

SFH80A103068 - Åpen

# Rapport

## Ny skånsom pose for trål og snurrevad

Utvikling og testing av konsept for trålpose som opprettholder stort volum og lav innvendig strømningshastighet uten å redusere innstrømningshastigheten til posen

### Forfatter(e)

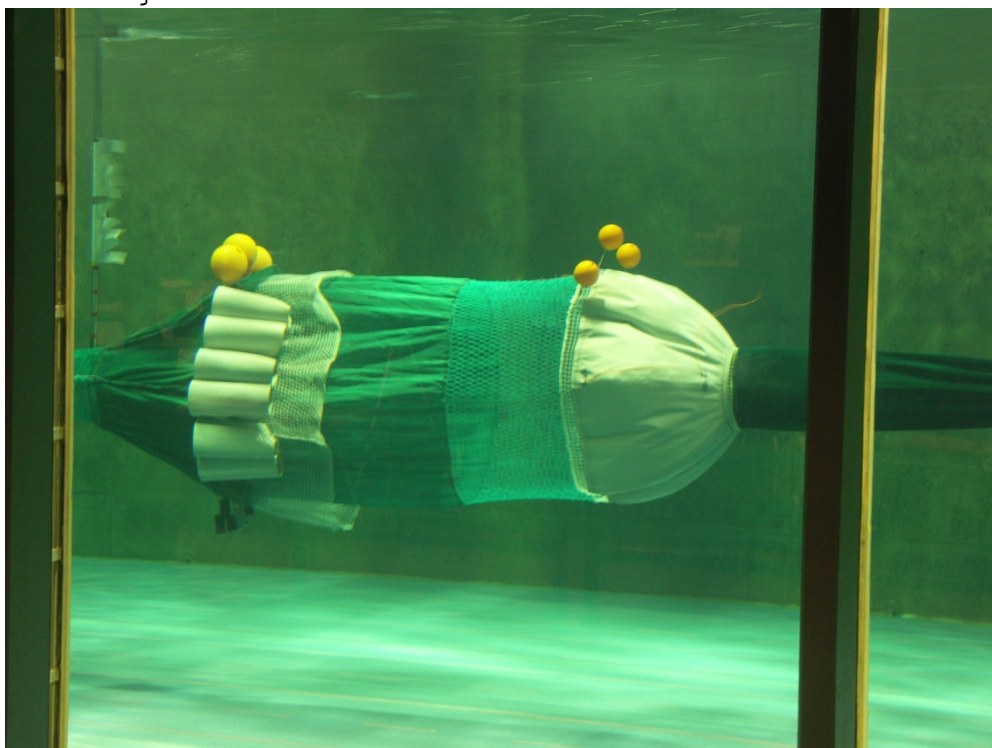
Svein Helge Gjøsund

Kurt Hansen

Birger Enerhaug

Eduardo Grimaldo

Manu Sistiaga



**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**

Fiskeriteknologi

2010-12-30

# Rapport

## Ny skånsom pose for trål og snurrevåd

Utvikling og testing av konsept for trålpose som opprettholder stort volum og lav innvendig strømningshastighet uten å redusere innstrømningshastigheten til posen

**EMNEORD:**

Fiskeri  
Trål  
Snurrevåd  
Trålpose  
Snurrevådpose  
Kvalitet  
Levendefangst

**VERSJON**

01

**DATO**

2010-12-30

**FØRFATTER(E)**

Svein Helge Gjesund  
Kurt Hansen  
Birger Enerhaug  
Eduardo Grimaldo  
Manu Sistiaga

**OPPDRAUGSGIVER(E)**

SINTEF Fiskeri og havbruk AS

**OPPDRAUGSGIVERS REF.**

Karl A. Almås

**PROSJEKTNR**

850332

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

26

**SAMMENDRAG**

Denne rapporten beskriver utvikling og testing av et konsept for en skånsom trål- og snurrevådpose som opprettholder stort volum og lav innvendig strømningshastighet uten å redusere innstrømningshastigheten til posen. Det vil si en pose der fisken ikke merker noen blokkering av strømmingen ved innløpet til posen, og der posens tverrsnitt utvider seg bak innløpet samtidig som strømningshastigheten avtar. Testene ble gjennomført i SINTEF Fiskeri og havbruks strømmingstank i Hirtshals.

Vi testet et konsept i skala 1:3 med fullskala diameter 3 m, lengde 6 m og volum omlag 40 m<sup>3</sup>, og fant at strømningshastigheten inne i posen enkelt kunne reduseres til 10-20 % av innstrømningshastigheten (f.eks. taue-/trålhastighet).

**PROSJEKTLEDER**

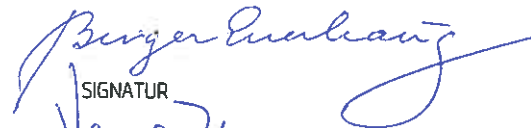
Svein Helge Gjesund

## SIGNATUR

**KONTROLLERT AV**

Birger Enerhaug

## SIGNATUR

**GODKJENT AV (STILLING, NAVN)**

Vegar Johansen

## SIGNATUR

**RAPPORTNR**

SFH80A103068

**ISBN**

978-82-14-05109-4

**GRADERING**

Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**

Åpen

# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
01	2010-12-30	Prosjektrapport

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>5</b>
1.1	Bakgrunn.....	5
1.2	Problemaforklaring.....	6
1.3	Målsetting og kriterier for konsept.....	7
<b>2</b>	<b>Materialer og metoder.....</b>	<b>9</b>
2.1	Forsøkstank.....	9
2.2	Modeller.....	9
2.3	Forsøksprosedyre.....	12
<b>3</b>	<b>Resultater.....</b>	<b>13</b>
3.1	Teoretisk estimat av forventet hastighetsreduksjon inne i posen.....	13
3.2	Hastighetsmålinger.....	15
3.2.1	Case 1 og 2.....	15
3.2.2	Case 3 og 4.....	17
3.2.3	Case 5.....	19
3.2.4	Case 6 og 7.....	20
<b>4</b>	<b>Diskusjon.....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>Konklusjoner.....</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>25</b>

# Ny skånsom pose for trål og snurrevad

## 1 Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Fisk som fanges med trål og snurrevad samles opp i en pose bakerst. Avhengig av fangstmengde, posens utforming og maskekonfigurasjon, tauetid, tauehastighet, strømningsforhold m.m., vil den akkumulerte fangsten i varierende grad utsettes for mekaniske trykk- og kontaktskader, utmatting og stress. Dette kan igjen påvirke kvaliteten, utnyttelsespotensialet og verdien på fangsten (Digre et al., 2010).

Snurrevadfanget fisk er ofte levende og tilnærmet uskadet ved ombordtaking, og også trålfanget fisk kan holde høy kvalitet (f.eks. <http://www.nofima.no/marin/nyhet/2010/11/traalfangst-kan-bli-kvalitetsfangst>). En utfordring ved snurrevad er at fangstmengden pr. i dag ikke enkelt kan reguleres, dvs. at man i utgangspunktet fanger den fisken som er i det området redskapet dekker. Det hender derfor at man får større fangster enn det fartøyene har kapasitet til å ta ombord og håndtere innen rimelig tid, noe som kan medføre kvalitetstap. Det arbeides derfor med løsninger både for fangstbegrensning og økt produksjonskapasitet for snurrevad. Trålere er større fartøy og har større kapasitet mht. fangstmengde, men fisker på den annen side ofte på mer spredte forekomster av fisk. Tauetiden ved tråling er derfor ofte vesentlig lenger (1-6 timer) enn den tiden det tar å gjennomføre et snurrevadkast (< 1 time), og tråling foregår ved høyere tauehastighet (typisk 4-6 knop) enn snurrevad (typisk 1.5-2.5 knop).

I en snurrevad ledes fisken nokså sakte og forsiktig innover mot snurrevadnota, ved at den innoverrettede hastigheten (dvs. normalkomponenten) til snurrevadtauet er lav og ved at hastigheten på selve snurrevadnota er lav (Bjørnar Isaksen, pers. komm.). Ved bunntåling "skremmes" fisken i større grad pga. den større hastigheten og pga. de dominerende tråldørene og bunngearet. Ved bunntåling forsøker fisken ofte å opprettholde sin posisjon relativt til headline og bunngearet ved å svømme med samme hastighet som tauehastigheten, inntil den blir utmattet og faller bakover mot seleksjonsrister og posen. Der er den i utmattet tilstand mer utsatt for kontakt med andre fisk og med selve posen. Dette ses ikke på samme måte i flytetrål (pelagisk trål), fordi dimensjonene på trållåpningen der er mye større enn i en bunntåling, og fordi et så tydelig visuelt stimuli som bunngearet ikke er tilstede i en flytetrål. Fangsten i en flytetrål går derfor i større grad direkte bak mot posen (IMR Newsletter No. 5-2010 og No. 2-2008).

I en snurrevad er det hydrodynamiske trykket og dermed totalkraften mot frontflaten av den akkumulerte fangsten bakerst i posen lavere enn ved tråling, pga. den lavere hastigheten. Dette trykket, som altså presser fisk mot hverandre og mot notlinet i posen, øker i utgangspunktet kvadratisk med tauehastigheten. Trykket og den resulterende kraften kan derfor være 4 til 9 ganger større på en akkumulert trålfangst enn på en akkumulert snurrevadfangst, dersom hastigheten ved tråling antas å være 2 til 3 ganger høyere enn ved snurrevad. Redusert hastighet pga. ristsystemer foran posen i trål kan imidlertid redusere denne forskjellen noe (det brukes ikke ristsystemer i snurrevad).

Det hydrodynamiske trykket og den resulterende kraften på den akkumulerte fangsten bestemmer også strekkraftene i notlinet i posen og dermed formen på denne (O'Neill og O'Donoghue, 1997, O'Neill et al., 2005). I snurrevadposer brukes firkantmasker, som bare i liten grad deformeres når de utsettes for strekk, og den lavere tauehastigheten innebærer som sagt også mindre strekkrefter i notlinet enn ved tråling. En snurrevadpose opprettholder derfor i større grad sitt tverrsnitt og volum ved økende fangstmengde enn en trålpose. Trålposer består vanligvis av diamantmasker, som lukkes helt eller delvis når de utsettes for strekk. Den høyere tauehastigheten, og dermed høyere hydrodynamiske kraften på fangsten, innebærer dermed at en

trålpose ofte strekkes til en pæreformet fasong etter hvert som fangstmengden økes. Volumet til en tradisjonell trålpose avtar derfor med fangstmengden.

Videre er det i modellforsøk funnet at en tradisjonell, diamantmasket pose i strukket tilstand har større sideveis bevegelser enn en tilsvarende pose i T90-masker (Hansen, 2004). Det er rimelig å anta at denne forskjellen finnes i fullskala også, at firkantmasker vil ha like stor eller større effekt enn T90 masker, og at slike bevegelser kan ha innvirkning på kvaliteten på fangsten (Digre et al., 2010). På den annen side finner O'Neill et al. (2005) at det for en trålpose i sjøgang (bølger) er den langsgående pulserende bevegelsen til posen som er dominerende, at relativbevegelsen mellom fangst og pose i hovedsak skyldes bevegelsen til posen, og at fisk i mindre grad enn man visuelt kan få inntrykk av "kastes rundt" og utsettes for akselerasjoner og turbulens inne i posen.

I dag er det maskestørrelsene i posen og evnen til størrelsesseleksjon som er lovregulert, og dermed bestemmende for utformingen av både trål- og snurrevadposer. Det foreligger imidlertid dokumentasjon på at seleksjonen langt på vei kan ivaretas av ristsystemer og/eller såkalte Exit Windows og lignende seksjoner og paneler lenger frem i trålen/snurrevaden. (Grimaldo et al., 2007, 2008, 2009). På noe sikt bør dette kunne åpne for at posen kan utformes med tanke på å bevare kvaliteten og verdiskapningspotensialet til fangsten i størst mulig grad. Utgangspunktet for dette prosjektet er derfor å utvikle og teste et konsept for trål- og snurrevadposer som er egnet til å ivareta kvaliteten på den akkumulerte fangsten, og i utgangspunktet uavhengig av gjeldende krav til seleksjon og maskestørrelser.

## 1.2 Problemavklaring

Basert på det som er beskrevet i innledningen kan følgende overordnede forhold settes opp mht. kvalitet på trål- og snurrevadfangster:

### *Snurrevad*

Fisken blir i mindre grad enn ved tråling utmattet eller utsatt for mekaniske belastninger over lengre tid, selv om det også kan være noen grad av utmatting, stress og mekaniske trykk- og kontaktskader i en snurrevadpose. Hovedutfordringen for snurrevad synes å være å opprettholde tilstrekkelig volum og rolige forhold i posen også ved store fangster og under ombordtaking.

### *Trål*

Ved bunntråling kan fisken bli helt eller delvis utmattet ved at den i lang tid forsøker å svømme med trållåpningen. Denne problemstillingen relaterer seg altså til hvordan en bunntrål er utformet og virker, og adresseres ikke her. Både i bunntrål og i flytetrål ender imidlertid fangsten etter hvert opp i posen, der den kan utsettes for trenging og mekaniske trykk- og kontaktskader over lang tid, og ytterligere utmatting og stress dersom den forsøker å holde seg svømmende rett foran den akkumulerte passive fangsten. Det siste kan spesielt tenkes å være tilfelle i flytetrål, der fangsten i større grad går direkte bak i posen uten å være utmattet på forhånd.

Ved utforming av en mer skånsom pose er det altså to hovedkriterier som peker seg ut, nemlig å sørge for tilstrekkelig tverrsnitt og volum, og tilstrekkelig lav strømningshastighet inne i posen.

Tverrsnitt og volum kan oppnås og opprettholdes ved å bruke firkantmasker (som det gjøres i snurrevad), eller T90-masker (Hansen, 2004). Bestemmelser om maskestørrelser gjør imidlertid at firkantmasker pr. i dag ikke er et reelt alternativ for trål, fordi mye av den lovlige fangsten da vil kunne unnsnippe. T90-masker er et mer reelt alternativ, men brukes bare i liten grad i Norge. Det er imidlertid ikke diamantmaskeformen i seg selv som er problemet, men det faktum at posen strekkes og avsmalnes. En løsning som er i ferd med å bli utprøvd er derfor 4-panels poser med leiser, dvs. langsgående tau som tar opp i seg strekkraftene i posen uten at denne strekkes.

Men selv om volumet kan opprettholdes på en av måtene beskrevet over, vil strømningshastigheten i en trålpose fremdeles kunne være høy. Bak et ristsystem vil hastigheten være redusert, men bare i noen grad og bare i samme transversale utstrekning som selve ristsystemet (dvs. diameter på ristseksjonen, typisk < 1 m). Forlengelse og sekk utvides igjen et stykke foran den akkumulerte fangsten og her strømmer vann inn i posen fra utsiden, før det endelig avbøyes utenom selve den akkumulerte fangsten (Pichot et al., 2009). Hastigheten i store deler av posen vil dermed kunne være tilnærmet lik tauehastigheten, og det hydrodynamiske trykket og kraften på den akkumulerte fangsten vil være bestemt av denne hastigheten.

Strømningshastigheten inne i en pose kan reguleres ved å lage en pose med regulerbart utløp. Et eksempel på en slik løsning er Bargo<sup>TM</sup> (<http://www.bargo.no/>), som er en transportpose for levende fisk. Bargo<sup>TM</sup> er laget i et canvas materiale og har et definert volum der strømningshastigheten inne i posen altså kan reguleres ved å regulere diameteren på utløpet.

Men en pose utformet på en måte tilsvarende Bargo<sup>TM</sup> vil innebære en betydelig blokkering ("bøtteeffekt") ved innløpet. Dette er ikke problematisk når fisk overføres til posen fra merd eller notsteng under kontrollerte forhold. I en trål eller snurrevad, derimot, er en slik blokkering ikke ønskelig, fordi det kan føre til opphopning og/eller tap av fisk lenger frem i trålen (dvs. at en reell "bøtteeffekt" oppstår, jf. Gjøsund et al., 2010).

En ny skånsom pose bør derfor være slik at den har en lav innvendig strømningshastighet, uten at innstrømningshastigheten til posen er redusert.

### 1.3 Målsetting og kriterier for konsept

Det overordnede målet er at fisken skal kunne samles opp og bringes levende og tilnærmet uskadet til fartøyet, også ved tråltauinger av lengre varighet.

Videre vil der være praktiske og operasjonelle krav til en pose, f.eks. knyttet til styrke, håndterbarhet og uønskede elementer i trålen (stein, sopp, trimsykler m.m.). Hvor stort tverrsnitt og volum og hvor lav hastighet som er riktig vil måtte bestemmes nærmere for de enkelte anvendelser, og må baseres både på biologiske (ideell volumtetthet av fisk, oksygennivå, svømmekapasitet basert på art og størrelse osv.) og operasjonelle (tauehastighet, kapasitet, fangstmengde osv.) kriterier. Posen bør designes for en viss maksimal fangstmengde, gjerne kombinert med løsninger for fangstbegrensning. Målet for dette prosjektet er dermed å etablere et konsept som kan tilpasses og justeres ihht. mer spesifikke krav siden, både for trål og snurrevad.

Konseptet som danner grunnlaget for dette prosjektet er basert på prosjektbeskrivelsen *Upstream selectivity combined with gentle codend in trawls* (Norges forskningsråd søknadsnr. 196700/S40, 2009). og skal tilfredsstillende følgende tre hovedkriterier (se avsnitt 1.2):

1. Posen skal utgjøre et definert volum uavhengig av fangstmengde, som kan designes stort nok til at en gitt fangstmengde kan oppholde seg der uten trengning eller andre skader.
2. Fisken skal enkelt ledes inn i posen men ikke kunne unnsnippe den. Dette innebærer at posen må utformes slik at den ikke skaper en reduksjon av strømningshastigheten gjennom innløpet til posen, siden dette kan gjøre at fisken unnsnipper gjennom de større maskene foran posen, eller at det oppstår en opphopning av fisken foran posen.
3. Strømningshastigheten inne i posen skal være lav og trykkforholdene gunstige, slik at fisken kan oppholde seg i posen i lang tid uten å bli utmattet eller stresset.

Det legges videre til grunn at posen skal være en fleksibel nett- eller poselignende struktur, og ikke en stiv beholder eller tank.

Kriterium 2 og 3 innebærer da at posen både må ha et innløp og et utløp, et tverrsnitt som øker bak innløpet, med liten eller ingen innstrømning til posen bortsett fra gjennom selve innløpet. Dette følger av prinsippet om kontinuitet og massebevarelse, dvs.

$$A_{innløp} \cdot U_{innløp} = A_{pose} \cdot U_{pose}$$

For å oppnå en lav hastighet  $U_{pose}$  inne i posen uten at hastigheten  $U_{innløp}$  gjennom innløpet reduseres, må altså tverrsnittsarealet  $A_{pose}$  i hoveddelen av posen være større enn tverrsnittsarealet  $A_{innløp}$  til innløpet.  $A_{innløp}$  antas her definert av seksjonen foran posen (dvs. forlengelse og evt. ristseksjon). For å kunne begrense og kontrollere innstrømningen til posen utenom innløpet må denne lages i materiale som er tett (seilduk, canvas) eller har svært lav porøsitet (notlin med høy soliditet, f.eks. tobisnett). Utløpet kan bestå av en seksjon med notlin, eller av et mer definert utløp på samme måte som innløpet, med tilstrekkelig åpent areal til å unngå blokkering (reduksjon av hastighet) ved innløpet.

Kriterium 1 innebærer i hovedsak at posen må designes slik at det ønskede tverrsnittet opprettholdes i størsteparten av posens lengde. Dette kan oppnås på flere måter, enkeltvis eller i kombinasjon: ved hydrodynamisk overtrykk inne i posen, ved bruk av kites for å spenne ut posen, ved bruk av oppdriftskrefter /fløyt på overdel og vekter på underdel, ved bruk av stive elementer (ringer) osv..



## 2 Materialer og metoder

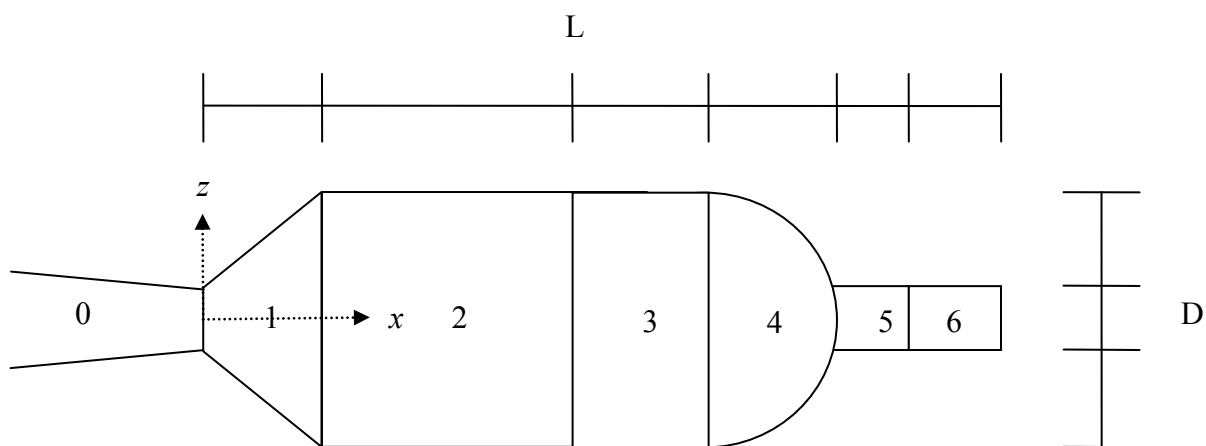
### 2.1 Forsøkstank

Testene ble gjennomført i SINTEF Fiskeri og havbruks strømningstank i Hirtshals. Tanken har dimensjoner 21.3 x 2.7 x 8 m (L x H x B) og høyeste strømningshastighet 1 m/s.

### 2.2 Modeller

Basert på kriteriene i avsnitt 1.3 utarbeidet prosjektgruppen et hovedkonsept bestående av 6 seksjoner, se Figur 1. Noen av seksjonene ble laget i flere utgaver i forskjellige materialer og med forskjellig dimensjoner, slik at et begrenset antall variasjoner av hovedkonseptet enkelt kunne testes. Beskrivelse av seksjonene er gitt i Tabell 1, og en oversikt over testkonfigurasjoner av hovedkonseptet er vist i Tabell 2. Den grunnleggende funksjonen til hver enkelt seksjon er:

Seksjon 1	Innløpsseksjon med ekspanderende tverrsnitt
Seksjon 2	Hovedseksjon med lav hastighet
Seksjon 3	Åpen seksjon med normal maskevidde for utstrømning og evt. seleksjon
Seksjon 4	Bakpart som bidrar til å spenne ut posen
Seksjon 5/6	Utløp



Figur 1. Skisse av hovedkonsept, se Tabell 1 for dimensjoner. Seksjon 0 representerer nettsesjonen umiddelbart foran posen, dvs. forlengelse eller ristseksjon.

Modellen ble bygget i skala 1:3, med fullskala diameter og lengde på posen på hhv. 3 og 6 m (lengde eksklusiv innløpskonus). Dette tilsvarer et volum i fullskala på omlag 40 m<sup>3</sup>. Nettsesjonene (Seksjon 0 og 3) var bygget med masker tilsvarende fullskala maskestørrelse 145 mm. Forsøk ble gjort både med en ordinær forlengelse uten ristseksjon foran posen (Seksjon 0a, Case 1-5), og med en fleksiristseksjon (Seksjon 0b, Case 6-7). Avstand fra bakkanten av fleksiristseksjonen til innløpet til posen i Case 6 og 7 tilsvarer 6 m i fullskala. For å sikre like og sammenlignbare innstrømningsforhold ble en stiv ring ("hoop") innmontert i forkant av Seksjon 1 i alle tilfeller i Tabell 1. Denne ringen hadde diameter 320 mm og tykkelse 15 mm.

Det var i utgangspunktet ikke klart hvordan det ønskede innløp og tverrsnitt på hoveddelen av posen (Seksjon 2a) best kunne oppnås. For å kunne gjennomføre hastighetsmålinger innvendig i posen med den ønskede geometrien ble det i Case 1-4 derfor innmontert en "hoop" også i framkant av Seksjon 2a, med diameter 1000 mm og tykkelse 28 mm. Etter hvert fant vi at ønsket innløp og tverrsnitt på Seksjon 2 ble tilfredsstillende opprettholdt ved bruk av fløytkuler i overkant, vekt i underkant og kites på sidene, og Case 5-7 ble derfor gjennomført uten "hoop" i Seksjon 2.

Tabell 1. Oversikt over varianter av seksjoner;  $D_{inn}$  og  $D_{ut}$  er inn- og utløpsdiameter til hver seksjon,  $L$  er lengde til hver seksjon, og  $\alpha$  er nominell konusvinkel til Seksjon 1.

Seksjon	$D_{inn}$ [mm]	$D_{ut}$ [mm]	$L$ [mm]	$\alpha$ [°]	Form	Materiale
0a	-	300	-	-	Konus	Nett
0b	-	300	-	-	Konus, sylinder	Nett + fleksiristseksjon
1a	300	1000	500	35	Konus	Seilduk
1b*	300	1000	1000	19.3	Konus	Seilduk
1c*	300	1000	1500	13.1	Konus	Seilduk
1d	300	1000	500	35	Konus	Tobisnett
1e	300	1000	500	35	Konus	Tobisnett, dobbelt
2a	1000	1000	1000		Sylinder	Seilduk
2b*	1000	1000	500		Sylinder	Seilduk
2c	1000	1000	1000		Sylinder	Tobisnett
3a	1000	1000	500		Sylinder	Nett
3b*	1000	1000	1000		Sylinder	Nett
4	1000	300	500		Halvkule	Seilduk
5	300	300	500		Sylinder	Seilduk
6**	300	300	1000		Sylinder	Tobisnett

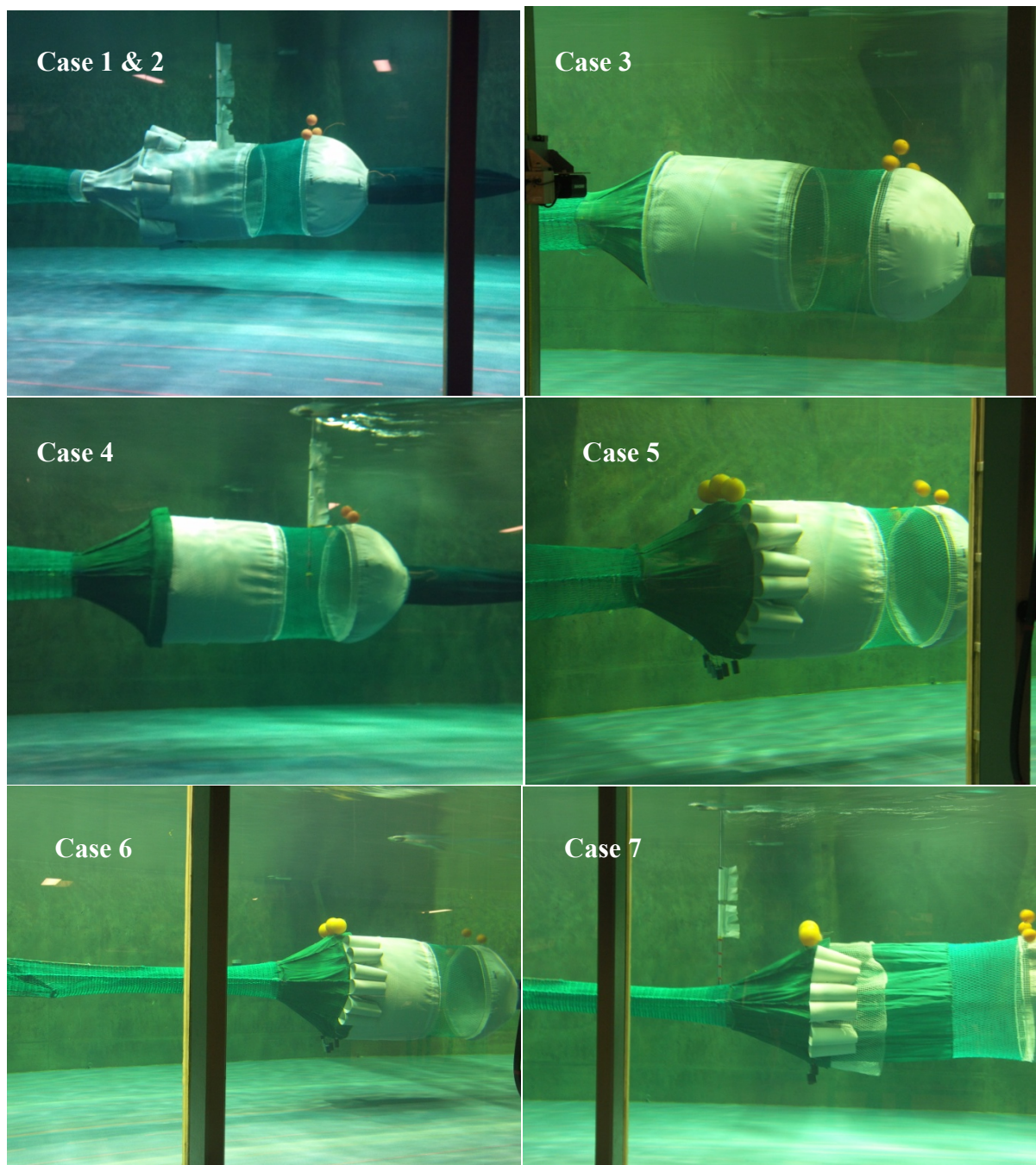
\* Seksjon ikke benyttet i testene

\*\* Seksjon 6 er montert utenpå Seksjon 5

Tabell 2. Oversikt over testkonfigurasjoner (kombinasjoner av seksjoner), se Figur 2. Seksjon 3-6 er like for alle testkonfigurasjoner.

Konfigurasjon	Seksjoner								Beskrivelse
<b>Case 1</b>	0a	1a	2a	3a	4	5	6		Innløpskonus i canvas. "Hoop" i forkant av Seksjon 2a ( $d=1000$ mm, $t=28$ mm), ca. 15 mm åpen spalte i overgangen mellom Seksjon 1b og 2a
<b>Case 2</b>	0a	1a	2a	3a	4	5	6		Som Case 1, men åpen spalte i Case 1 delvis lukket med tau*
<b>Case 3</b>	0a	1d	2a	3a	4	5	6		Innløpskonus i enkelt tobisnett. "Hoop" i forkant av Seksjon 2a ( $d=1000$ mm, $t=28$ mm).
<b>Case 4</b>	0a	1e	2a	3a	4	5	6		Innløpskonus i dobbelt tobisnett. "Hoop" i forkant av Seksjon 2a ( $d=1000$ mm, $t=28$ mm).
<b>Case 5</b>	0a	1e	2a	3a	4	5	6		Innløpskonus i dobbelt tobisnett. "Hoop" i forkant av Seksjon 2a erstattet av 4 kuler á 1.5 kg oppdrift i vann i overkant, 6 lodd á 0.8 kg vekt i luft i underkant, 3 doble kites på hver side
<b>Case 6</b>	0b	1e	2a	3a	4	5	6		Som Case 5, men med fleksiristseksjon foran posen.
<b>Case 7</b>	0b	1e	2c	3a	4	5	6		Som Case 6, med Seksjon 2 i enkelt tobisnett

\* En spalte på 15 mm langs periferien tilsvarer 6 % av frontarealet når diameteren er 1 m, mens innløpet med diameter 300 mm tilsvarer 9 %.



Figur 2. Bilder av de forskjellige testkonfigurasjonene i tanken. Vannstrøm fra venstre. For Case 1&2, 4 og 7 ses også strømningsmåleren (vertikal stang) i forskjellige måleposisjoner. I Case 1-4 holdes Seksjon 2 åpen av ”hoop” i framkant av seksjonen. Denne er fjernet i Case 5-7, der åpningen oppnås vha. kuler i overkant, vekter i underkant og kites langs sidene. I bildet av Case 1&2 er der også montert kites rundt innløpet på Seksjon 2, men disse har altså ingen funksjon for dette tilfellet.

## 2.3 Forsøksprosedyre

Forsøkene innebar hastighetsmålinger ved flere tverrsnitt i posen. Krefter, geometri og bevegelser ble ikke målt. Strømningshastigheten ( $x$ -komponent) ble målt med en strømningsmåler av typen *Höntzsch Vane wheel* (Figur 2) montert på en vertikal stang. For å kunne måle hastigheter inne i posen ble det skåret små hull i overdelen av seksjonene. Disse hullene antas å ha neglisjerbar betydning for strømningen inne i posen. For hvert målepunkt ble det gjennomført to måleserier med varighet 100 sekund og samplingfrekvens 10 Hz. Middelerdi og standardavvik ble beregnet, i tillegg til en turbulensintensitet definert som forholdet mellom standardavvik og middelerdi. Det var bare  $x$ -komponenten av strømningen som ble målt, men strømningsretning og virvling ble vurdert kvalitativt vha. strømningsindikatorer. Forsøkene ble gjennomført ved en nominell strømningshastighet i tanken på 0.9 m/s (1.75 knop), som tilsvarer en fullskalahastighet på 3 knop. Strømningshastigheten varierer imidlertid noe med posisjon i tanken, og basert på de faktiske hastighetsmålingene velger vi å benytte 0.85 m/s (2.9 knop i fullskala) som verdi for uforstyrret strømningshastighet.

Hastigheten over et tverrsnitt inne i posen vil variere med den vertikale posisjonen. For å kunne gjennomføre sammenlignbare hastighetsmålinger uten at posen hadde for store vertikale eller sideveis bevegelser, ble posen derfor innspent i bakkant med en line. For å holde posen mest mulig horisontal og unngå at bakparten av posen ”hang” nedover ble det også feste fløytkuler i overkant av Seksjon 4, se Figur 2. Disse effektene skyldes delvis skaleringen, fordi egenvekten og stivheten på seilduk og nettmateriale vil være urealistisk stor i forhold til de hydrodynamiske kreftene i modellskala.

### 3 Resultater

I avsnitt 3.1 er det gjort noen teoretiske beregninger av hastighetsreduksjon inne i posen, som et grunnlag for å vurdere hva vi kan forvente å måle i de valgte testkonfigurasjonene og oppnå ved andre konfigurasjoner.

I avsnitt 3.2 er hastighetsmålingene (middelverdi, standardavvik og turbulensintensitet) oppsummert i egne tabeller for hvert case. Middelerdiene av strømningshastigheten er også presentert grafisk; Case 1 og 2 er vist sammen i Figur 3 for å vise effekten av spalten i Case 1 (se Tabell 2); Case 3 og 4 er vist sammen Figur 4 for å vise effekten av å bruke hhv. enkelt og dobbelt tobisnett i innløpskonusen; Case 5 er vist i Figur 5; Case 6 og 7 er vist sammen i Figur 6 for å vise effekten av å bruke hhv. canvas og enkelt tobisnett i Seksjon 2. For lettere å kunne sammenligne resultatene med hverandre og med figurene er tabellene satt opp på samme måte for alle case. I tabellene er  $z$ -verdien vertikal avstand fra senterlinjen gjennom posen og  $x$ -verdien horisontal avstand fra innløpet til Seksjon 1, der  $x$ -verdiene refererer til følgende posisjoner i posen (se Figur 1 og Figur 2):

$x = -2.00 \text{ m}$	- rett bak fleksiristseksjon (Case 6 og 7)
$x = -0.40 \text{ m}$	- foran innløp Seksjon 1 (Case 7)
$x = -0.19/-0.13 \text{ m}$	- ved innløp foran Seksjon 1
$x = 1.12 \text{ m}$	- omlag midt i Seksjon 2
$x = 1.80 \text{ m}$	- omlag midt i Seksjon 3
$x = 2.60 \text{ m}$	- rett bak utløp Seksjon 4

Det bemerkes at standardavviket beskriver graden av variasjon fra middelverdiene og dermed graden av absolutt virvling og turbulens i strømmingen, dvs. at den er en absolutt størrelse. Turbulensintensiteten slik den er definert her sier noe om graden av virvling og turbulens i forhold til middelverdien, og er dermed en relativ og ikke en absolutt størrelse.

Videre vil hastigheten variere vertikalt over tverrsnittet. Arealtyngdepunktet for et sirkulært tverrsnittet ligger ved  $z = \sqrt{2}/2 r \approx 0.7 r = 0.35 \text{ m}$ , der  $r = D/2 = 0.5 \text{ m}$  er radius, dvs. at halve tverrsnittsarealet ligger hhv. innenfor og utenfor denne  $z$ -verdien. Dersom vi antar at hastigheten varierer noenlunde lineært over tverrsnittet kan derfor vi bruke hastigheten ved  $z = 0.35 \text{ m}$  som et estimat av gjennomsnittshastigheten for hele tverrsnittet.

#### 3.1 Teoretisk estimat av forventet hastighetsreduksjon inne i posen

Hoveddelen av posen har et sirkulært tverrsnitt med diameter 1 m, mens innløpet har en diameter på 0.3 m. Dersom hele frontarealet forøvrig er tett (dvs. at innløpskonusen er laget i canvas), vil gjennomsnittshastigheten inne i posen dermed bli redusert til  $0.3^2/1^2 = 0.09$ , dvs. 9 % av strømningshastigheten gjennom innløpet (se avsnitt 1.3).

Dersom vi tar hensyn til spalten mellom Seksjon 1 og 2 og anslår denne å være 15 mm bred, får vi at spalten utgjør 6 % av frontarealet med diameter 1 m. Gjennomsnittshastigheten inne i posen vil da være 9 % + 6 % = 15 % av den uforstyrrede innstrømningshastigheten, under forutsetning av at hastigheten gjennom innløpet er lik den uforstyrrede innstrømningshastigheten.

Dersom innløpskonusen har en viss porøsitet kan innstrømmingen gjennom konusveggen estimeres basert på Gjøsend og Enerhaug (2010). Tabell 3 viser estimat for noen verdier av konusvinkel og porøsitet/soliditet, basert bl.a. på trådykkelse  $O(1 \text{ mm})$  og uforstyrret strømningshastighet  $O(1 \text{ m/s})$ . Sammenhengen mellom soliditet  $S_n$  og porøsitet  $\beta$  er  $S_n = 1 - \beta$ . Soliditeten kan beregnes basert på trådykkelse, maskestørrelse og maskeåpningsvinkel som vist i Fredheim og Faltinsen (2003). I våre forsøk hadde innløpskonusen en vinkel på  $35^\circ$  og en avkortet lengde på 0.5 m.

Tabell 3. Filtreringsevne (relativ gjennomstrømning) for konus med varierende konusvinkel ( $\alpha$ ), lengde (L: lengde avkortet konus,  $L_0$ : lengde tilsvarende full konus), og soliditet ( $S_n$ ).

$\alpha$ [°]	L [m]	$L_0$ [m]	$S_n = 0.6$	$S_n = 0.7$	$S_n = 0.8$	$S_n = 0.9$	$S_n = 0.95$
35	0.500	0.714	0.76	0.65	0.50	0.28	0.14
45	0.350	0.500	0.69	0.58	0.43	0.24	0.12
60	0.202	0.289	0.63	0.51	0.37	0.20	0.10
90	0	0	0.58	0.47	0.33	0.17	0.08

I Case 3-7 ble det benyttet enkelt og dobbelt tobisnett i Seksjon 1. Vi har ikke eksakte verdier for porøsiteten til tobisnettet, men oppgitt verdi for trådtykkelse er 1.51 mm (nr. 210/30) og maskelengde 10 mm (strukket senter til senter). Det er videre vanskelig å anslå nøyaktig maskeåpningsvinkel, men basert på manuelle målinger av ustrukket og ”noe strukket” tobisnett er maskeåpningsvinkelen anslått til å ligge mellom 45° og 55°. Soliditeten kan da estimeres til  $0.75 < S_n < 0.85$  og porøsiteten til  $0.15 < \beta < 0.25$ . Det virker derfor rimelig å bruke  $S_n = 0.8$  og  $\beta = 0.2$  for enkelt tobisnett. Tabell 3 indikerer da at innstrømningen gjennom konusveggen reduseres til omlag 50 % av den uforstyrrede strømningshastigheten.

For dobbelt tobisnett er det enda vanskeligere å anslå den reelle soliditeten/porøsiteten, fordi denne vil være avhengig av hvordan maskestrukturen til de to lagene legger seg over hverandre. Som et utgangspunkt er det rimelig å benytte  $\beta_{dobbelt} = \beta^2 = 0.04$ , og dermed  $S_{ndobbelt} = 0.96$ . Tabell 3 indikerer da at innstrømningen gjennom konusveggen reduseres til under 15 % av den uforstyrrede strømningshastigheten.



## 3.2 Hastighetsmålinger

### 3.2.1 Case 1 og 2

I Case 1 er innløpskonusen laget i canvas, og der er en ca. 15 mm åpen spalte i overgangen mellom Seksjon 1b og 2a. Case 2 er identisk med Case 1, bortsett fra at den åpne spalten er delvis lukket med tau, se Tabell 2 og Figur 2.

Tabell 4. Middelerverdi strømningshastighet Case 1 [m/s].

	$x = -2.00 \text{ m}$	$x = -0.40 \text{ m}$	$x = -0.19 \text{ m}$	$x = 1.12 \text{ m}$	$x = 1.80 \text{ m}$	$x = 2.60 \text{ m}$
$z = 0.40 \text{ m}$				0.21	0.12	
$z = 0.30 \text{ m}$				0.35	0.13	
$z = 0.20 \text{ m}$				0.37	0.14	
$z = 0.10 \text{ m}$			0.84	0.36	0.13	
$z = 0 \text{ m}$			0.85	0.23	0.13	0.34
$z = -0.10 \text{ m}$			0.81			

Tabell 5. Standardavvik strømningshastighet Case 1 [m/s].

	$x = -2.00 \text{ m}$	$x = -0.40 \text{ m}$	$x = -0.19 \text{ m}$	$x = 1.12 \text{ m}$	$x = 1.80 \text{ m}$	$x = 2.60 \text{ m}$
$z = 0.40 \text{ m}$				0.13	0.08	
$z = 0.30 \text{ m}$				0.17	0.09	
$z = 0.20 \text{ m}$				0.21	0.10	
$z = 0.10 \text{ m}$			0.05	0.23	0.09	
$z = 0 \text{ m}$			0.05	0.18	0.10	0.19
$z = -0.10 \text{ m}$			0.06			

Tabell 6. Turbulensintensitet Case 1 [-].

	$x = -2.00 \text{ m}$	$x = -0.40 \text{ m}$	$x = -0.19 \text{ m}$	$x = 1.12 \text{ m}$	$x = 1.80 \text{ m}$	$x = 2.60 \text{ m}$
$z = 0.40 \text{ m}$				0.59	0.69	
$z = 0.30 \text{ m}$				0.54	0.69	
$z = 0.20 \text{ m}$				0.58	0.72	
$z = 0.10 \text{ m}$			0.05	0.63	0.67	
$z = 0 \text{ m}$			0.06	0.78	0.76	0.56
$z = -0.10 \text{ m}$			0.08			

Tabell 7. Middelerdi strømningshastighet Case 2 [m/s].

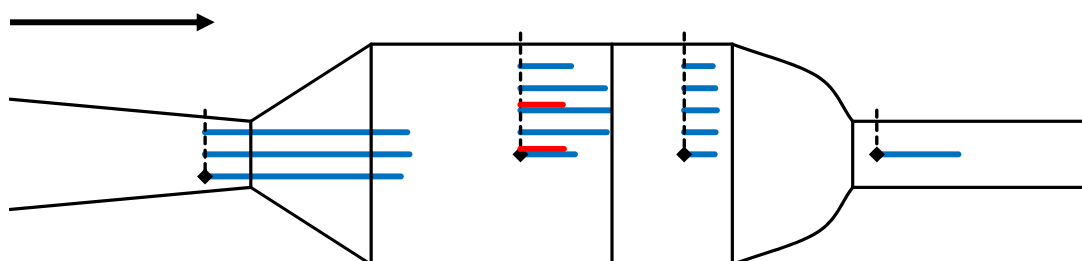
	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.19\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$						
$z = 0.30\text{ m}$						
$z = 0.20\text{ m}$				0.18		
$z = 0.10\text{ m}$						
$z = 0\text{ m}$				0.18		
$z = -0.10\text{ m}$						

Tabell 8. Standardavvik strømningshastighet Case 2 [m/s].

	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.19\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$						
$z = 0.30\text{ m}$						
$z = 0.20\text{ m}$				0.16		
$z = 0.10\text{ m}$						
$z = 0\text{ m}$				0.13		
$z = -0.10\text{ m}$						

Tabell 9. Turbulensintensitet Case 2 [-].

	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.19\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$						
$z = 0.30\text{ m}$						
$z = 0.20\text{ m}$				0.90		
$z = 0.10\text{ m}$						
$z = 0\text{ m}$				0.71		
$z = -0.10\text{ m}$						



Figur 3. Hastighetsprofil ved fire tversnitt for Case 1 (blå) og Case 2 (rød), jf. Tabell 4 og Tabell 7. Pil øverst til venstre representerer uforstyrret strømningshastighet på 0.85 m/s.



### 3.2.2 Case 3 og 4

I Case 3 er innløpskonusen laget i enkelt tobisnett med estimert soliditet på omlag 0.8 og estimert filtreringsevne på omlag 0.5. I Case 4 er innløpskonusen laget i dobbelt tobisnett med estimert soliditet på omlag 0.96 og estimert filtreringsevne på 0.15, se Tabell 2, Tabell 3 og Figur 2.

Tabell 10. Middelerdi strømningshastighet Case 3 [m/s].

	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.13\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$						
$z = 0.30\text{ m}$						
$z = 0.20\text{ m}$				0.48		
$z = 0.10\text{ m}$						
$z = 0\text{ m}$				0.76		
$z = -0.10\text{ m}$						

Tabell 11. Standardavvik strømningshastighet Case 3 [m/s].

	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.13\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$						
$z = 0.30\text{ m}$						
$z = 0.20\text{ m}$				0.16		
$z = 0.10\text{ m}$						
$z = 0\text{ m}$				0.12		
$z = -0.10\text{ m}$						

Tabell 12. Turbulensintensitet Case 3 [-].

	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.13\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$						
$z = 0.30\text{ m}$						
$z = 0.20\text{ m}$				0.33		
$z = 0.10\text{ m}$						
$z = 0\text{ m}$				0.16		
$z = -0.10\text{ m}$						

Tabell 13. Middelerverdi strømningshastighet Case 4 [m/s].

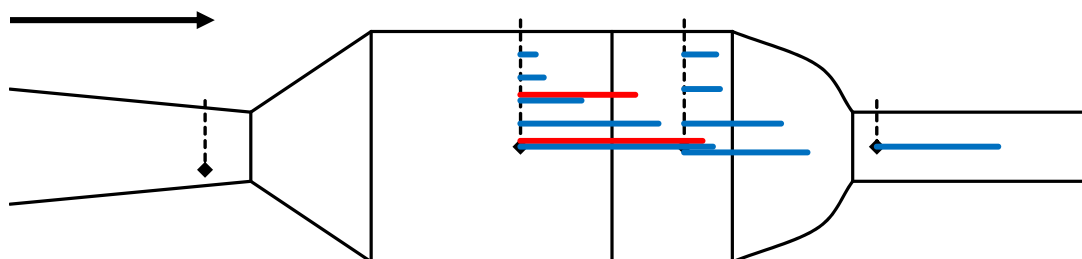
	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.13\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$				0.06	0.13	
$z = 0.30\text{ m}$				0.10	0.15	
$z = 0.20\text{ m}$				0.25	-	
$z = 0.10\text{ m}$				0.57	0.40	
$z = 0\text{ m}$				0.80	0.51	0.50
$z = -0.10\text{ m}$						

Tabell 14. Standardavvik strømningshastighet Case 4 [m/s].

	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.13\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$				0.05	0.09	
$z = 0.30\text{ m}$				0.05	0.10	
$z = 0.20\text{ m}$				0.11	-	
$z = 0.10\text{ m}$				0.17	0.17	
$z = 0\text{ m}$				0.11	0.15	0.19
$z = -0.10\text{ m}$						

Tabell 15. Turbulensintensitet Case 4 [-].

	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.13\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$				0.73	0.68	
$z = 0.30\text{ m}$				0.53	0.68	
$z = 0.20\text{ m}$				0.43	-	
$z = 0.10\text{ m}$				0.29	0.42	
$z = 0\text{ m}$				0.14	0.29	0.41
$z = -0.10\text{ m}$						



Figur 4. Hastighetsprofil ved tre tverrsnitt for Case 3 (rød) og Case 4 (blå), jf. Tabell 10 og Tabell 13. Pil øverst til venstre representerer uforstyrret strømningshastighet på 0.85 m/s.

### 3.2.3 Case 5

Case 5 er i hovedsak lik Case 4, dvs. med innløpskonus i dobbelt tobisnett, men ”hoop” i forkant av Seksjon 2a er erstattet av fløytkuler i overkant, vekt i underkant og kites på sidene, se Tabell 2 og Figur 2.

Tabell 16. Middelerdi strømningshastighet Case 5 [m/s].

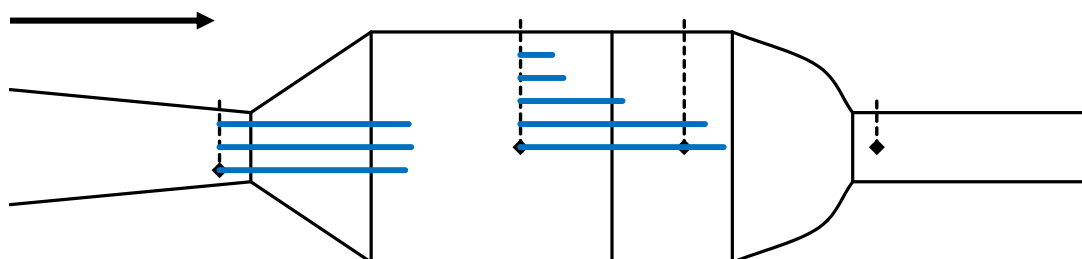
	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.13\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$				0.13		
$z = 0.30\text{ m}$				0.18		
$z = 0.20\text{ m}$				0.42		
$z = 0.10\text{ m}$			0.79	0.77		
$z = 0\text{ m}$			0.80	0.84		
$z = -0.10\text{ m}$			0.77			

Tabell 17. Standardavvik strømningshastighet Case 5 [m/s].

	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.13\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$				0.06		
$z = 0.30\text{ m}$				0.11		
$z = 0.20\text{ m}$				0.16		
$z = 0.10\text{ m}$			0.05	0.11		
$z = 0\text{ m}$			0.05	0.09		
$z = -0.10\text{ m}$			0.05			

Tabell 18. Turbulensintensitet Case 5 [-].

	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.13\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$				0.49		
$z = 0.30\text{ m}$				0.62		
$z = 0.20\text{ m}$				0.39		
$z = 0.10\text{ m}$			0.07	0.14		
$z = 0\text{ m}$			0.06	0.11		
$z = -0.10\text{ m}$			0.07			



Figur 5. Hastighetsprofil ved to tverrsnitt for Case 5, jf. Tabell 16. Pil øverst til venstre representerer uforstyrret strømningshastighet på 0.85 m/s.

### 3.2.4 Case 6 og 7

Case 6 er i hovedsak lik Case 5, dvs. med innløpskonus i dobbelt tobisnett og åpning opprettholdt vha. fløytkuler, vekt og kites, men den stormaskede seksjonen foran posen er erstattet med en fleksiristseksjon. Case 7 er som Case 6, men Seksjon 2 er laget i enkelt tobisnett i stedet for i canvas, se Tabell 2 og Figur 2.

Tabell 19. Middelverdi strømningshastighet Case 6 [m/s].

	$x = -2.00\ m$	$x = -0.40\ m$	$x = -0.13\ m$	$x = 1.12\ m$	$x = 1.80\ m$	$x = 2.60\ m$
$z = 0.40\ m$				0.18	0.06	
$z = 0.30\ m$				0.18	0.06	
$z = 0.20\ m$				0.23	0.09	
$z = 0.10\ m$				0.27	0.16	
$z = 0\ m$	0.30		0.09	0.29	0.16	0.20
$z = -0.10\ m$						

Tabell 20. Standardavvik strømningshastighet Case 6 [m/s].

	$x = -2.00\ m$	$x = -0.40\ m$	$x = -0.13\ m$	$x = 1.12\ m$	$x = 1.80\ m$	$x = 2.60\ m$
$z = 0.40\ m$				0.03	0.06	
$z = 0.30\ m$				0.03	0.06	
$z = 0.20\ m$				0.08	0.07	
$z = 0.10\ m$				0.06	0.08	
$z = 0\ m$	0.05		0.07	0.07	0.07	0.15
$z = -0.10\ m$						

Tabell 21. Turbulensintensitet Case 6 [-].

	$x = -2.00\ m$	$x = -0.40\ m$	$x = -0.13\ m$	$x = 1.12\ m$	$x = 1.80\ m$	$x = 2.60\ m$
$z = 0.40\ m$				0.15	0.90	
$z = 0.30\ m$				0.22	0.97	
$z = 0.20\ m$				0.37	0.79	
$z = 0.10\ m$				0.24	0.51	
$z = 0\ m$	0.17		0.83	0.25	0.46	0.75
$z = -0.10\ m$						

Tabell 22. Middelerverdi strømningshastighet Case 7 [m/s].

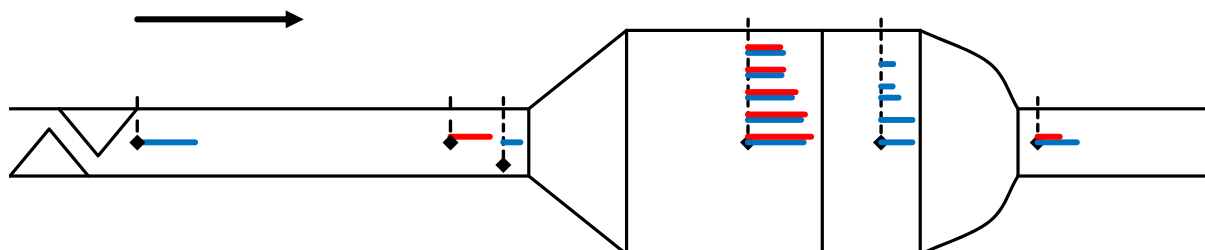
	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.13\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$				0.17		
$z = 0.30\text{ m}$				0.18		
$z = 0.20\text{ m}$				0.24		
$z = 0.10\text{ m}$				0.29		
$z = 0\text{ m}$		0.20		0.32		0.11
$z = -0.10\text{ m}$						

Tabell 23. Standardavvik strømningshastighet Case 7 [m/s].

	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.13\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$				0.06		
$z = 0.30\text{ m}$				0.07		
$z = 0.20\text{ m}$				0.09		
$z = 0.10\text{ m}$				0.08		
$z = 0\text{ m}$		0.08		0.06		0.11
$z = -0.10\text{ m}$						

Tabell 24. Turbulensintensitet Case 7 [-].

	$x = -2.00\text{ m}$	$x = -0.40\text{ m}$	$x = -0.13\text{ m}$	$x = 1.12\text{ m}$	$x = 1.80\text{ m}$	$x = 2.60\text{ m}$
$z = 0.40\text{ m}$				0.37		
$z = 0.30\text{ m}$				0.37		
$z = 0.20\text{ m}$				0.35		
$z = 0.10\text{ m}$				0.26		
$z = 0\text{ m}$		0.40		0.17		0.98
$z = -0.10\text{ m}$						

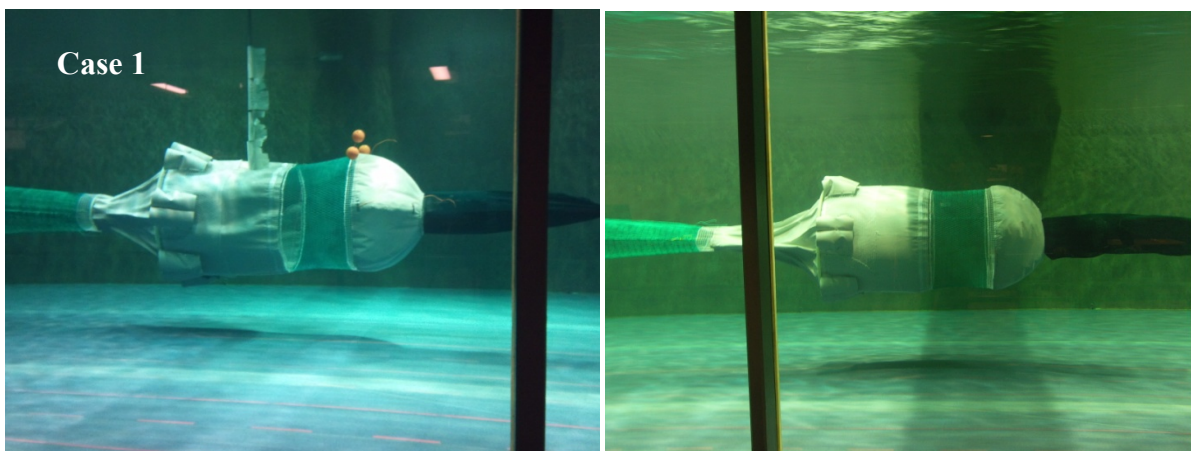


Figur 6. Hastighetsprofil ved seks tverrsnitt for Case 6 (blå) og Case 7 (rød), jf. Tabell 19 og Tabell 22. Pil øverst til venstre representerer uforstyrret strømningshastighet på 0.85 m/s. Fleksiristseksjon indikert lengst til venstre i figuren.

## 4 Diskusjon

Tabell 4 og Tabell 5 viser at middelerdi og standardavvik for referansehastigheten målt ved  $x = -0.19$  m og  $z = 0$  m er hhv. 0.85 m/s og 0.05 m/s. Det antas at dette er representativt for den uforstyrrede innstrømningen mot posen.

For Case 1 (innløpskonus i canvas) forventer vi i utgangspunktet en gjennomsnittshastighet over et tverrsnitt inne i posen på  $0.09-0.85$  m/s  $\approx 0.08$  m/s (se avsnitt 3.1). Dersom vi bruker hastigheten ved  $z = 0.35$  m som et estimat for gjennomsnittshastigheten for hele tverrsnittet (se avsnitt 3), ser denne for Case 1 ut til å være omlag 0.3 m/s. For Case 2 mangler vi målinger lenger ut enn  $z = 0.20$  m, men kan anta at den vil være merkbart lavere enn 0.18 m/s (se Tabell 4 og Tabell 7). Dette indikerer at den effektive spalten er større enn 15 mm under forsøkene for Case 1, og at spalten er delvis men ikke fullstendig lukket i Case 2. Spalten er ikke ønsket eller på noen måte nødvendig, men kun et resultat av den faktiske utformingen og monteringen av seksjonene. Figur 3 indikerer dessuten at hastigheten er nokså uniform over hele tverrsnittet for Case 1 og 2, dvs. at den ikke synes å variere mye med  $z$ . Tabell 5 og Tabell 8 viser at standardavviket inne i posen er høyere enn i den uforstyrrede innstrømningen, dvs. at der er større grad av virvling. Dette kan forklares ved at den tette/impermeable og ekspanderende innløpskonusen i canvas utgjør et såkalt ”backward facing step” som typisk genererer en virvel, og den skarpe kanten ved spalten vil også forårsake virvelavløsning. Det kan tenkes at en innløpskonus med slakkere konusvinkel, og dermed en mer gradvis ekspansjon, vil medføre mindre grad av virveldannelse. En slik konus ble testet innledningsvis, men denne ble deformert av det hydrodynamiske trykket til en form der forparten ble sylindrisk og bakparten en brattere og kortere konus, se Figur 7. Man kan tenke seg å utforme innløpskonusen på en måte som er geometrisk mer stabil, men dette vurderes foreløpig ikke som viktig eller hensiktsmessig.



Figur 7. Case 1 til venstre, og tilsvarende pose med lang innløpskonus til høyre (Seksjon 1b). Den effektive konusvinkelen kan ses å være nokså lik for begge.

I hvilken grad virvling er problematisk for fisk er uklart, men for å redusere graden av virvling ble det i det videre besluttet å benytte porøs innløpskonus i enkelt og dobbelt tobisnett. Med enkelt tobisnett (Case 3) ble det bare foretatt målinger i to posisjoner, fordi det hurtig viste seg at hastighetsreduksjonen ikke var tilstrekkelig; Figur 4 og Tabell 10 indikerer at hastigheten bare er redusert til under 0.45 m/s ved  $z = 0.35$ . Med dobbelt tobisnett (Case 4 og 5) ble middelhastigheten effektivt redusert utenfor  $z \approx 0.20$  m; dersom vi igjen betrakter hastigheten ved  $z = 0.35$  som en representativ gjennomsnittshastighet for hele tverrsnittet, så er denne under 0.10 m/s i Case 4 og under 0.18 m/s i Case 5. Dette viser også at de teoretiske estimatene av hastighetsreduksjonen i Tabell 3 er gode, og at denne metoden kan benyttes til å estimere hastighetsreduksjon for andre nett-typer og til å bestemme nødvendig konusvinkel og soliditet for å oppnå en bestemt hastighetsreduksjon.

Standardavviket (virvlingen) er klart lavere i Case 3,4 og 5 enn i Case 1 og 2, som forventet, og mer sammenlignbart med nivået i den uforstyrrede strømmingen. Der er imidlertid en betydelig usikkerhet i målingene, knyttet til at posen i noen tilfeller hadde en viss vertikal/sideveis pendling på tross av innspenning i bakkant (se avsnitt 2.3). Det vil si at målinger for en gitt  $z$ -verdi i realiteten er målinger over et visst intervall for  $z$  (anslagsvis  $\pm 10$  cm), og dermed inkluderer måleverdier der hastighetsmåleren i et øyeblikk er i et område med høyere middelhastigheter (f.eks. i senter av posen) og i neste øyeblikk i et område med lavere middelhastighet. Dette påvirker både middelværdi og standardavvik. Dersom vi antar at middelværdien av hastigheten varierer noenlunde lineært med  $z$ , så behøver imidlertid ikke pendlingen å innebære en stor feil i middelværdien av hastigheten. Når det gjelder standardavviket derimot, er det rimelig å anta at dette i realiteten er mindre enn det målingene viser. Dette kan i prinsippet studeres nærmere ved å analysere tidsseriene av hastighetsmålingene og filtrere ut bidragene som varierer med omlag samme frekvens som pendlingen. Dette er ikke gjort her, siden en slik analyse vil være nokså omfattende og i seg selv være beheftet med stor usikkerhet. Det er imidlertid rimelig å anta at det målte standardavviket i Case 1 og 2 er mer reelt enn det i Case 3-7, fordi hastigheten varierer mindre med  $z$  i Case 1 og 2 enn i Case 3-7. Videre er der ingen åpenbar grunn til å forvente økt virvling inne i posen i Case 3-7, bl.a. fordi porøse strukturer demper nivået av virvling og turbulens heller enn å øke det. Det kan derfor argumenteres med at den målte økningen i standardavvik inne i posen i Case 3-7 i forhold til standardavviket i den uforstyrrede strømmingen i hovedsak skyldes pendlingen, og at der i realiteten ikke er økt virvling inne i posen.

I alle tilfellene med innløpskonus i tobisnett (Case 3-7) ser vi videre at strømningshastigheten i senter av posen ( $0 < z < 0.20$  m) er relativt høy. Det vil si at i motsetning til for Case 1 og 2, der hastigheten var nokså uniform over tverrsnittet, så ser det for Case 3, 4 og 5 ut til at innstrømmingen gjennom selve innløpet fortsetter som en tilnærmet uforstyrret "elv" bakover gjennom store deler av posen. Dette gjelder også for Case 6 og 7, der innløpshastigheten var redusert pga. av fleksiristseksjonen lenger frem. En annen grunn til at hastigheten i stor grad opprettholdes gjennom senter av posen er at den delen av innstrømmingen som skjer gjennom konusveggen (altså gjennom tobisnettet) avbøyes normalt mot denne veggen, og dermed innover mot senter i posen. Dette kan også forklare hvorfor hastigheten i senter av posen ved  $x = 1.12$  m i Figur 6 er høyere enn ved  $x = -0.13$  m (innløpet).

Figur 6 viser at fleksiristseksjonen innebærer en betydelig blokkering av strømmingen, der hastigheten er redusert til 0.20-0.30 m/s i området bak risten, dvs. til 25-35 % av den antatte uforstyrrede hastigheten på 0.85 m/s. Hastigheten ved innløpet ( $x = -0.13$  m) i Case 6 redusert helt ned til 0.09 m/s, noe som også kan skyldes oppbygging av grensesjikt langs nettveggen bak risten mot innløpet til posen.

Figur 3, Figur 4 og Figur 6 viser at utløpet ikke blokkerer strømmingen i særlig grad, og at et slikt utløp i seg selv kan være tilstrekkelig for å opprettholde full gjennomstrømning uten blokkering ved innløpet. Det vil si at Seksjon 3 (se Figur 1) i utgangspunktet ikke er nødvendig for å sikre full inn- og gjennomstrømning. I praksis kan imidlertid utløpet bli blokkert av død/utmattet fisk eller andre elementer, slik at det uansett vil være en fordel med en åpen seksjon som Seksjon 3. Denne seksjonen kan også bidra til etterseleksjon, men det er uklart hvor effektiv seleksjonen vil være når hastigheten innvendig i posen er sterkt redusert i forhold til hastigheten utenfor.

Figur 6 viser videre at Seksjon 2, som kan sies å utgjøre hoveddelen av posen, også kan lages i nettmateriale (Case 7) i stedet for canvas (Case 6). Hvorvidt vann vil strømme inn i posen gjennom veggen i denne seksjonen avhenger hovedsakelig av soliditet og forholdet mellom diameter og lengde på Seksjon 2. For dette tilfellet (Case 6 og 7) synes enkelt tobisnett å være tilstrekkelig for å unngå nevneverdig innstrømning, mens det for poser som er relativt lengre i forhold til diameter kan være nødvendig med høyere soliditet.

Det er uklart hvordan større mengder fisk i posen vil påvirke innstrømmingen til posen og forholdene inne i posen, og videre arbeid bør bl.a. etablere et grunnlag for å dimensjonere posen for en gitt fangstmengde.

## 5 Konklusjoner

Denne rapporten beskriver utvikling og testing av et konsept for en skånsom trål- og snurrevadpose som opprettholder stort volum og lav innvendig strømningshastighet uten å redusere innstrømningshastigheten til posen. Det vil si en pose der fisken ikke merker noen blokkering av strømmingen ved innløpet til posen, og der posens tverrsnitt utvider seg bak innløpet samtidig som strømningshastigheten avtar. Dette innebærer at deler av posen må lages i materialer som er impermeable (f.eks. canvas) eller har svært høy soliditet (f.eks. tobisnett i ett eller flere lag), for å kunne begrense og kontrollere inn- og utstrømning til posen. Bruk av nettmateriale som tobisnett har praktiske fordeler ift. canvas mht. styrke og håndtering.

Vi testet et konsept i skala 1:3 med fullskala diameter 3 m, lengde 6 m og volum omlag 40 m<sup>3</sup>, og fant at strømningshastigheten inne i posen enkelt kunne reduseres til 10-20 % av innstrømningshastigheten (f.eks. taue-/trålhastighet).

Tverrsnitt og volum ble oppnådd og opprettholdt ved bruk av fløytkuler i overkant, vekter i underkant og kites på sidene av hoveddelen av posen.

Konseptet består av flere delseksjoner, og den faktiske utformingen av disse kan varieres, tilpasses og optimaliseres videre. Siden konseptet er basert på ekspanderende tverrsnitt er det rimelig å anta at tauemotstanden for selve posen kan være noe høyere enn for en tradisjonell pose. En eventuell økning behøver imidlertid ikke å være stor, siden tverrsnittet på den akkumulerte fangsten i en tradisjonell pose kan være like stort eller større enn tverrsnittet på den skånsomme posen. Videre utgjør motstanden fra posen bare en begrenset del av totalmotstanden til not og trålsystem, og en begrenset økning i tauemotstand kan være akseptabel dersom posen innebærer økt fangstkvalitet og verdiskapningspotensial.

Videre arbeid bør etablere et grunnlag for design av poser for spesifikke anvendelser basert på operasjonelle og biologiske kriterier, bl.a. bestemme nødvendige dimensjoner for en gitt fangstmengde, og inkludere fullskala forsøk med fisk inne i posen.



## 6 Referanser

Digre, H., Hansen, U.J., Erikson, U., 2010. Effect of trawling with traditional and 'T90' trawl codends on fish size and on different quality parameters of cod *Gadus morhua* and haddock *Melanogrammus aeglefinus*. *Fisheries Science*, 76, 549-559.

Fredheim, A., Faltinsen, O.M., 2003. Hydroelastic analysis of a fishing-net in steady inflow conditions, In: Proc. 3rd International Conference on Hydroelasticity in Marine Technology, Oxford 15-17 September, Great Britain.

Gjørund, S.H., Enerhaug, B., 2010. Flow through nets and trawls of low porosity. *Ocean Engineering* 37, 345-354.

Gjørund, S.H., Valdemarsen, J.W., Hansen, K., 2010. "Bøtteeffekten" i trål – Del I: Strømningsforhold. Felles faktaark fra Havforskningsinstituttet og SINTEF Fiskeri og havbruk, FHF prosjekt nr. 900285.

Grimaldo, E., Larsen, R.B., Holst, R., 2007. Exit Windows as an alternative selection system for the Barents Sea Demersal Fishery for cod and haddock. *Fish. Res.* 85, 295-305.

Grimaldo, E., Sistiaga, M., Larsen, R.B., 2008. Evaluation of codends with sorting grids, exit windows and diamond meshes, in regard to size selection and fish behaviour. *Fish. Res.* 91, 271-280.

Grimaldo, E., Larsen, R.B., Sistiaga, M., Madsen, N., Breen, M., 2009. Selectivity and escape percentages during three phases of the towing process for codends fitted with different selection systems. *Fish. Res.* 95, 198-205.

Hansen, U.J., 2004. Performance of a trawl codend made from 90° turned netting (T90) compared with that of traditional codends. ICES FTFBWG, Gdynia, Poland, April 20-23, 2004.

O'Neill, F.G., Knudsen, L.H., Wileman, D.A., McKay, S.J., 2005. Cod-end drag as a function of catch size and towing speed. *Fish. Res.* 72, 163-171.

O'Neill, F.G., McKay, S.J., Ward, J.N., Strickland, A., Kynoch, R.J., Zuur, A.F., 2003. An investigation of the relationship between sea state induced vessel motion and codend selection. *Fish. Res.* 60, 107-130.

O'Neill, F.G., O'Donoghue, T., 1997. The fluid dynamic loading on catch and the geometry of trawl codends. *Proc. R. Soc. Lond. A* 453, 1631-1648.

Pichot, G., Germain, G., Priour, D., 2009. On the experimental study of flow around a fishing net. *European Journal of Mechanics B/Fluids*, 28, 103-116.



Teknologi for et bedre samfunn  
[www.sintef.no](http://www.sintef.no)