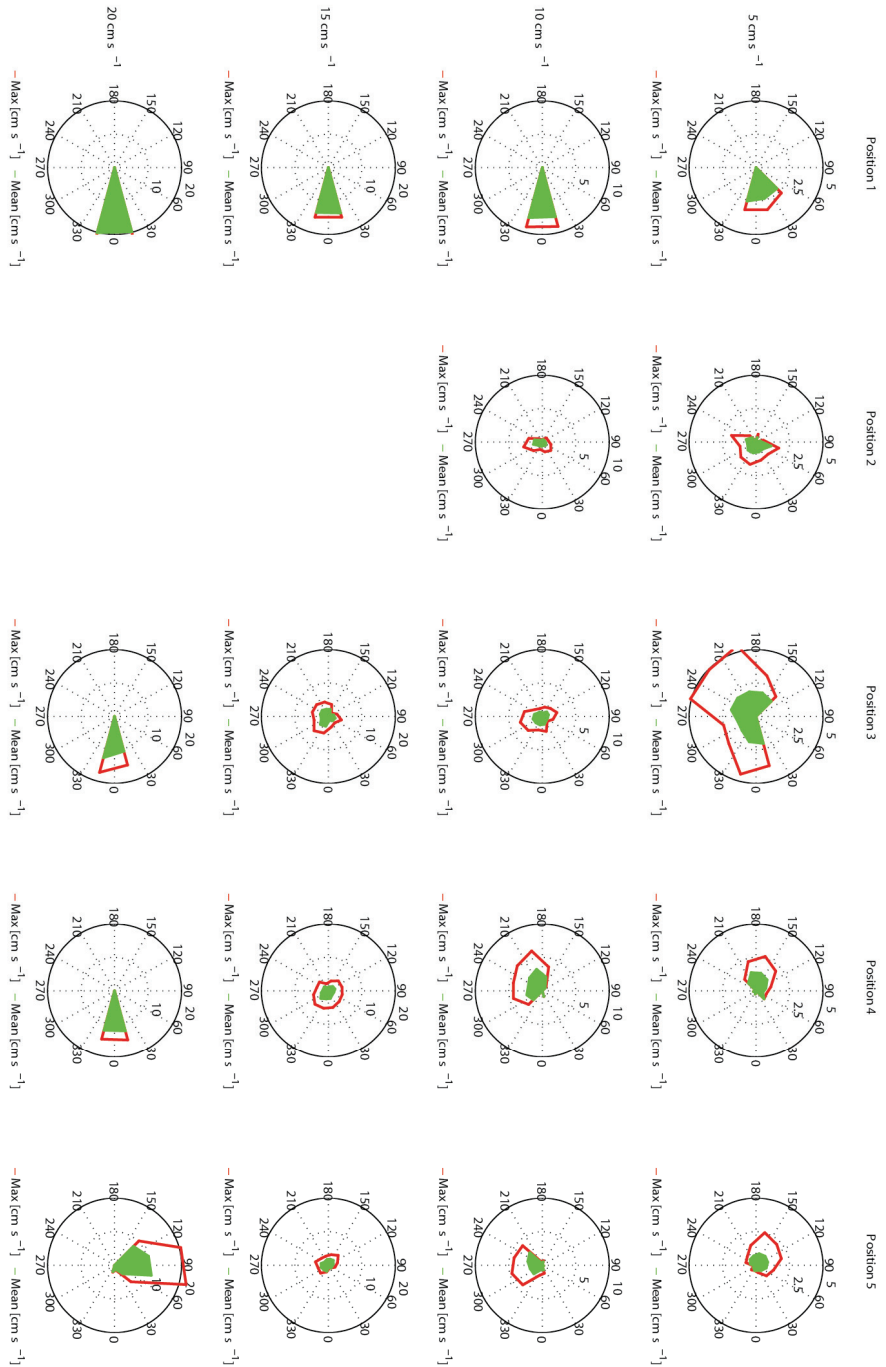


Fig. 4.3.2. Hastigheten i posisjonene P1 – P5 for fire forskjellige strømhastigheter i retning langs tanken. Strømmen er representert som en strømrose der middelveiden (grønt felt) innenfor hver 30 graders sektor og maksimumsverdien (rød strek) innenfor samme sektor er plottet med 0 grader som medstrømretning langs tanken. Målingene er gjort med 540 mm skjørt mønær på merden.

Fig. 4.3.3 viser retningsfordelingen med hensyn til antall målte data. Dette viser hvor mange målinger som er gjort i hver retning fordelt på sektorer på 30°.

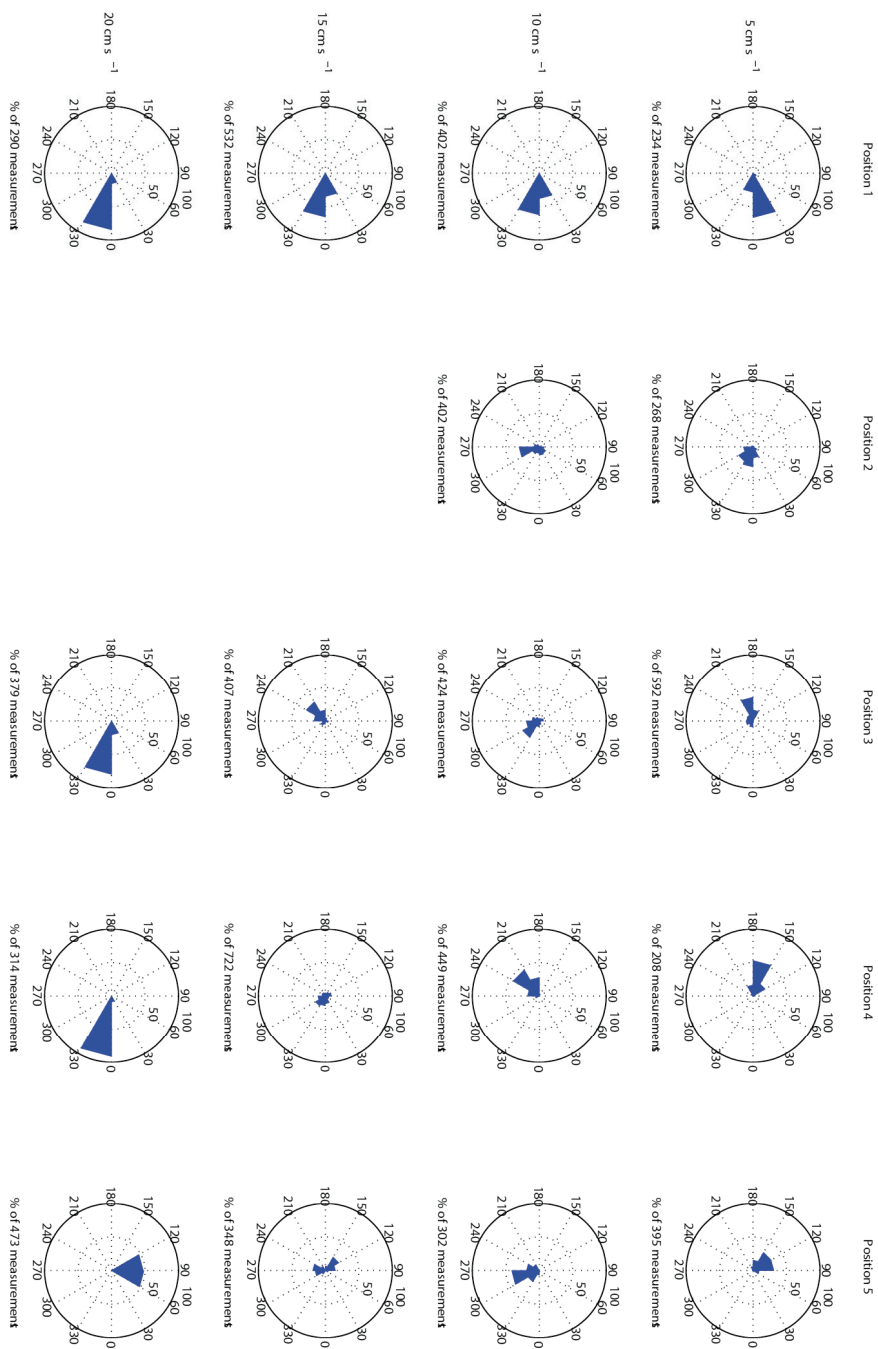
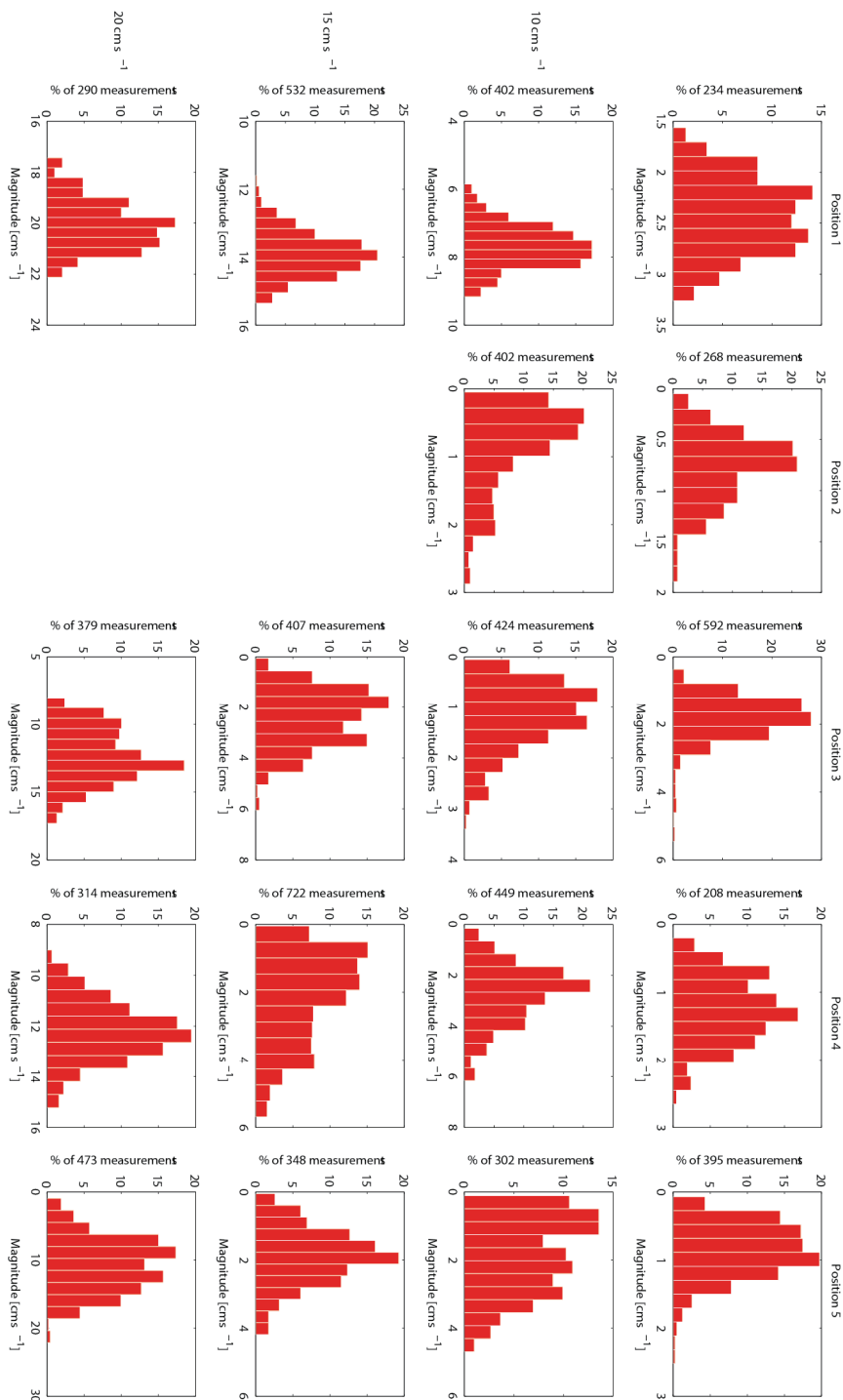


Fig. 4.3.3. Retningsfordelingen med hensyn til antall målte data. Dette viser hvor mange målinger, i prosent av totalt antall målinger, som er gjort i hver retning fordelt på sektorer på 30°.

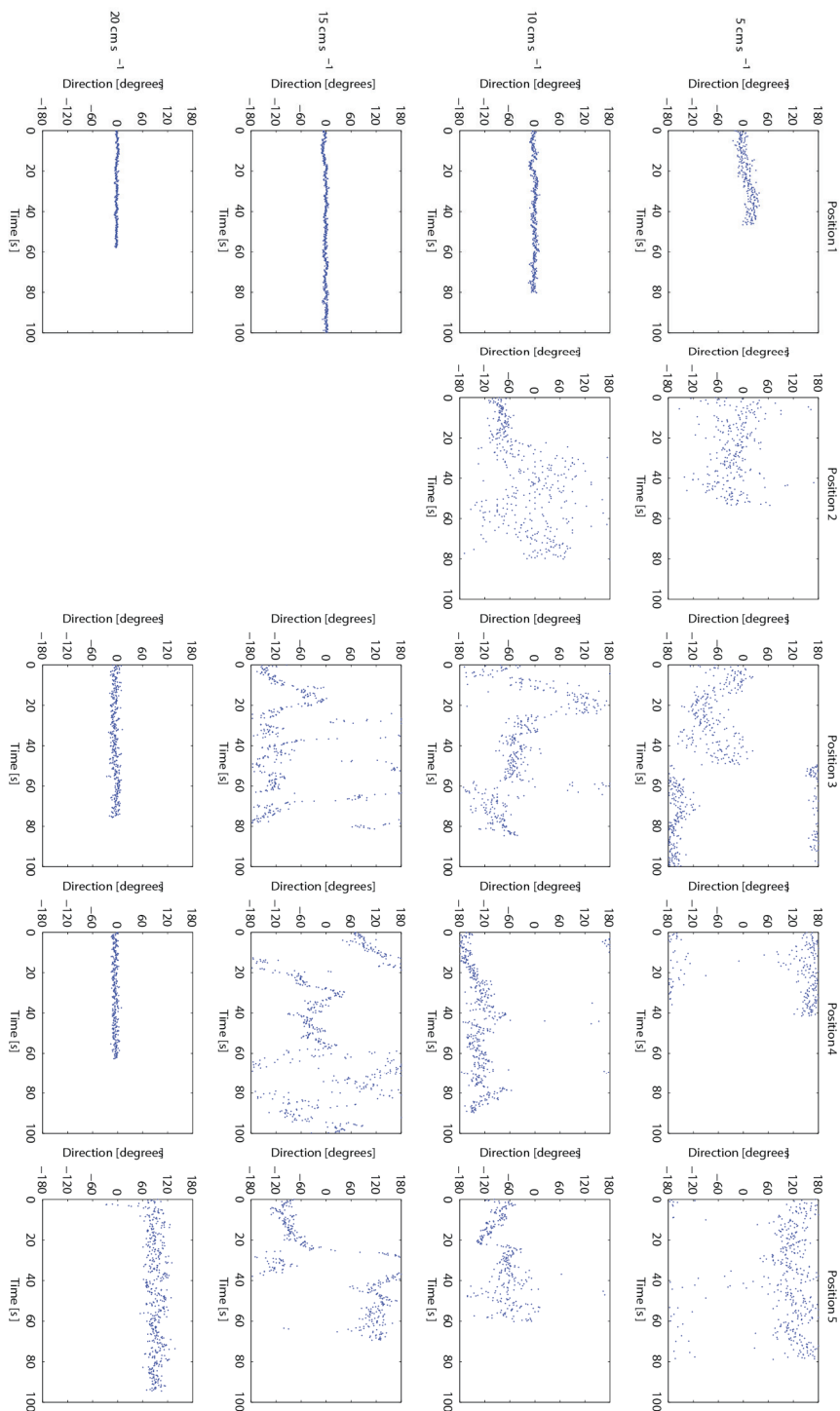
Strømmens stabilitet med hensyn på fart er gitt som histogramplot i figur 4.3.4 der søylehøydene er prosent av totalt antall målinger.

Fig. 4.3.4. Histogram over strømmen med hensyn til fart der y-aksen representerer antall målinger i prosent av totalt antall målinger og x-aksen viser farten på strømmen.



I Fig. 4.3.5. er retningen for hver måling plottet mot tid for hver posisjon, ved ulike strømhastigheter i tanken, for å se spredningen av datapunkt. Figuren viser strømmens retningsstabilitet.

Fig. 4.3.5. Viser strømretning som funksjon av tid.



Strømmen ved 5 og 10 cm s⁻¹ var relativt stabil i forkant av skjørtet (P1) og løftet ikke opp skjørtet vesentlig (Fig. 4.1.1., 4.3.2. og 4.3.5.). Strømhastigheten i de andre posisjonene var derfor liten og ustabil. Ved P4 ser strømmen ut til å ha gått i motsatt retning (Fig. 4.3.5). Dette kan skyldes at bakkanten av skjørtet fanget opp en del av strømmen og førte den opp til overflaten der vannet ble trengt fremover i merden (retning mot strømmen i tanken). I P2 ser det ut til at det ble dannet virvler der strømmen gikk i alle retninger.

Ved strømhastigheter på 15 cm s⁻¹ ble skjørtet løftet opp slik at bakveggen på skjørtet fanget opp mer vann enn for 5 og 10 cm s⁻¹, og følgelig ble det sannsynligvis mer turbulens innenfor skjørtet og strømretningen viste ingen tegn på stabil retning.

Ved 20 cm s⁻¹ var strømmen så sterk at fronten på skjørtet ble løftet helt opp i vannflaten og strømmen gikk da tvers igjennom merd og skjørt og dukket sannsynligvis under skjørtet i bakkant. Hastighetsreduksjonen gjennom skjørtet ble observert under forsøkene. Bak skjørtet var fortsatt strømhastigheten relativt stor, men dreid 90 grader i forhold til hovedstrømretningen (Fig. 4.3.2, 4.3.4 og 4.3.5).

I Fig. 4.3.6 er de ulike skjørtedybdene sammenlignet med hensyn på strømstyrke i ulike retninger fordelt på 30° sektorer. Rosene ovenfor hverandre ligner, noe som tyder på at strømbildet i overflaten i posisjon P1-P5 ikke var betydelig ulikt for de ulike skjørtedybdene.

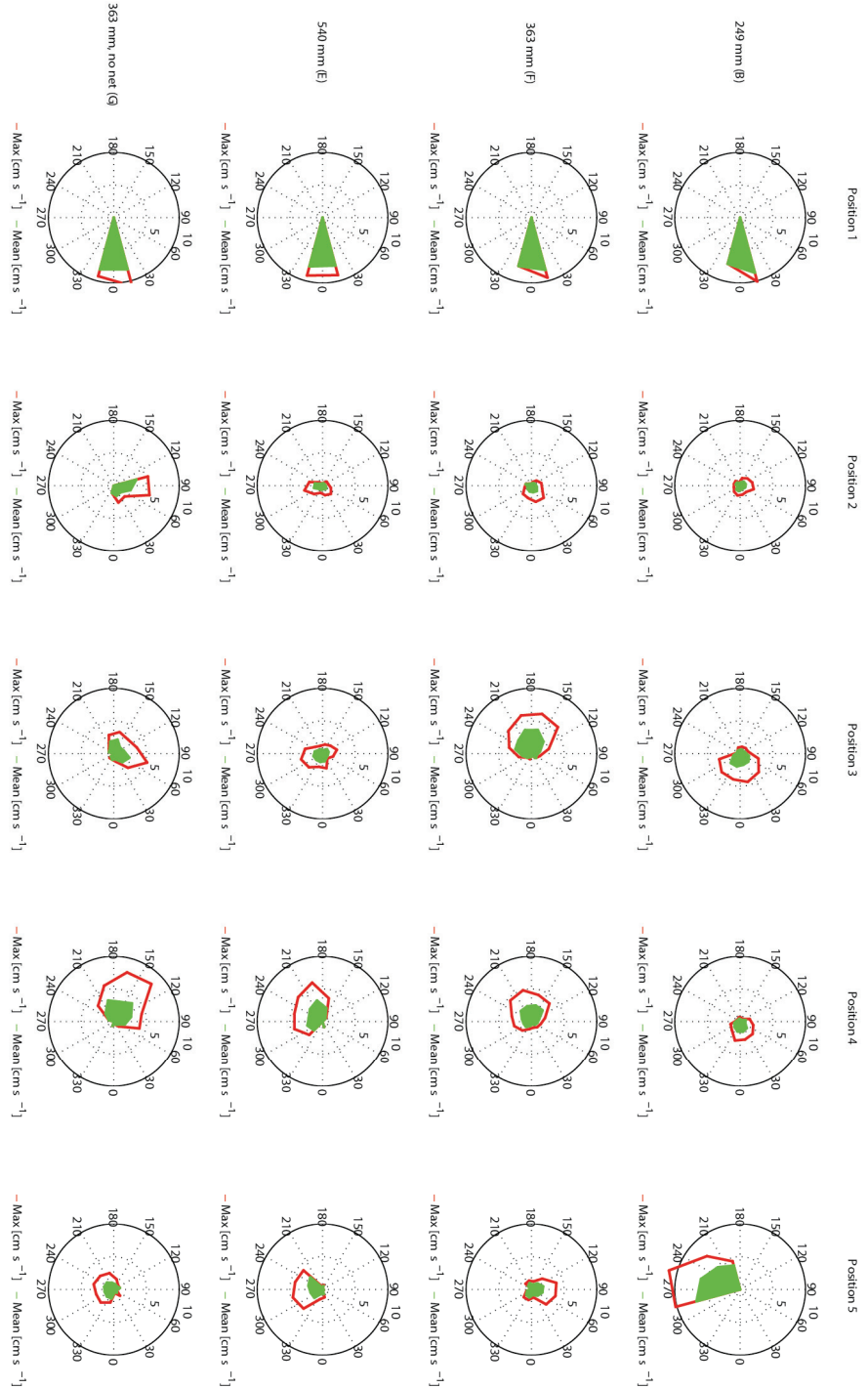


Fig. 4.3.6. Strømroser der middehverden (grønt felt) innenfor hver 30 graders sektor og maksimumsverdien (rød strek) innenfor samme sektor er plottet med 0 grader som medstrøming langs tanken. Figuren sammenligner skjørtidbydene 249 mm, 363 mm og 540 mm, samt 363 mm uten net. Bokstaven bak skjørtidbyden i figuren korresponderer til bokstavene i Fig. 4.1.1.

4.4 Strøm bak merden

Propellmåleren som ble brukt til å studere skyggeeffekten bak merden ble plassert i 6 punkt med 1 meters mellomrom (Fig 3.3.1), heretter kalt henholdsvis P6-P11. Det tredje punktet vil da være ved den neste merden i anlegget, dersom anlegget har 100x100 m rammefortøyning og merdene ligger bak hverandre i strømretningen. Fig. 4.4.1 viser strømmålinger plottet mot tid i målinger på 100 sekunder for 540 mm skjørt ved ulike strømhastigheter i tanken for posisjon P6-P11.

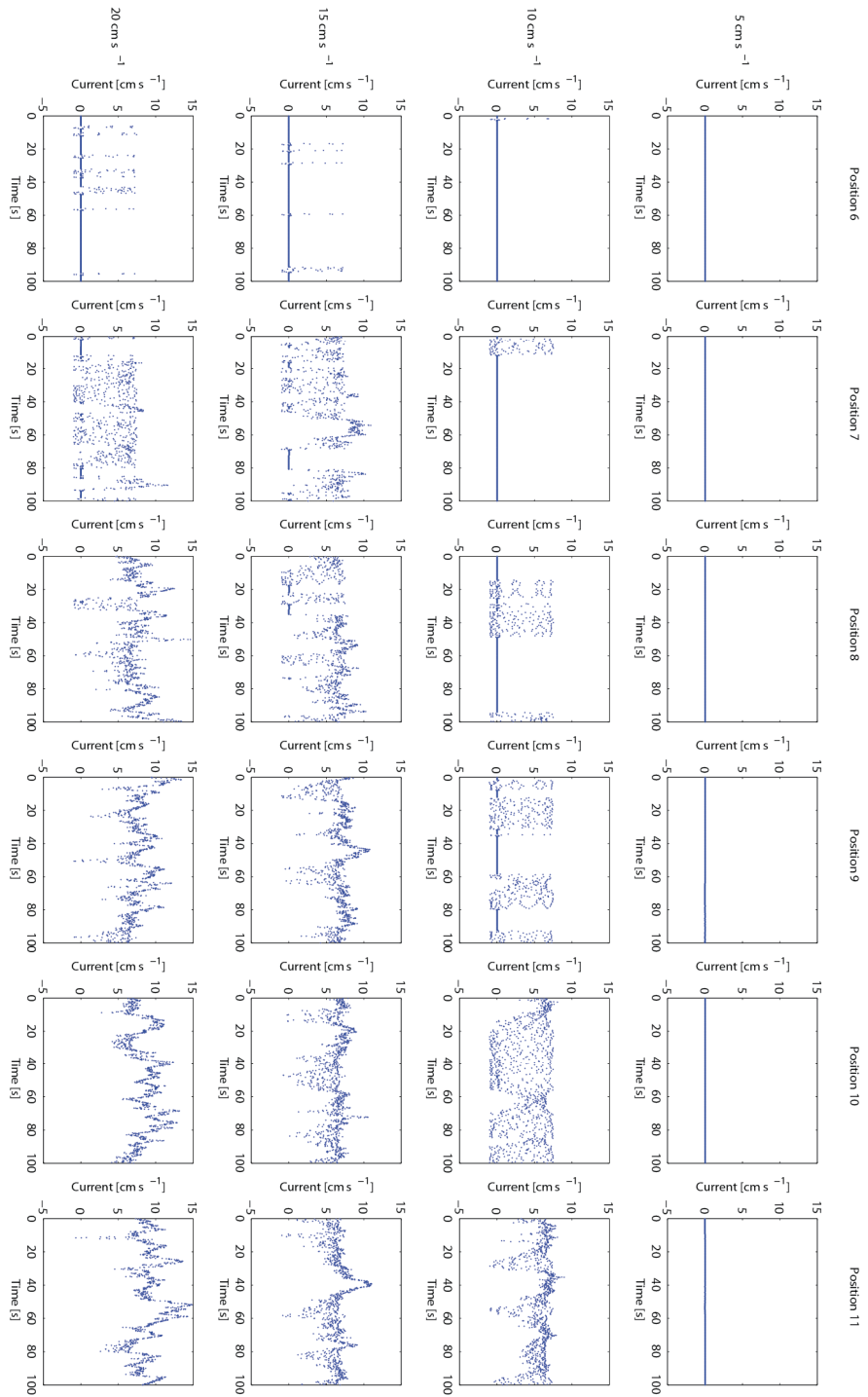


Fig. 4.4.1 Strømmålinger gjort med propellmåler i posisjon P6-P11 med 1 meters mellomrom nedstrøms retning bak merden. Strømfart er plottet mot tid i målinger på 100 sekunder for 540 mm skjørt loddet med 26 enkeltlodder på 36 g ved ulike strømshastigheter i tanken.

Strømmåleren ga lite utslag i P6 ved alle strømhastighetene som ble testet i tanken. Dette tyder på at strømmen i retning langs tanken var lav her. Strømmen økte gradvis i posisjonene lenger bak. Måleren ga så å si ikke noe utslag når strømhastigheten i tanken var 5 cm s^{-1} , og ustabile utslag ved 10 cm s^{-1} . Dette er en usikkerhet knyttet til denne typen målere, og at det krever litt fart på vannmassene for å få den i gang. Målingene var også ustabile i P7 og P8 for strømhastighetene 15 cm s^{-1} og 20 cm s^{-1} . Dette tyder på at strømmene ikke bevegde seg ensrettet og at merden skapte virvler bak seg. Målingene stabiliserte seg lenger bak, noe som tyder på at strømmen her ble mer ensrettet.

Fig. 4.4.2 viser gjennomsnittet av målingene i Fig 4.4.1 for de ulike posisjonene. Verdiene i P6-P8 (1-3 meter bak merden) er upålitelige på grunn av at målingene her var ustabile, og tydet på en lite ensrettet strøm, men figuren viser tydelig at strømmen var mye lavere enn den som var i tanken foran merden med Permaskjørt.

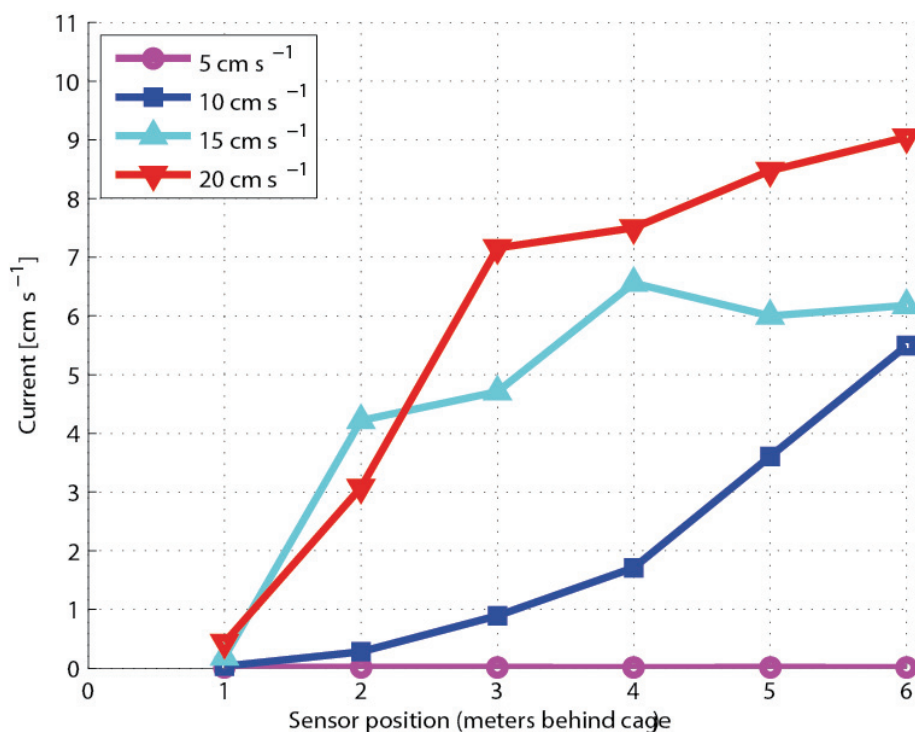


Fig. 4.4.2. Gjennomsnittet av målinger gjort med propellmåler i posisjon P6-P11 med 1 meters mellomrom nedstrøms retning bak merden for merd med 540 mm skjørt loddet med 26 enkeltlodd på 36 g.

På grunn av at propellmåleren kun måler strømmen i én retning, er det vanskelig å si noe om strømbildet ut fra disse målingene, men det er tydelig at merden skjermer i et stort område nedstrøms fra den.

4.5 Pumperør

I tillegg til skjørt og not ble det gjort en test på hvordan et pumperør vil stå i en merd med skjørt ved ulike strømhastigheter. Det er noe bekymring knyttet til hvorvidt en ren skjerming kan gi dårlig vannkvalitet i merden. Pumping av vann fra dypere nede for å fordele det i vannvolumet som skjørtet avgrenser er en potensiell løsning for utskifting av vannet i dette området. Pumperøret henter vann fra minimum 10 meters dyp, der det antas at det befinner seg lite lus. Fig. 4.5.1 viser en modell av pumperøret plassert i senter av modellmerden.

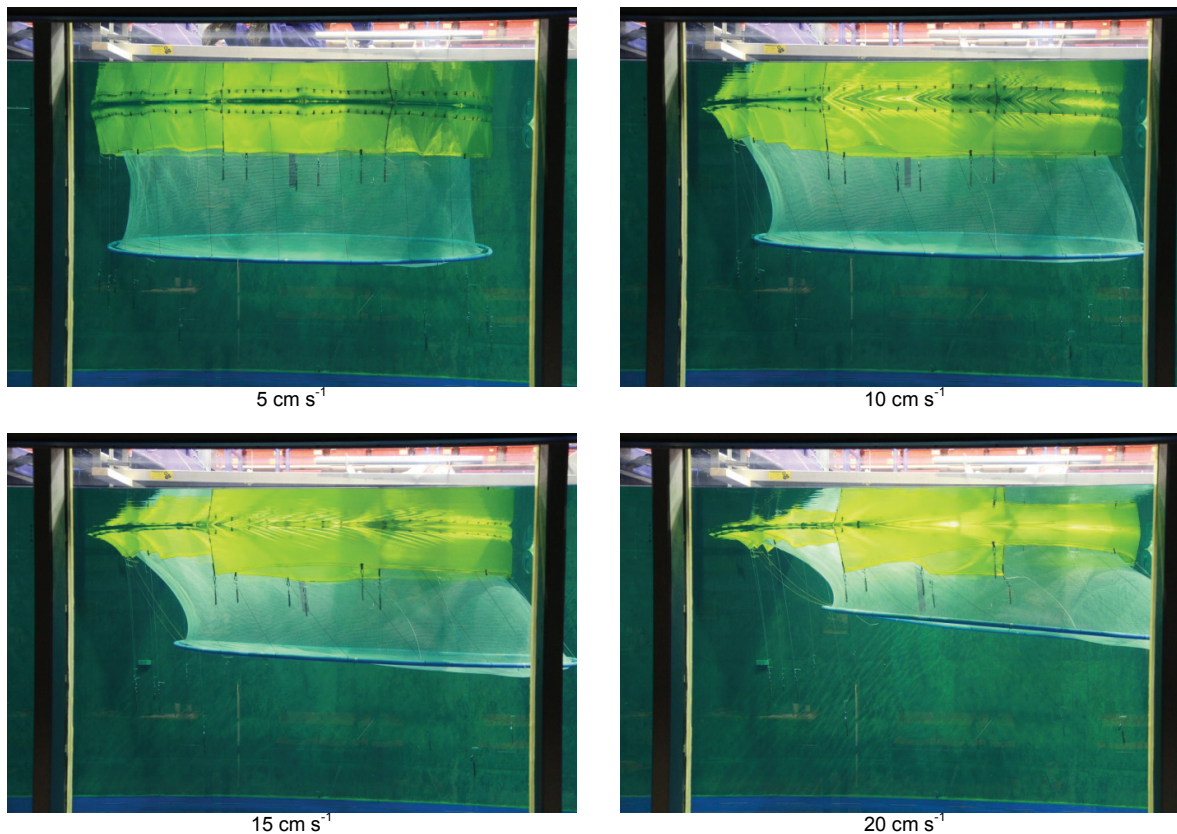


Fig. 4.5.1. Et 590 mm langt pumperør plassert i senter av en merd med 1180 mm dyp not og 363 mm skjørt med overlapp i motstrøms retning og 26 enkeltlodd på 36 g ved ulike strømhastigheter.

Pumperøret endret ikke mye vinkel fra vertikal posisjon ettersom strømhastigheten ble økt, og det var ingen fare for at det skulle komme i konflikt med sideveggen til nota. Det var derimot ikke lang avstand fra den flate bunnen på nota og den nedre enden av pumperøret ved 20 cm s⁻¹. Dette kan tyde på at grunne nøter vil ha problemer med en slik løsning ved høye strømhastigheter.

5 Konklusjon

5.1 Deformasjon av not og skjørt

Skjørtets evne til å skjerme mot lus kan bli redusert ved høye strømhastigheter ($V_c > 40 \text{ cm s}^{-1}$, full skala), fordi det blir presset bakover og opp mot overflaten slik at lus lettere kan passere under og inn i merden.

5.2 Total fortøyningskraft på merden

Det er viktig å inkludere bruk av skjørt når det gjøres fortøyningsanalyser på anlegget, på grunn av økningen i drag-krefter som følge av et påmontert skjørt. Det største bidraget til kraftøkningen kommer fra den delen av skjørtet som er i le av merden fordi det der blåser seg opp og fanger vannmassene. Fortøyningskreftene er for øvrig ikke betydelig påvirket av verken den initielle skjørtedybden eller nedloddingen av skjørtet.

5.3 Strøm i og omkring merden

Ved lave strømhastigheter ($V_c < 40 \text{ cm s}^{-1}$, full skala) løftes ikke skjørtet mye i fremkant, og det er lite, men ustabil strøm i overflaten inne i merden. Ved høyere strømhastigheter løftes skjørtet i fremkant og strømmen slipper lettere gjennom i overflaten og fanges opp av skjørtet i bakkant. Merder som følger direkte bak i strømretningen kan oppleve mye lavere strøm i overflaten på grunn av skjerming fra merden foran.

6 Referanser

Lader, P., Moe, H., Jensen, Ø., Lien, E., 2009. *Noter med høy soliditet - modellforsøk*. SINTEF rapport SFH80 A106030. ISBN 9788-82-14-04946-6.

