

Utvikling av sikre oppdrettsanlegg

FHF samling for aktører innen verdikjede laks

Rica Hell torsdag 12. mai 2011

Arne Fredheim

SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Innhold

- Om prosjektet
- Om rømming og årsaker
- Resultater fra arbeidspakker materialelegenskaper
- Resultat fra arbeidspakke anker og holdekraft

Utvikling av sikre oppdrettsanlegg - oversikt

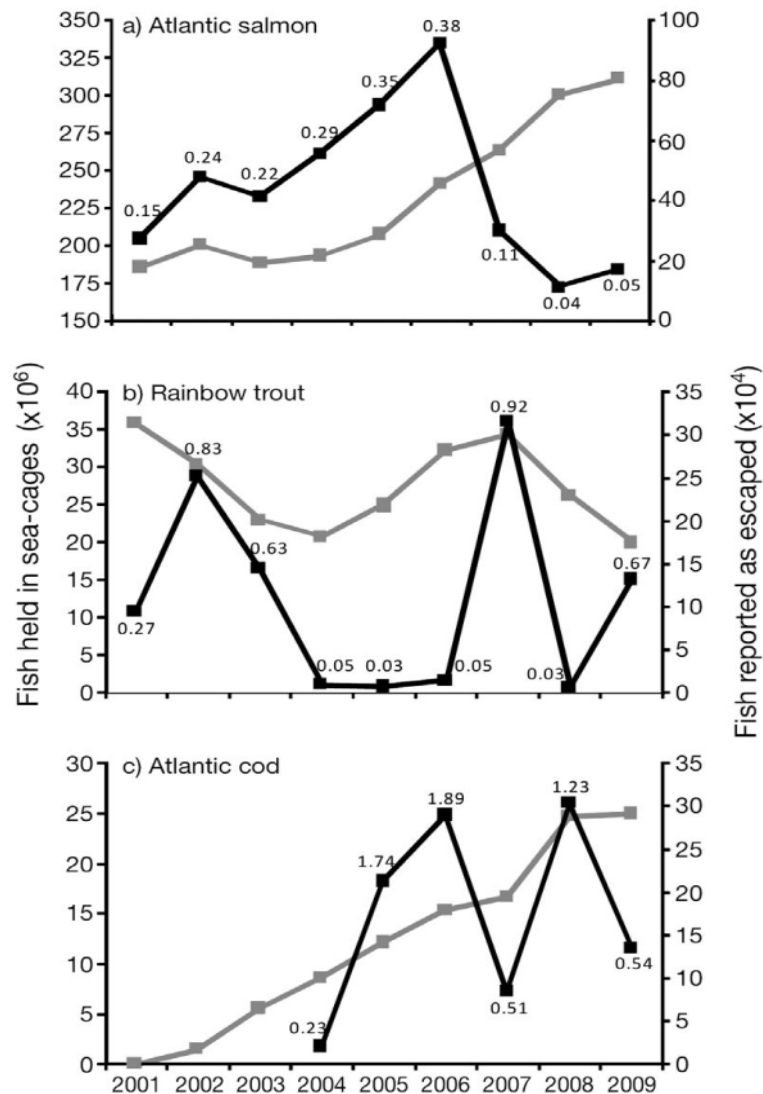
- FHF prosjekt i perioden 2009 – 2010 (2011)
- Prosjektplan definert etter innledende arbeidsmøter med oppdrettere og utstyrsleverandører
- Flere delprosjekt, delt inn i to arbeidspakker
- Materialer og konstruksjoner i havbruk
 - Fremskaffe ny kunnskap om polymere materialer og konstruksjoner og gjøre eksisterende kunnskap mer tilgjengelig for havbruksnæringen
- Anker og holdekraft
 - Kunnskap om holdekraft til ankertyper brukt i havbruksnæringen og til eventuelt andre nye aktuelle ankertyper

Utvikling av sikre oppdrettsanlegg - oversikt

- Deltakelse og bidrag i prosjektet fra flere utstyrsleverandører og akkrediterte sertifiseringselskap
- Styringsgruppe med deltakelse fra FHF, oppdrettere og ingeniørselskap
- Åtte fagrappporter og fire faktaark fra prosjektet
- Teste metode og testmaskin for gnagtest av notlin
- Uttestet prototype for ny innfesting av notlin
- Resultat løpende formidlet forbindelse med foredrag på rømmingssikringskurs

Produksjon og rømmingstall

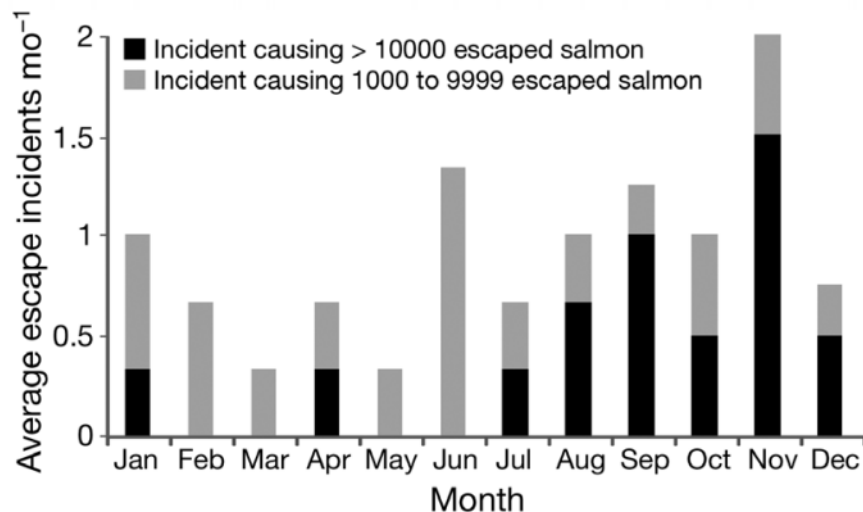
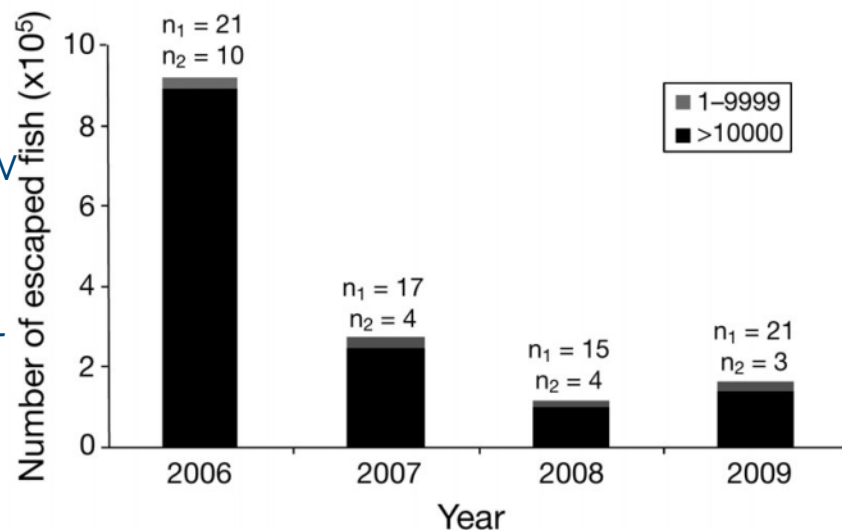
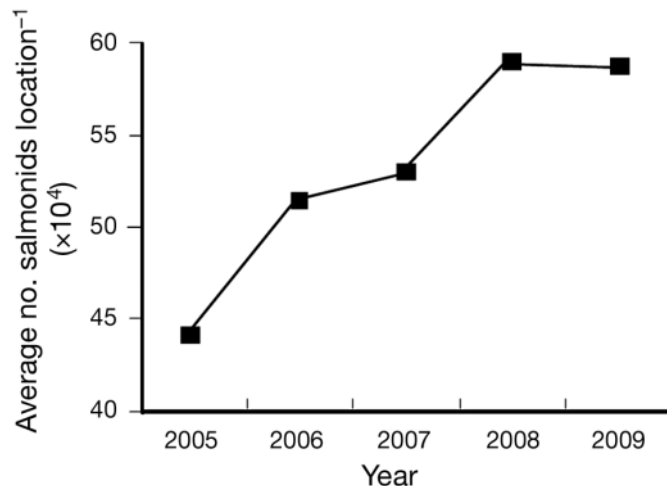
- Kraftig nedgang i totalt omfang etter 2006
- Omfanget fortsatt for stort
- Tallene ikke klare for 2010 (pr. 03.01.2011):
 - Laks 255 000
 - Ørret 7 000
 - Torsk 119 000



■ Jensen Ø, Dempster T., Thorstad E. B., Uglem I., Fredheim A. 2010. Escapes of fish from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences, prevention. *Aquaculture Environment Interactions* 1: 71-83.

Hva skyldes nedgangen?

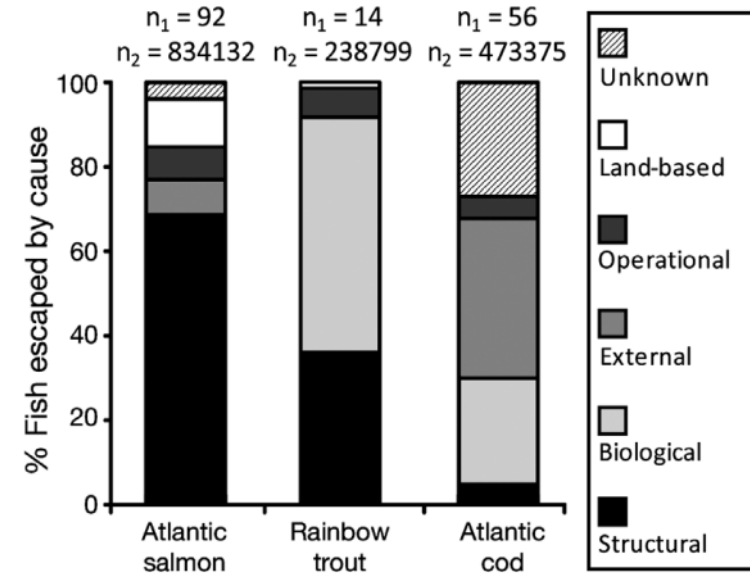
- Store rømminger (> 10 000 fisk) står for 19% av tilfellene og 91% av den rømte fisken.
- NYTEK
 - Alle anlegg må ha dugelighetsbevis eller produktsertifiserte hovedkomponenter
 - Gjeldende fra 1.1.2006 (for dugelighetsbevis).
 - 8 rømmingstilfeller i januar 2006, ingen av disse hadde dugelighetsbevis



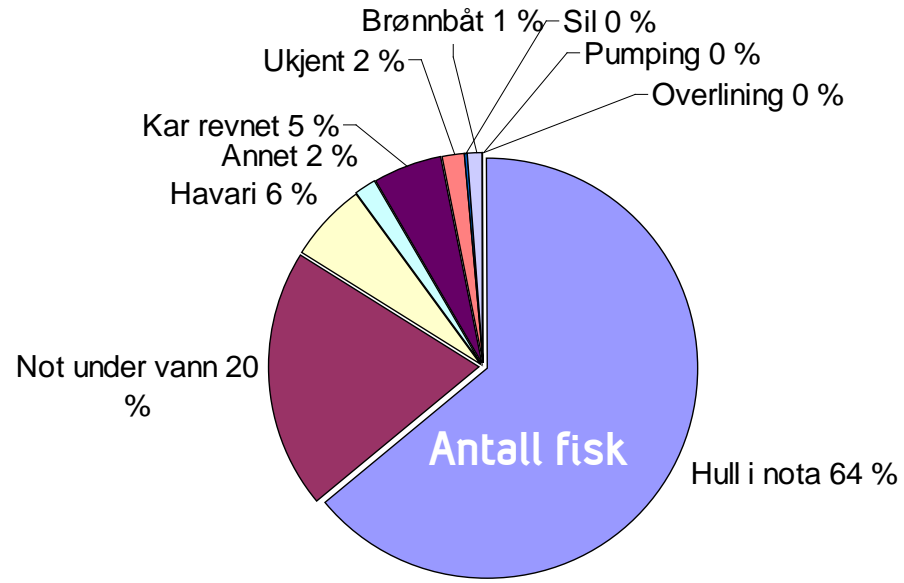
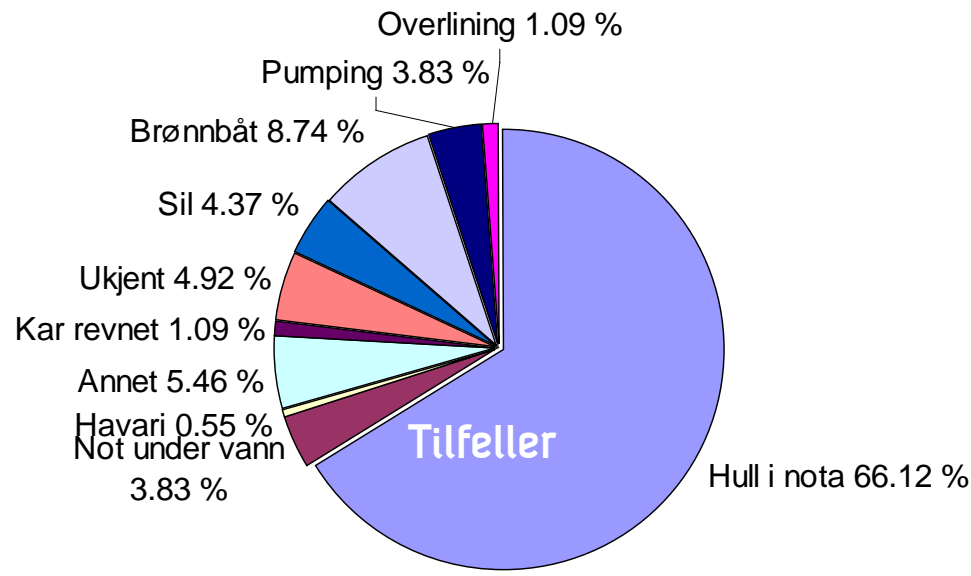
■ Jensen Ø, Dempster T., Thorstad E. B., Uglem I, Fredheim A. 2010. Escapes of fish from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences, prevention. *Aquaculture Environment Interactions* 1: 71-83.

Hvorfor rømmer fisk (2006 – 2009)

- Gjennomgang av innsendte rømmingsmeldinger i perioden høsten 2006 til høsten 2009
- Varierende detaljeringsgrad
- Vanskelig å finne bakenforliggende årsak til mange av rømmingene



■ Jensen Ø., Dempster T., Thorstød E. B., Uglem I., Fredheim A. 2010. Escapes of fish from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences, prevention. *Aquaculture Environment Interactions* 1: 71-83.

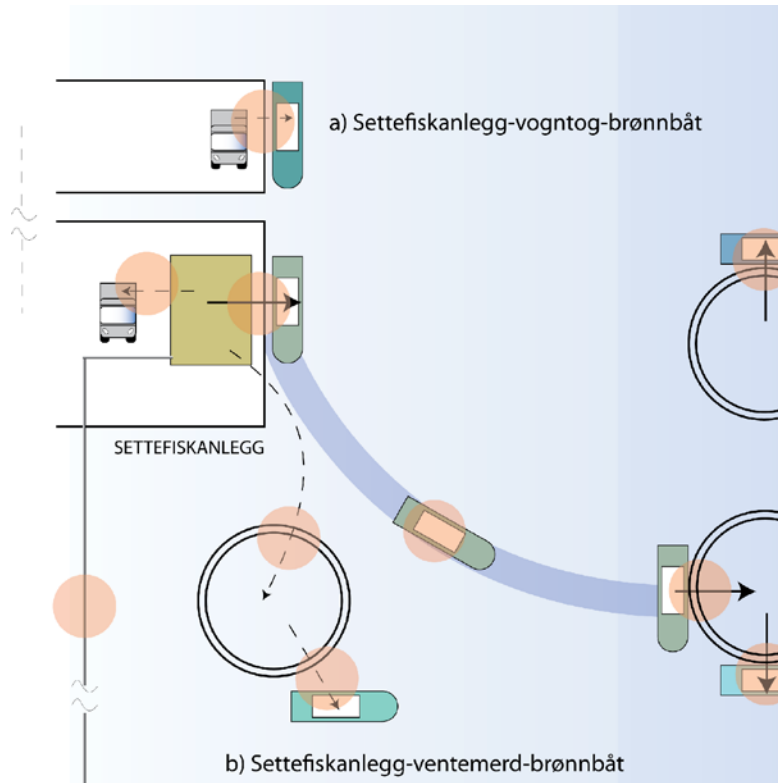


Typiske konstruksjonsmessige årsaker

- Progressive brudd i fortøyningsliner
- Kollaps av flyter
- Hull i not



Operasjonelle årsaker



Arbeidspakke 1: Materialer og konstruksjoner i havbruk

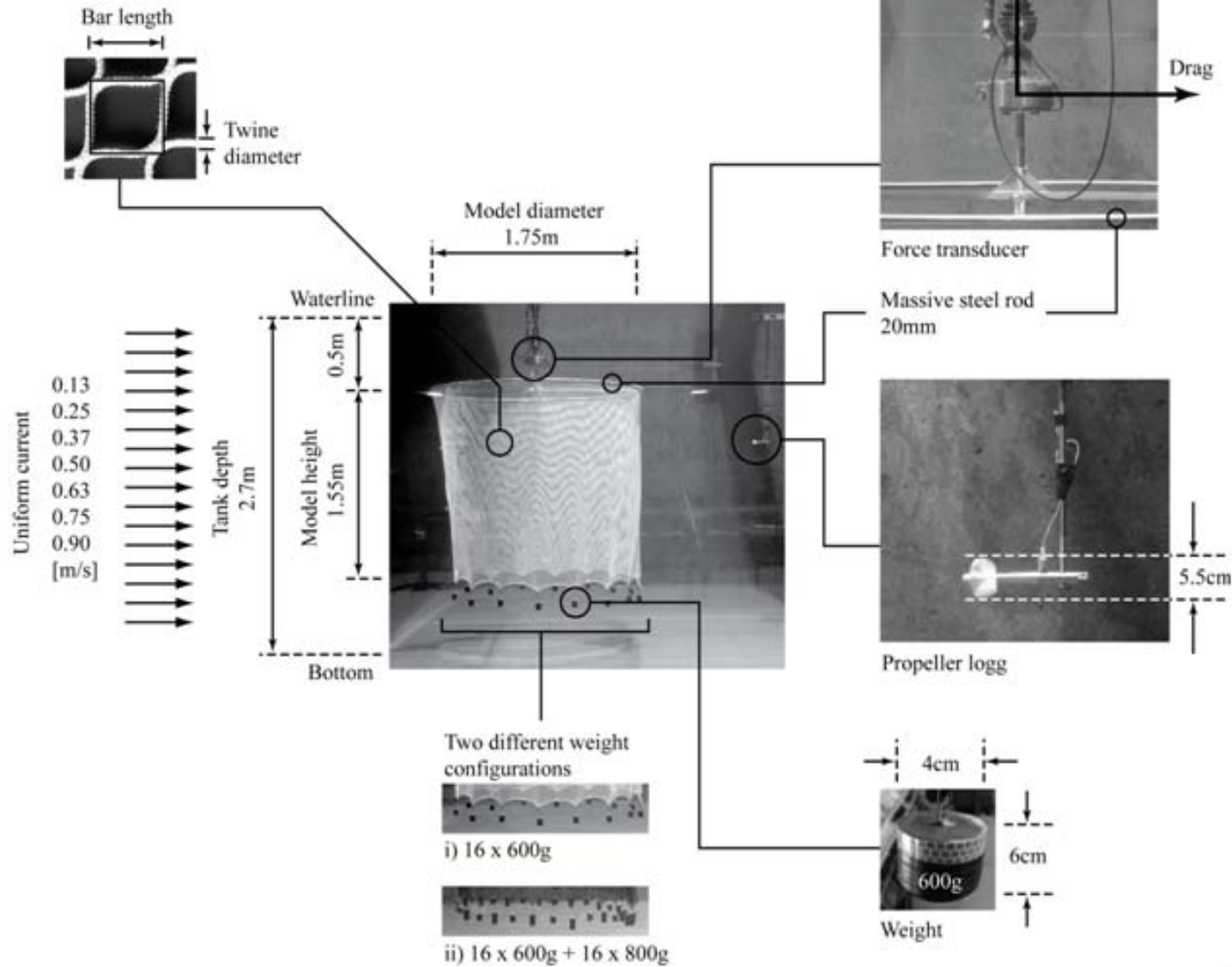
- Fremskaffe ny kunnskap om polymere materialer og konstruksjoner og gjøre eksisterende kunnskap mer tilgjengelig for havbruksnæringen
- Delt inn i seks hovedaktiviteter:
 1. Bestemme materialegenskaper og parametere til ikke-metalliske materialer relevant for bruk i oppdrettsnæringen (noe omprioritering til **test av kauser**)
 2. **Utvikling av testmetoder for å dokumentere og bestemme slitasje og gnag på nøter.**
 3. Siging, stivhet og bevegelse for flytekrager i plast – effekt av økte dimensjoner og tykkelse
 4. **Strømbelastning på og deformasjon av nøter med høy soliditet og effekt av utspilingssystem**
 5. Interaksjon flyter og not, bevegelser og rykk (omprioritering til å se på **gnag mellom not og bunnringkjetting**)
 6. **Innfesting av not til flyter og utspilingssystem**

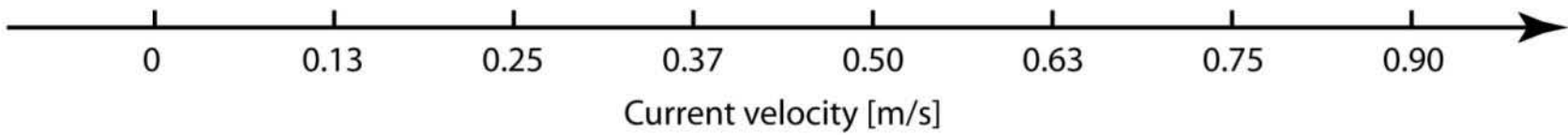
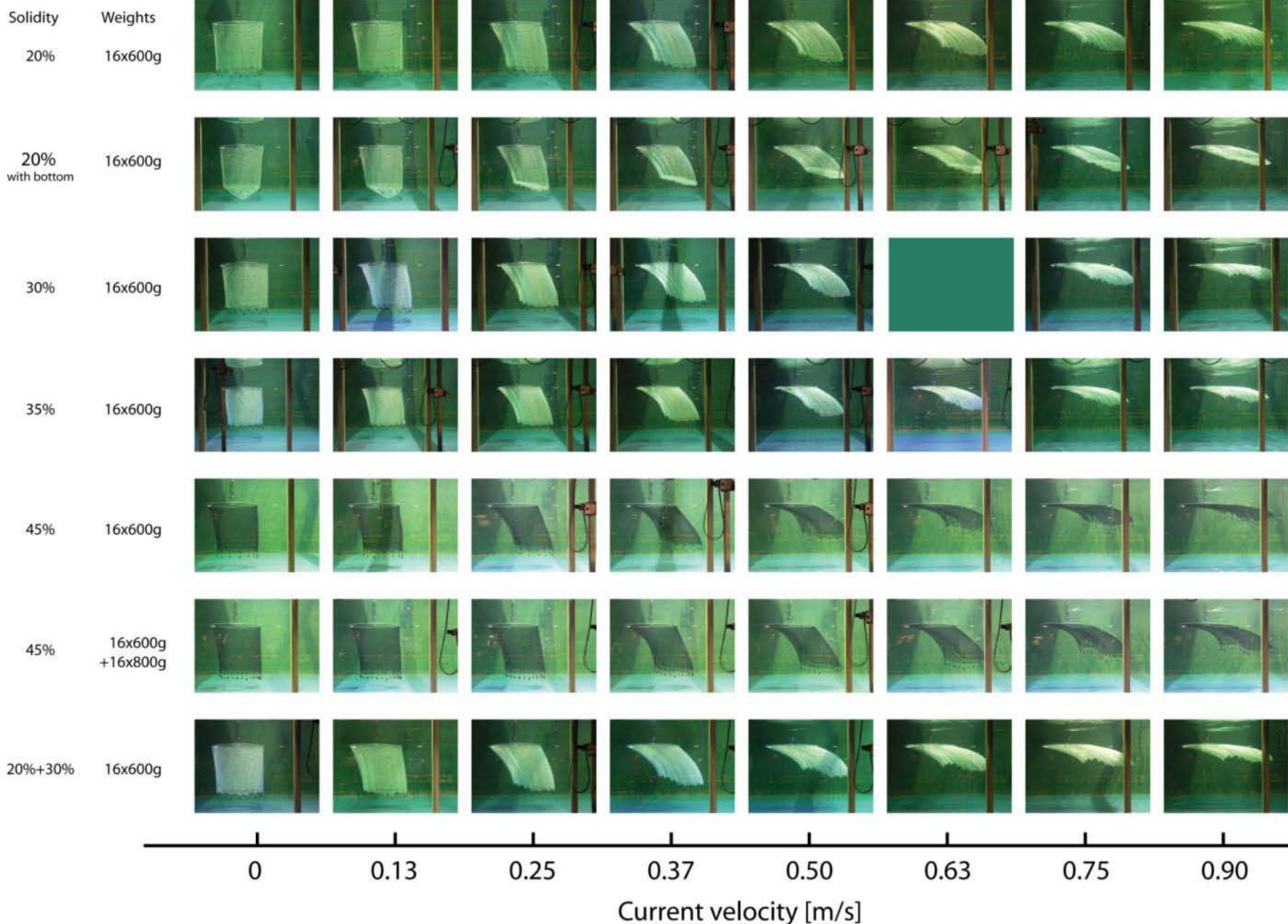
Strømbelastning på og deformasjon av nøter med høy soliditet og effekt av utspilingsystem

- Omfattende modelltester
 - Studerte deformasjon og målte belastning
 - Høy soliditet
 - Variert strøm og lodding
- Gjennomført i testtank i Hirtshals
 - Modell i ro, flytter vann
 - Gir gode muligheter til å studere deformasjon og endringer
- Akkrediterte sertifiseringsorgan invitert til å gjøre numeriske beregninger – bruke modelltest for verifikasjon

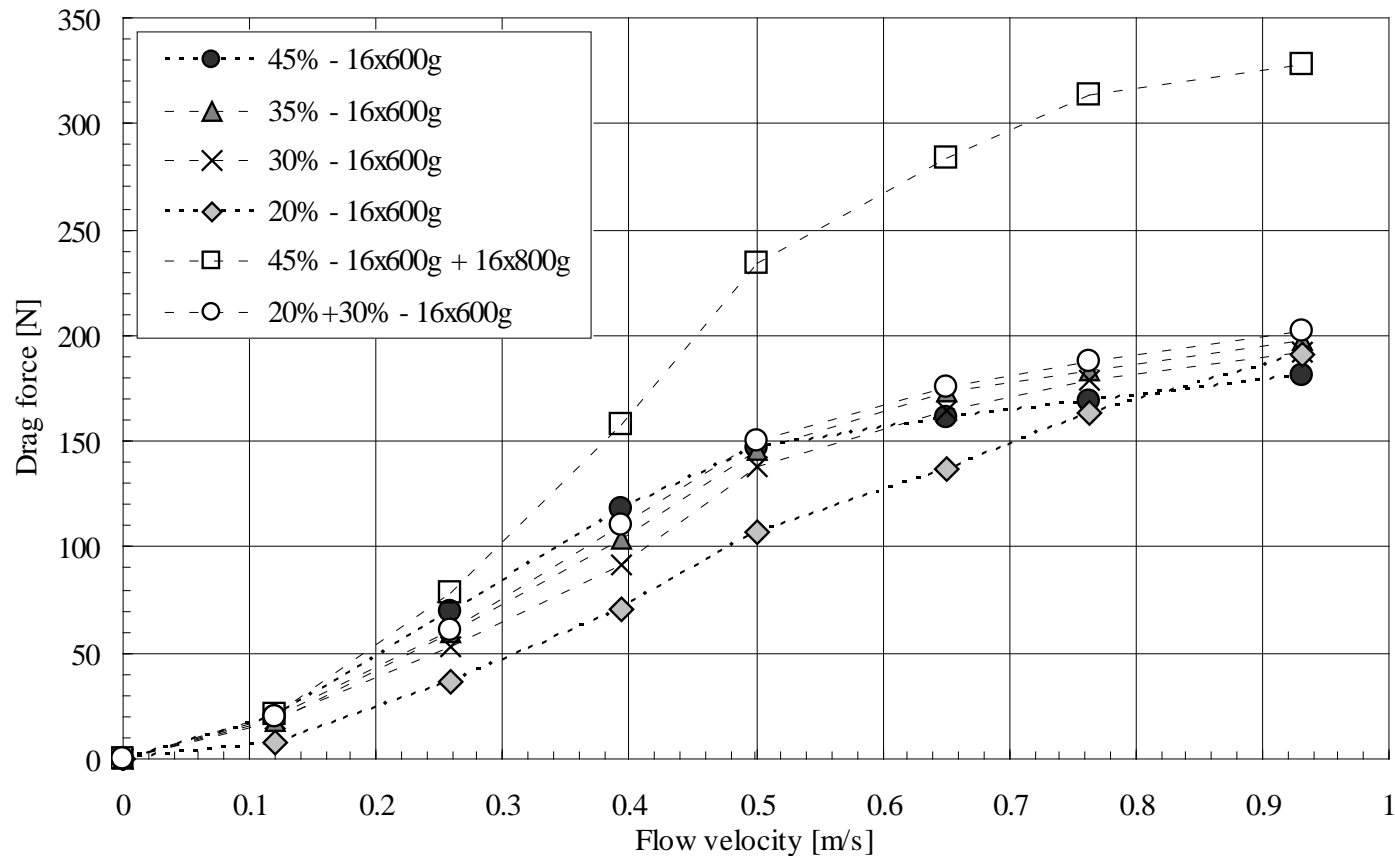
Forsøksoppsett

Net types	N19	N30	N35	N43
Bar length [mm]	25.5	16.2	8.3	5.8
Twine diameter [mm]	2.42	2.35	1.41	1.35
Solidity	0.19	0.30	0.35	0.43

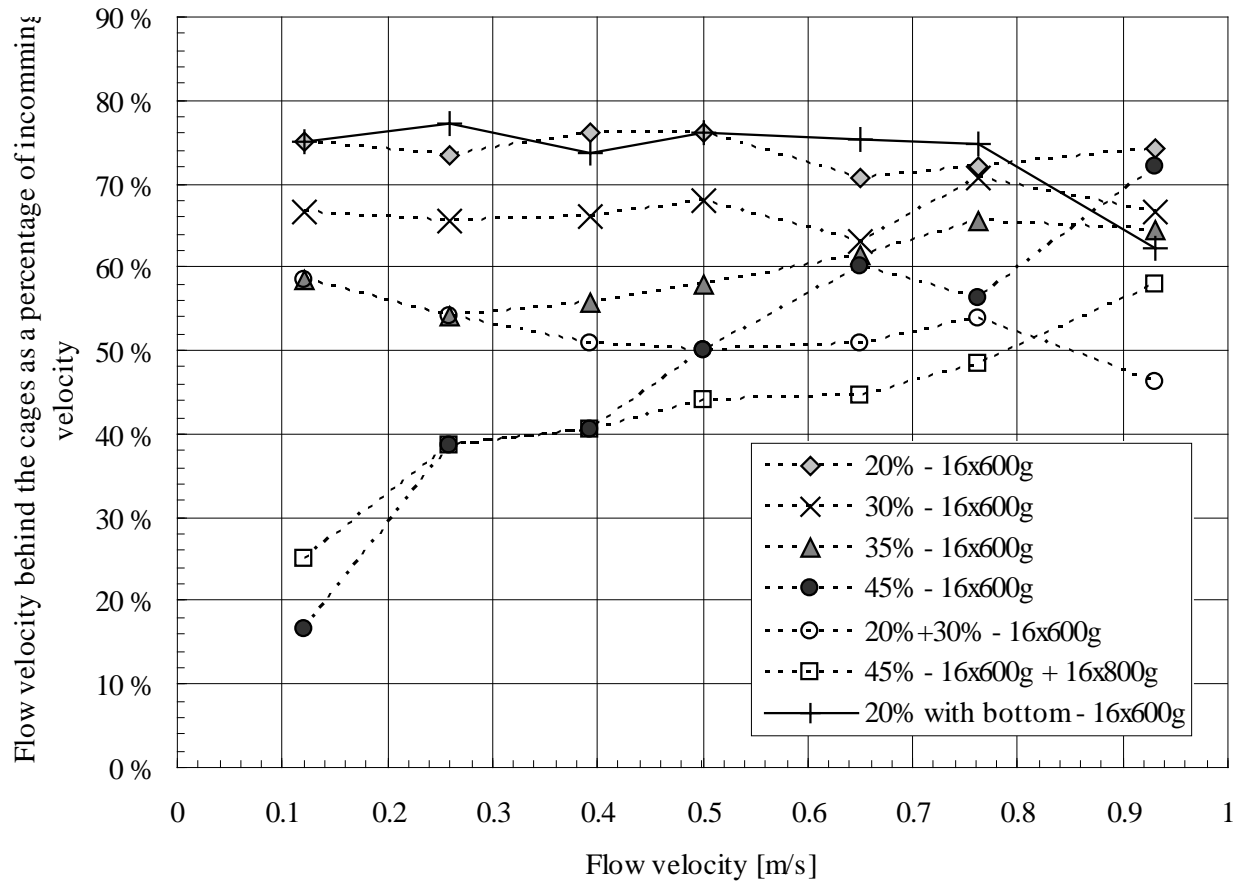




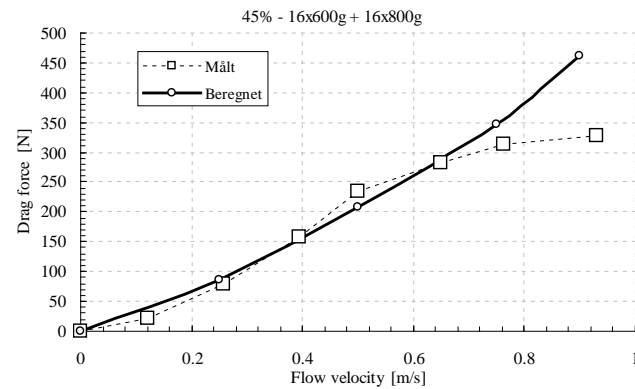
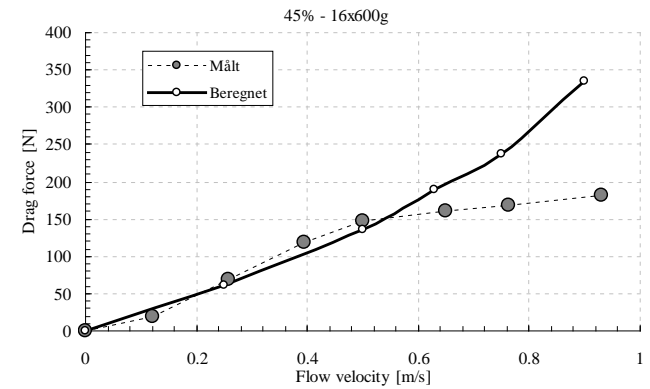
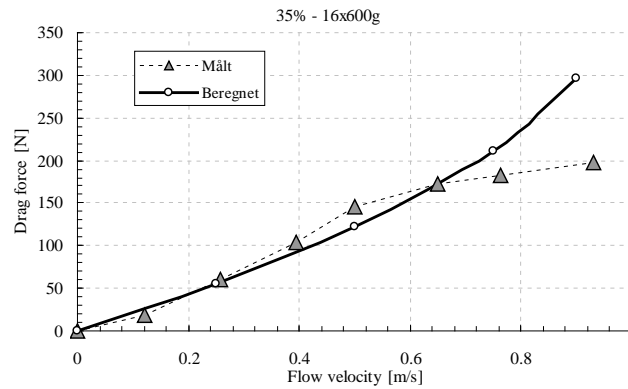
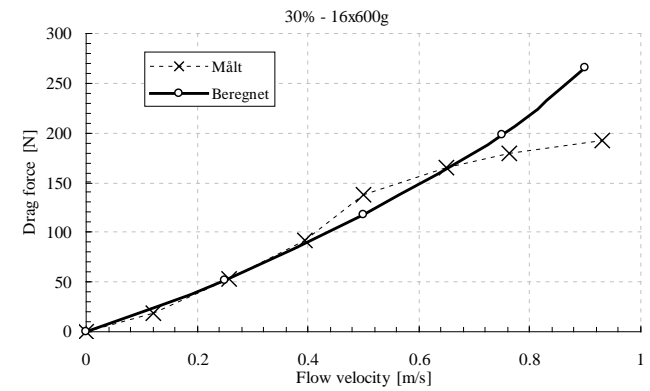
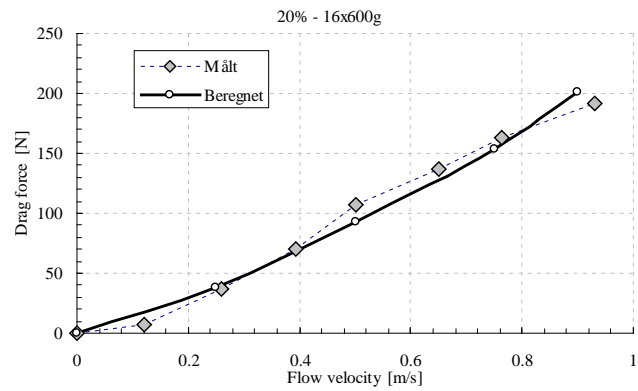
Dråkraft for de forskjellige modellene som funksjon av strømningshastighet



Reduksjon av strømhastigheten bak nota relativt til innkommende strøm



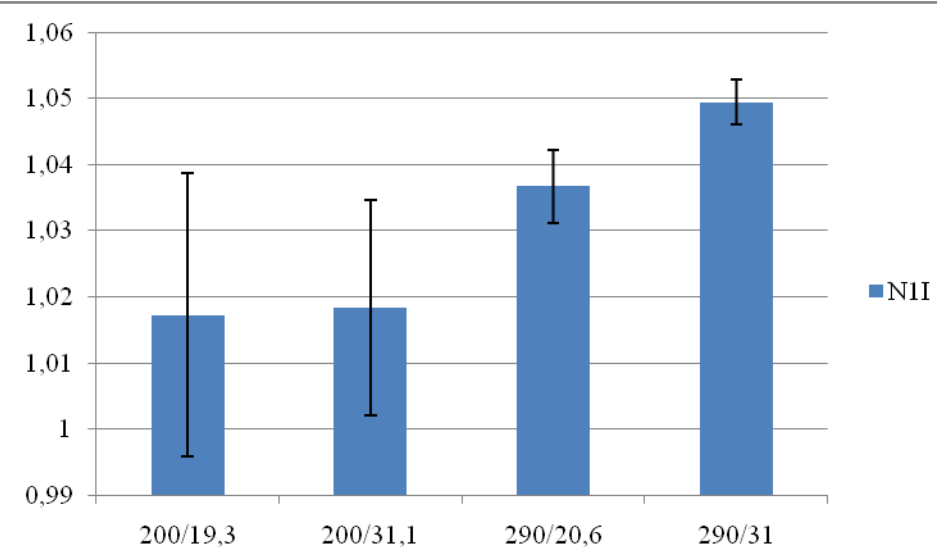
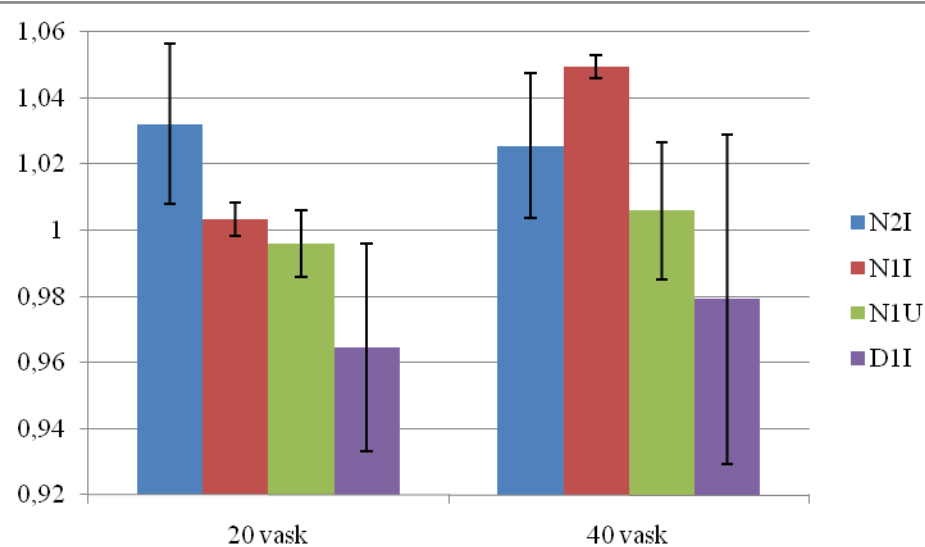
Målte og beregnede krefter



Høytrykkspyling - resultater



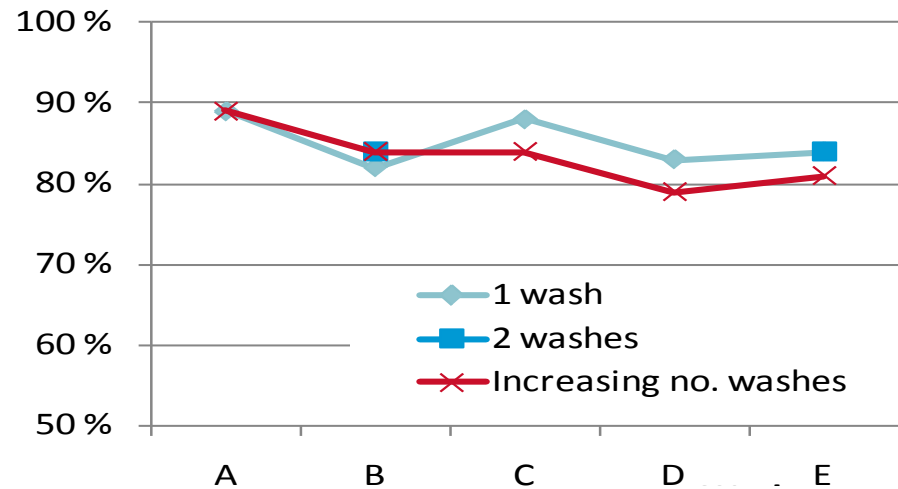
Notlin	2) Tilstand	Serie 1		Serie 2			
		1) Vanntrykk/mengde = 290/31		Antall vask = 40			
		Antall vask		Vanntrykk og vannmengde			
		20	40	200/19,3	200/31,1	290/20,6	290/31,1
N1	U	X	X				
	I	X	X	X	X	X	X
N2	I	X	X				
D1	I	X	X				



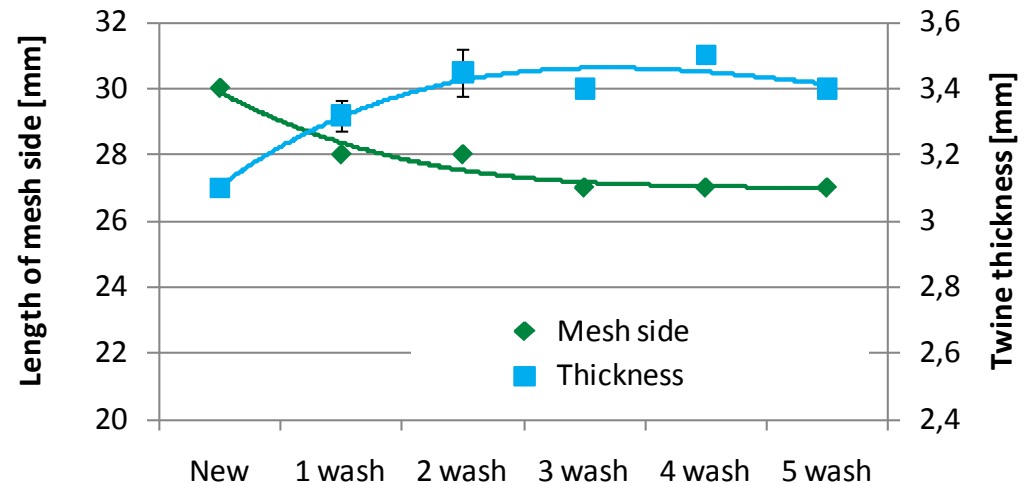
Resultat fra vaskemaskintest

- Redusert styrke
 - En vask: 11-18 % reduksjon
 - 147-161 kg (ny: 180 kg)
 - Max: 21 % reduksjon
 - 4 vask, 143 kg
 - Mest reduksjon etter første vask
- Økt soliditet
 - Økt tråd tykkelse
 - Redusert maskestørrelse

Remaining strength



Average thickness and width

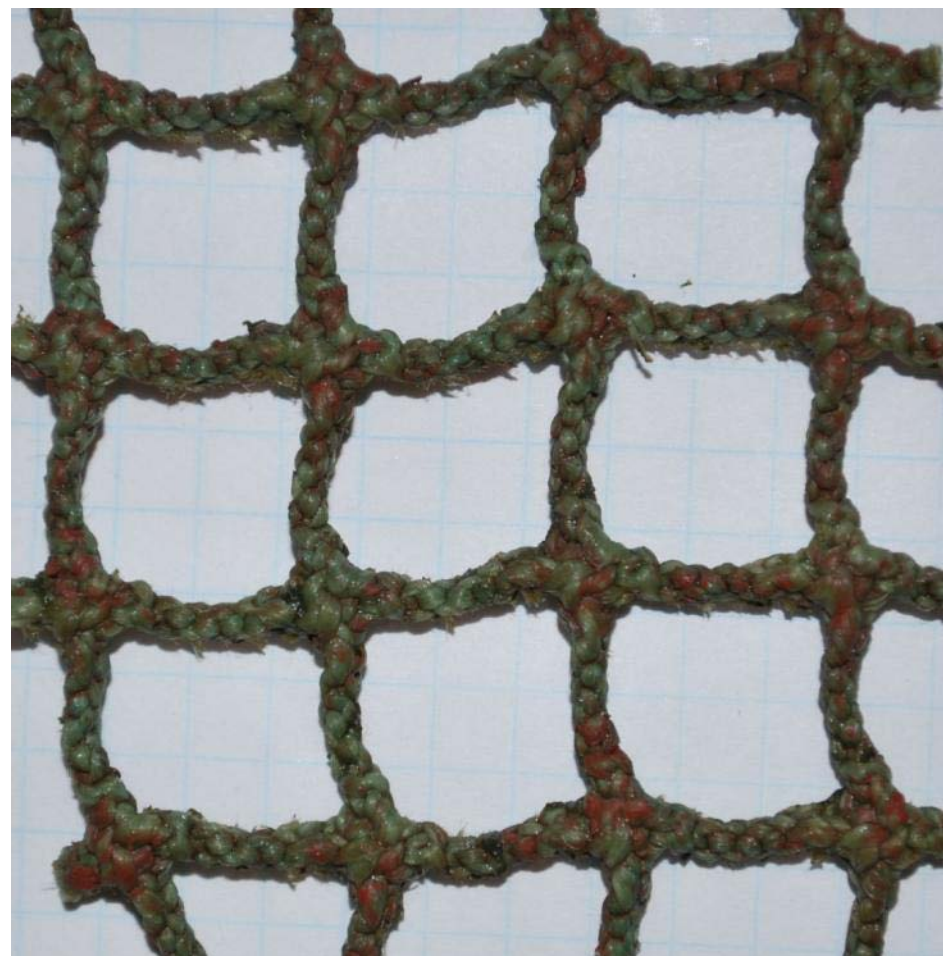
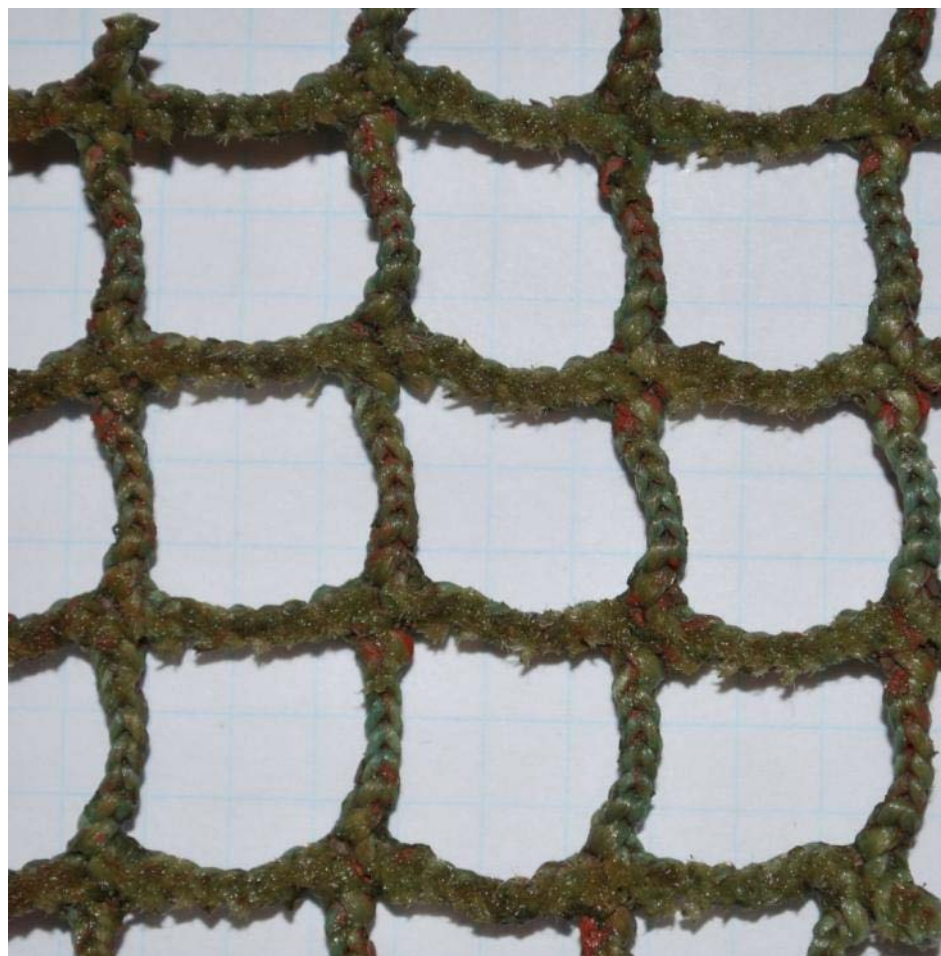


Utvikling av testmetoder for å dokumentere og bestemme slitasje og gnag på nøter.

- Metode for å simulere, verifisere og teste slitasje på nøter
 - Finnes ikke eksisterende metoder
 - Må være virkelighetsnært
- Slede med meier påført Permagritt med korning "fine"
- Sledes dras frem og tilbake over forspent notlin

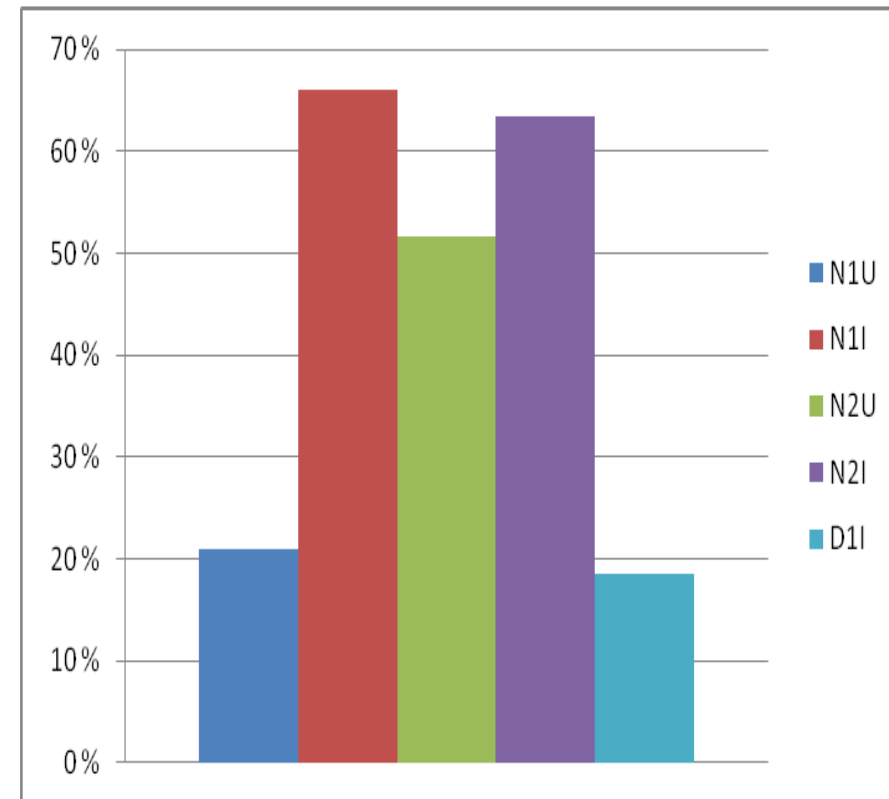


Visuell inspeksjon – test og virkelighet



Konklusjon og testresultat

- Den utviklede testmaskinen og metodikken fungerer bra til å bestemme styrkereduksjon som følge av abrasjon.
- Testet to typer notlin, impregnert og uimpregnert, samt impregnert Dynema
- Impregnering har en positiv effekt med tanke på reduksjon av styrke som følge av gnag
- Basert på disse relativt få testene - impregnert Dynema notlin har lavere motstandsdyktighet mot gnag



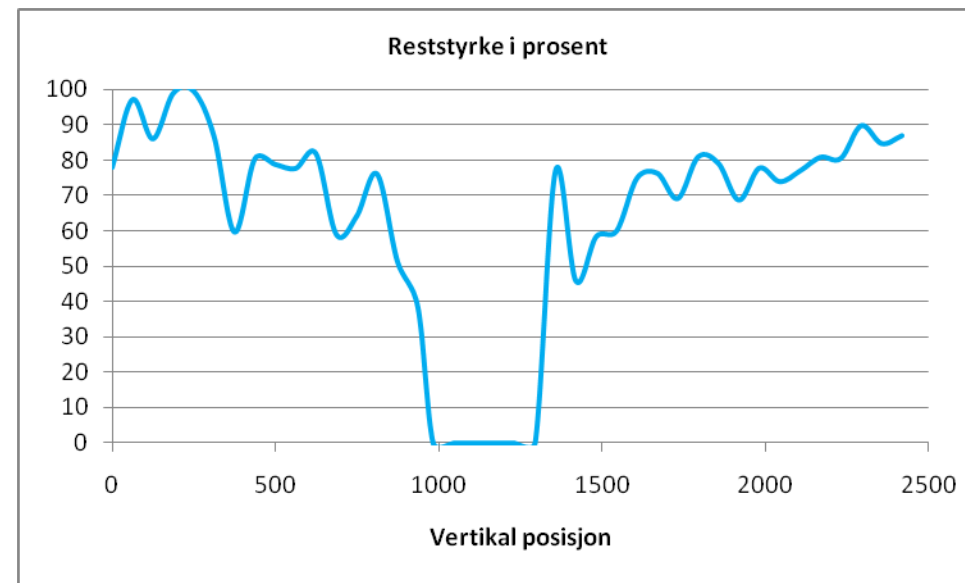
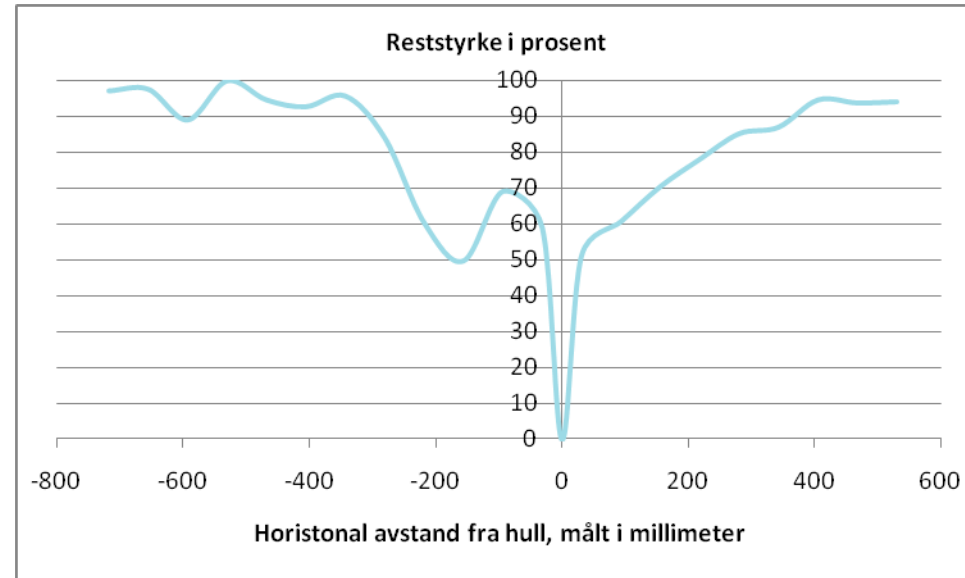
Gnag mellom not og bunnringkjetting

- Identifisert som økende (eller "gjenværende") problem av Rømmingskommisjonene for akvakultur (RKA) senere år
- Seks rømmingstilfeller de siste årene
 - 80 074 rapporterte rømte fisk
 - 30 667 rapporterte rømte fisk
- Faglige gjennomganger av flere konkrete hendelser i regi av RKA og Fiskeridirektoratet
- Gjennomført modellforsøk i samarbeid med et prosjekt finansiert av Norges Forskningsråd
 - Analyse av skadet not
 - Modelltest i slepetank med bølger og strøm



Styrketesting

- Notlin fra reelle hendelse
- 256 maskestyrketester (ISO 1806) på et notpanel
- Relativt smalt slitasjespor



Forsøksoppsett

Weight configuration

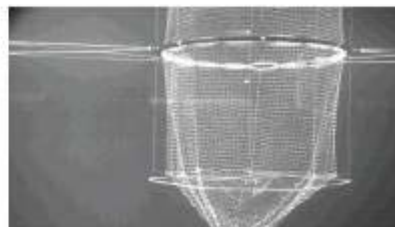
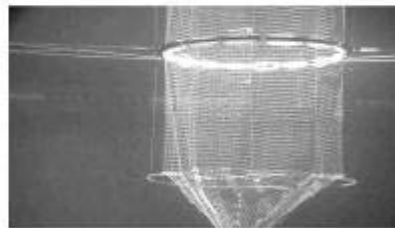
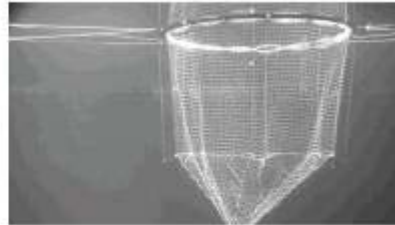
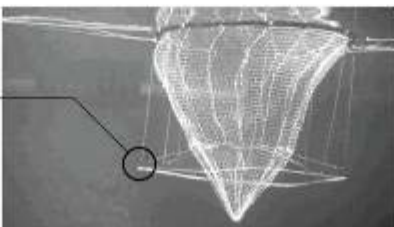
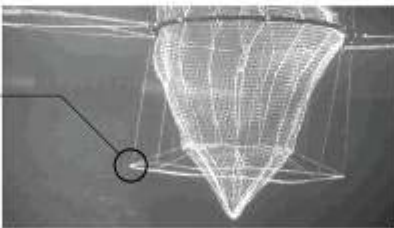
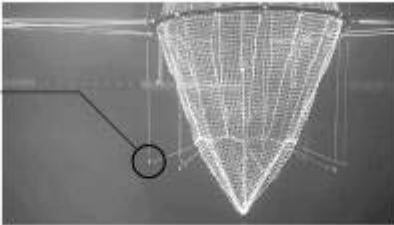
Model geometry

C

Conic model

S

Cylindrical model



WF

Weights Fixed
(8 x 13g lead weights)

STF

Sinkertube Fixed
(8mm, 39 g/m,
circumference 314 cm)

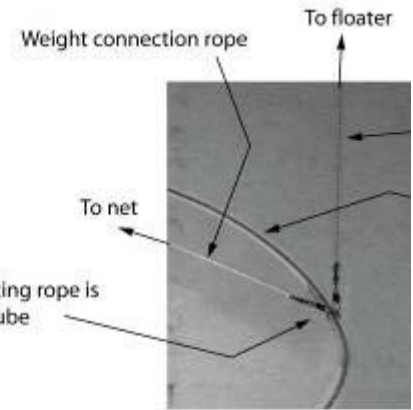
STS

Sinkertube Sliding
(8mm, 39 g/m,
circumference 314 cm)

STF

Sinker Tube Fixed

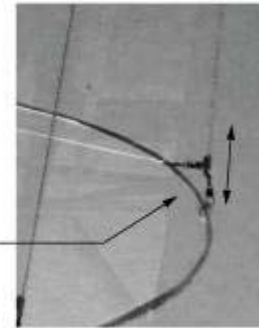
The weight connecting rope is fixed at the sinker tube



STS

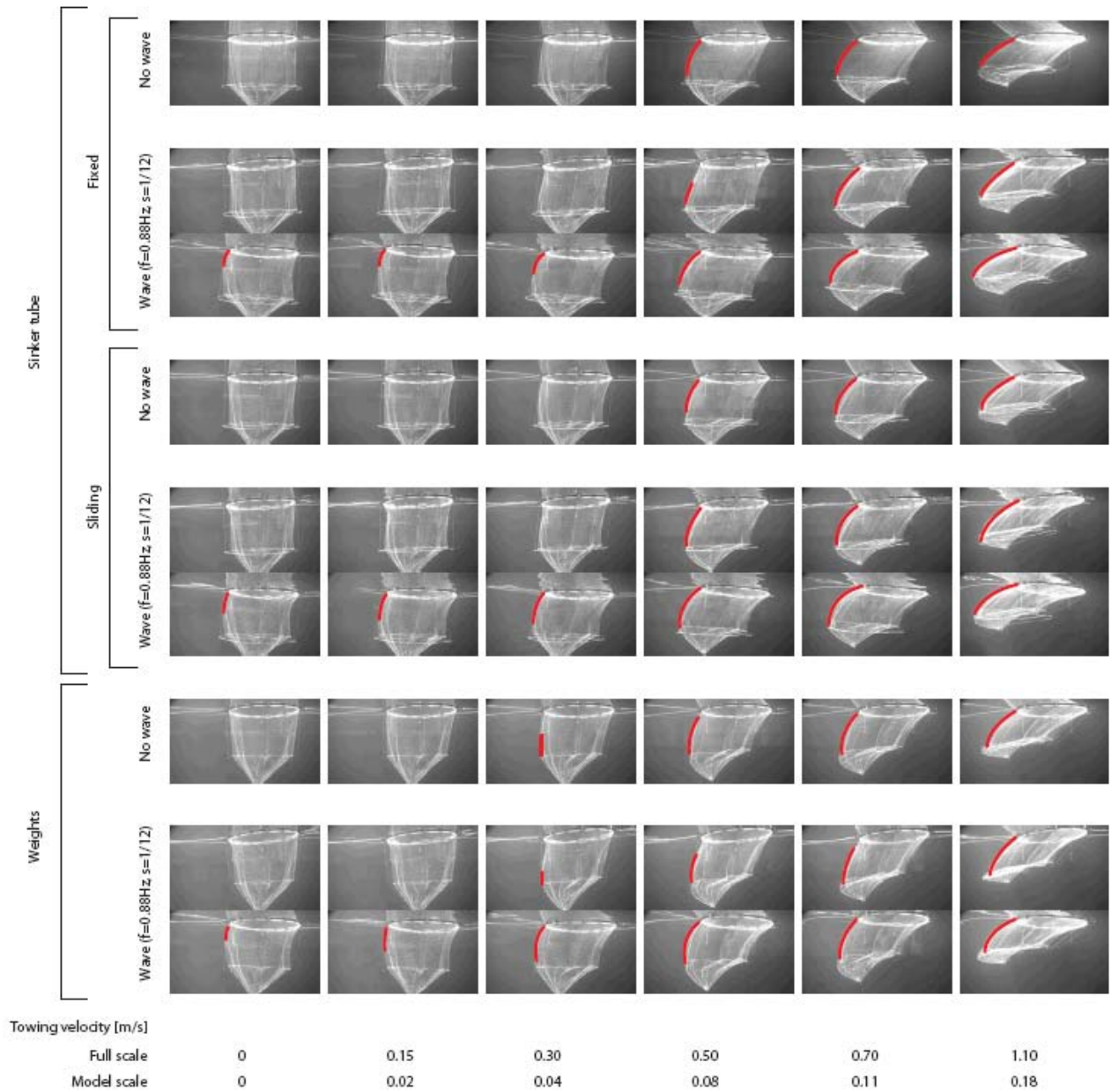
Sinker Tube Sliding

The weight connecting rope can slide freely along the chain

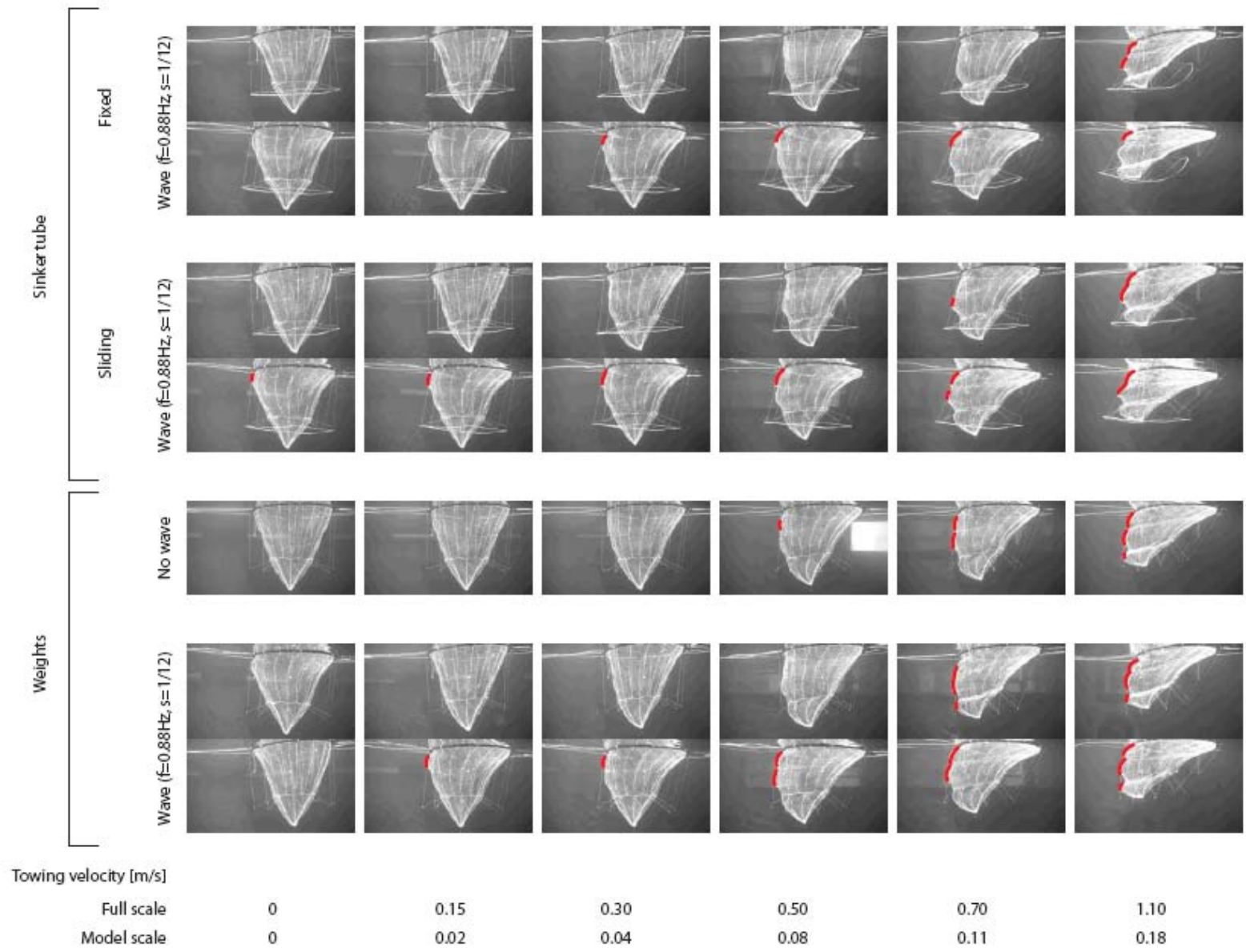


- Skala 1:40
- 120 metring
- Bunntelne 25 meter
- Total dybde 40 meter
- Bølgehøyde 6,7 m og periode 7,2 s.
- Strøm 0 – 1,5 m/s

Modelltest – resultater vånlig not



Modelltest – resultater kon not



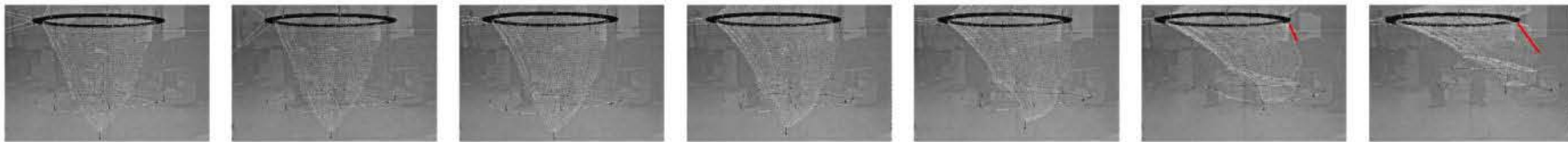
Alternativ design

- Avstand mellom indre og ytre ring er tredoblet
- Bunnring har samme diameter som ytre ring

Larger outer ring floater.



- Kontakt når hastighet passerer 1,0 m/s (mot 0,5 m/s for standard utforming)



Model scale	0 m/s	0.02 m/s	0.04 m/s	0.08 m/s	0.11 m/s	0.18 m/s	0.23 m/s
Full scale	0 m/s	0.13 m/s	0.26 m/s	0.51 m/s	0.74 m/s	1.16 m/s	1.50 m/s

Oppsummering og konklusjon

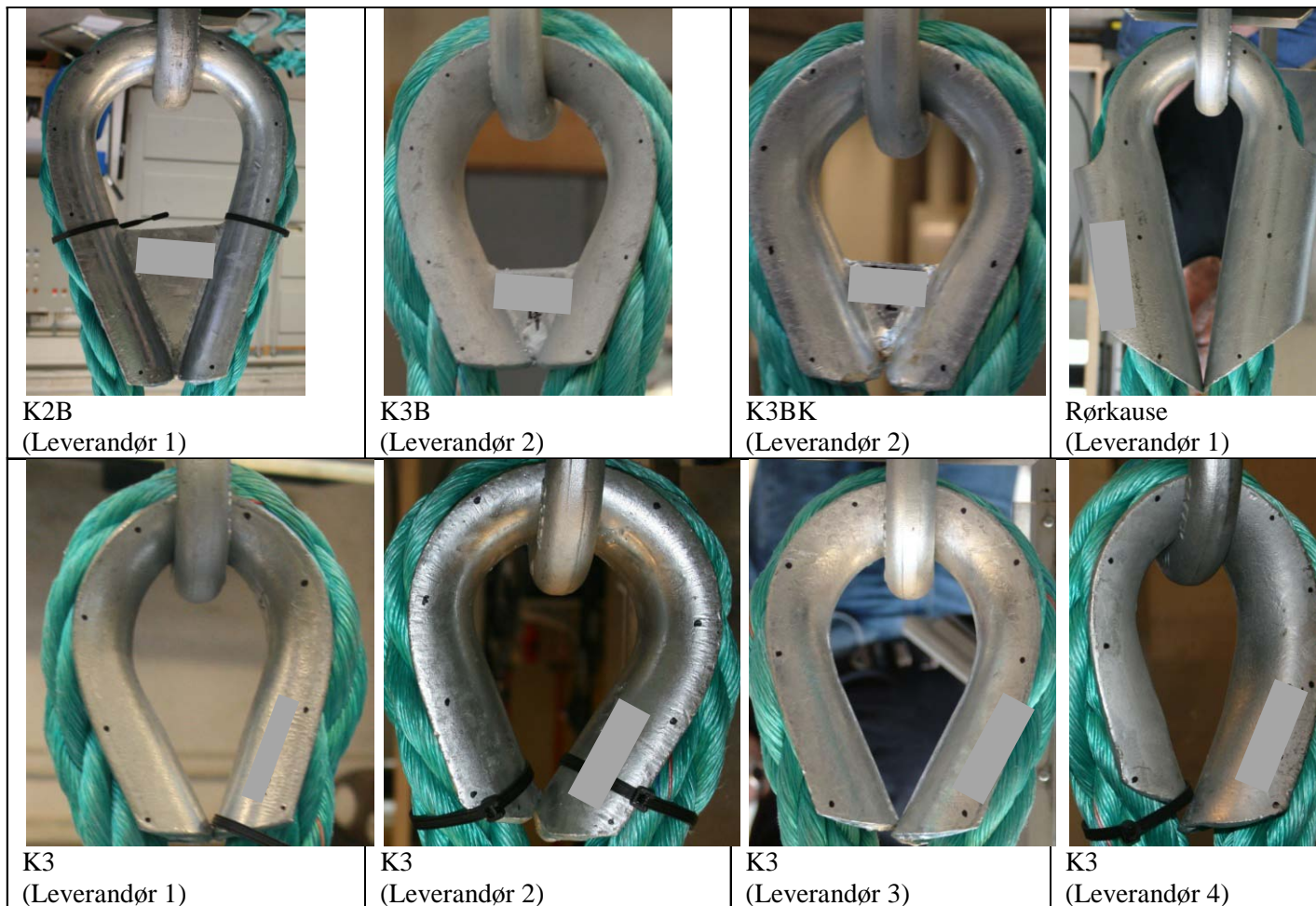
- Årsakssammenheng er åpenbar og slitasje er dokumentert både gjennom virkelige hendelser og modellforsøk som viser mekanismen
- **Må håndteres, slitasje ikke akseptabelt**
- Ser ut til at slitasjen skjer over et relativt smalt område.
 - Hindre kontakt eller redusere effekt
- Dobbelt notlin ved slitasje punkt kan være en mulig løsning
- Bytte ut kjetting med løsningsom ikke lager slitasje
- Alternative design av utspiling og eller not

Test av kauser

- Brudd i kauser identifisert som et mulig problem
- Kan medføre gang på tau og brudd
- Kauser fra fire leverandører testet i strekkmaskin
 - Resultat anonymisert

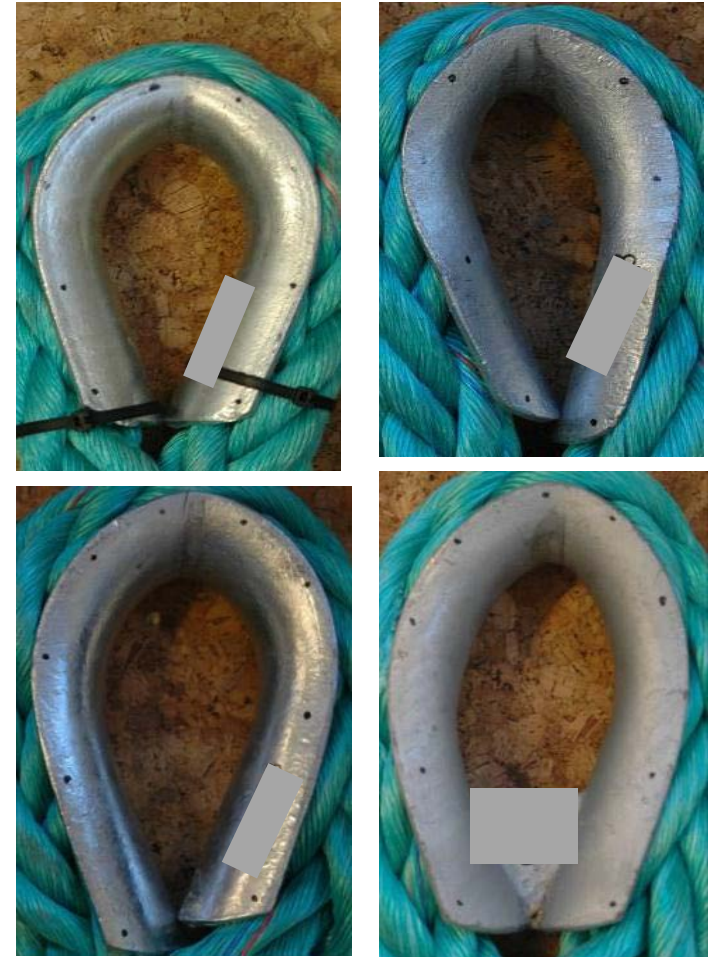


Test av kauser – fire leverandører flere typer



Resultat

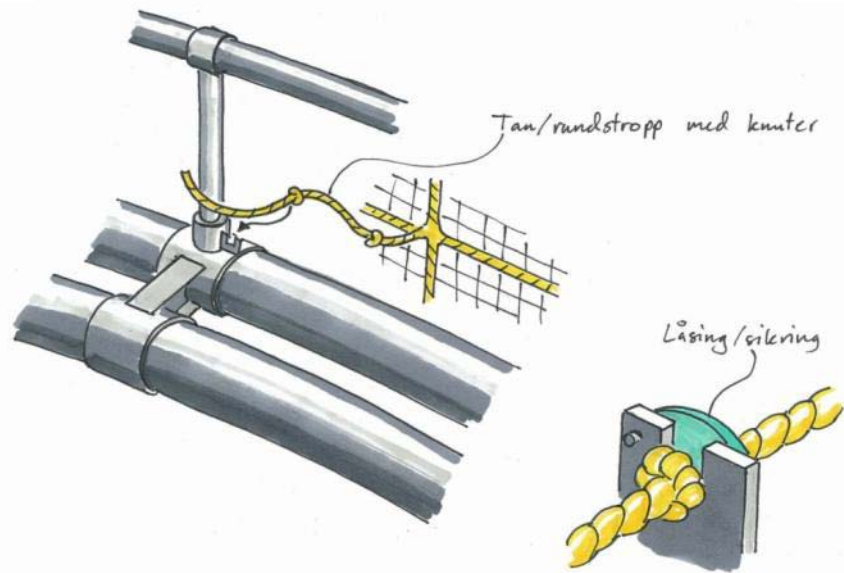
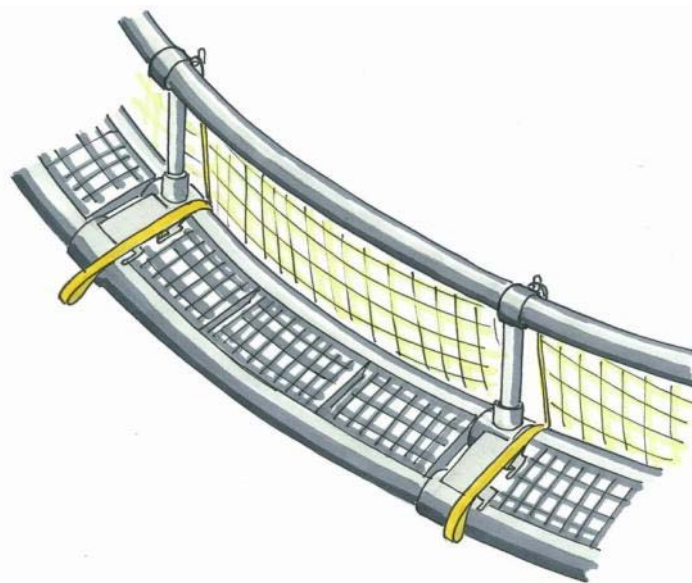
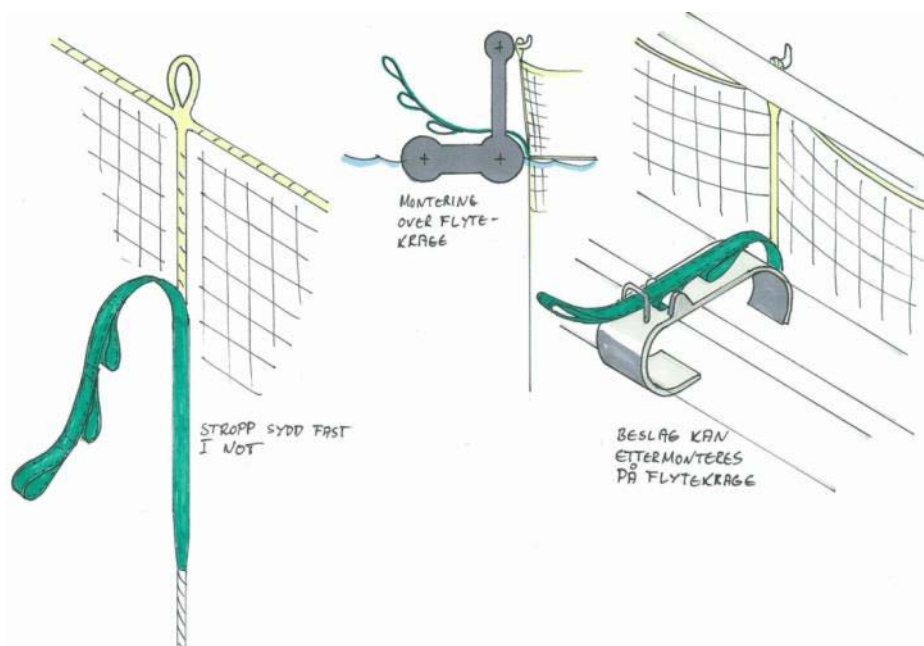
- Det ble observert brudd i få av kausene
- Kun brudd i noen av K3 kausene (uten plate)
- Ikke brudd i kauser med trekantplate eller rørkausser
- Det kan ikke tillates at kausene blir så kraftig deformert at de kan skade tauet, enkelt forsvinne fra spleis eller vanskeliggjør fra og sammenkobling.
- Ingen av kausene som ble testet ble deformert så mye at funksjonskravene ikke ble tilfredsstillt



Standardisert innfesting av not til flyter og utspilingsystem

- Gjøre det enkelt!
- Minst mulig sårbare komponenter som kan korrodere, fryse fast m.m.
- Minst mulig arbeid ned i vann
- Kompatibelt med gangbaner
- Minimal endring av etablerte design
 - Ønske om å kunne implementere løsning på eksisterende løsninger
- Flere runder med utstrysleverandører
- Valgt to konsept som er testet ut på ACE

Designet fire konsept

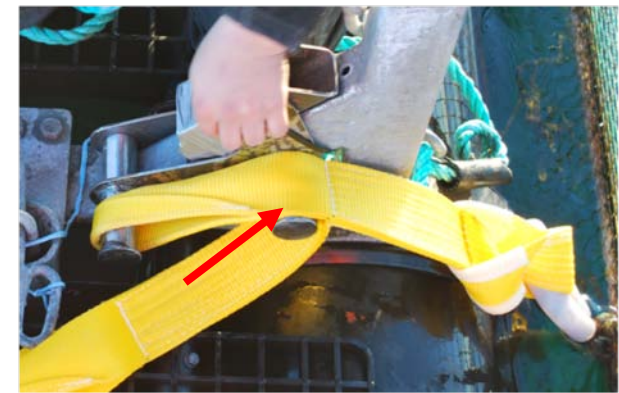


Prototype fra Eiva-Safex



Fullskala test på ACE

- Konseptene har en egnet utforming for håndtering av oppdrettere på flytekrage.
- Derimot har en ikke lyktes tilfredsstillende innenfor funksjonskrav og HMS-krav (komponentene innebærer snublefare).
- Løsningene krever videreutvikling før implementering i dagens oppdrettsmerder
 - Dialog med leverandører
- Bør også se på mulighet for endring av flytekrage og not for å forenkle innfesting

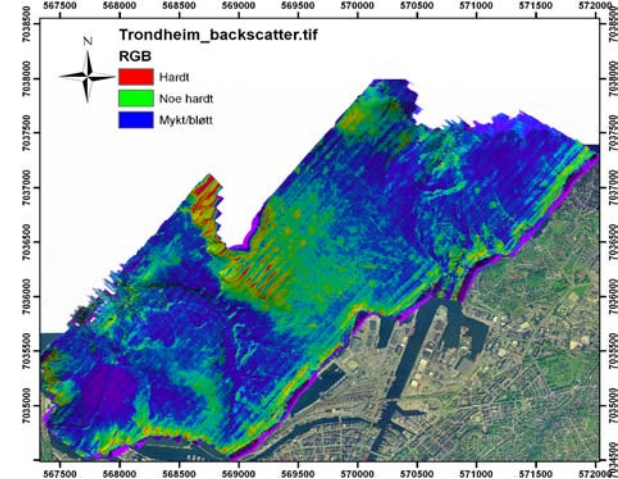


Arbeidspakke 2: Anker og holdekraft

- Kunnskap om holdekraft til ankertyper brukt i havbruksnæringen og til eventuelt andre nye aktuelle ankertyper
- Gjennomført to runder med fullskalaforsøk
 - For å sammenligne eksisterende anker i bruk
 - Se på mulighet for å finne sammenheng mellom vekt og holdekraft
- Første forsøk problematisk på grunn av varierende bunnforhold
 - Ulike forhold for de forskjellige ankrene
- Andre runde mest forsøk inne i Trondheim havneområde.
 - Homogene og relativt godt kjente bunnforhold

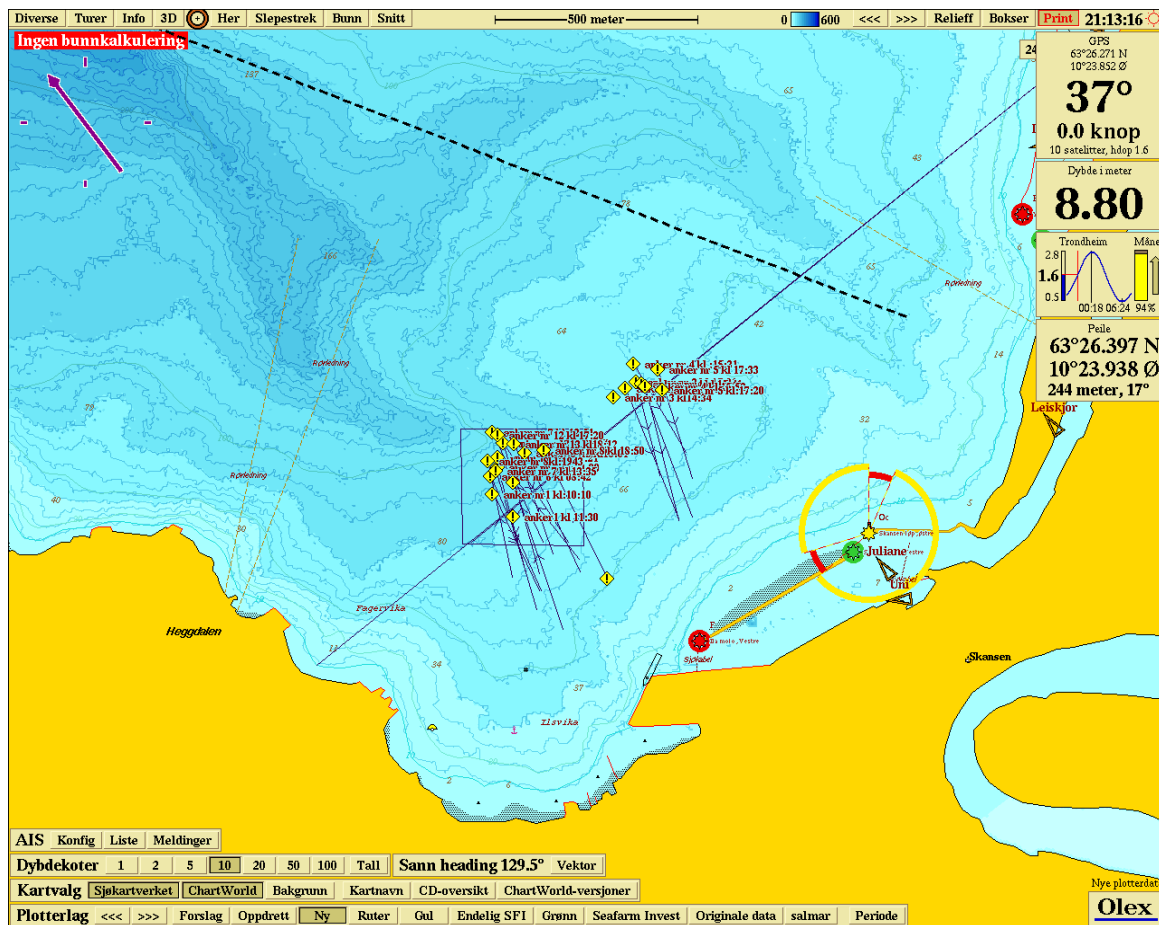
Gjennomføring av fullskala test

- Testområde valgt ut i samråd med Norges Geologiske undersøkelser (NGU) og Trondheim Havn
 - Homogen sand/myk bunn
- 10 ankre fra seks norske utstyrsleverandører ble testet
- Utsetting av ankere av M/S "Æge" fra Namsos Dykkerselskap
- Taubåten "Boa Siw" fra Taubåtkompaniet ble benyttet for trekking av anker
- Ankerenes holdekraft ble målt ved hjelp av en lastcelle og logget på PC
- Ankrene testet to til tre ganger (et anker kun en gang)

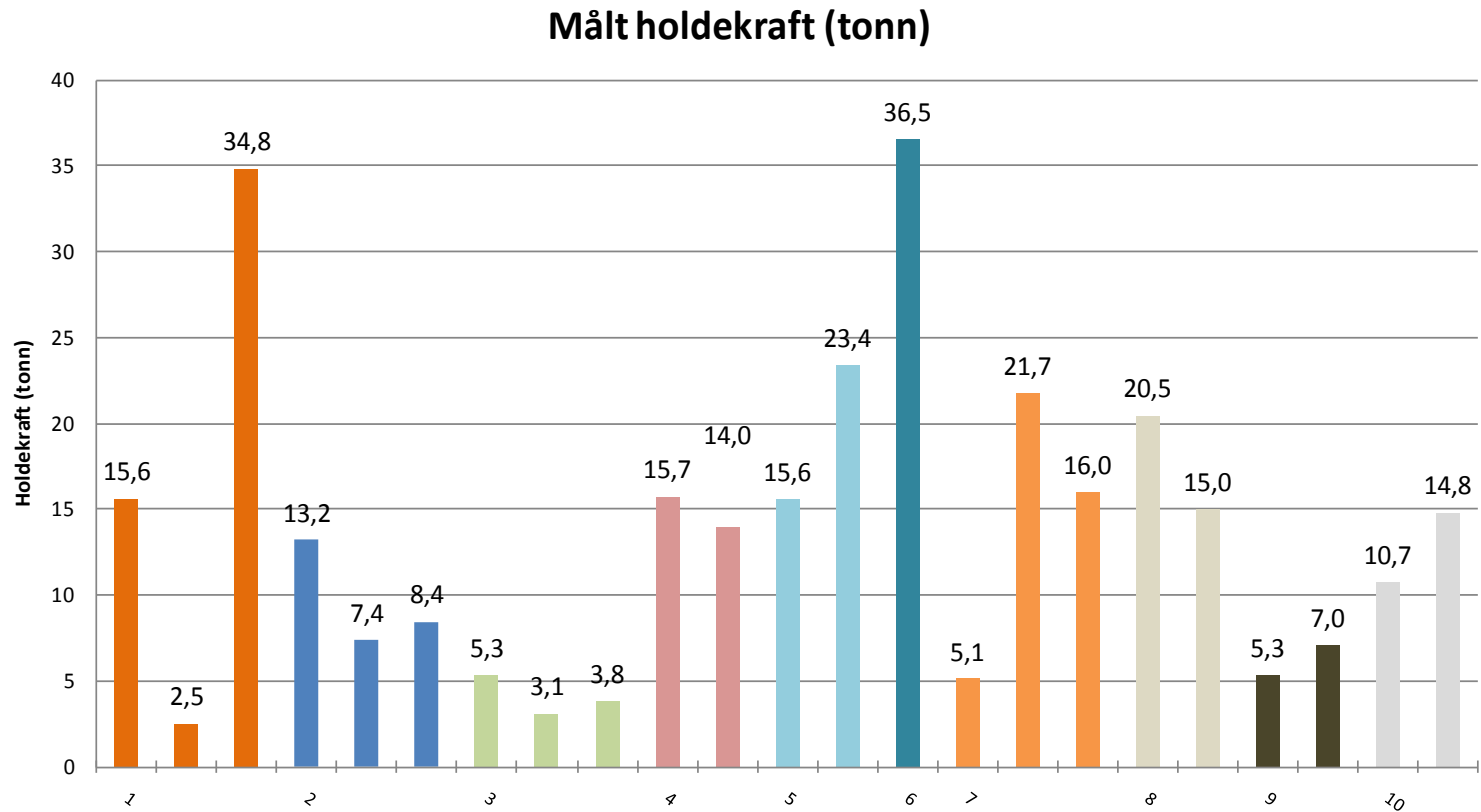


Ankertyper og plott av ankerstrekk

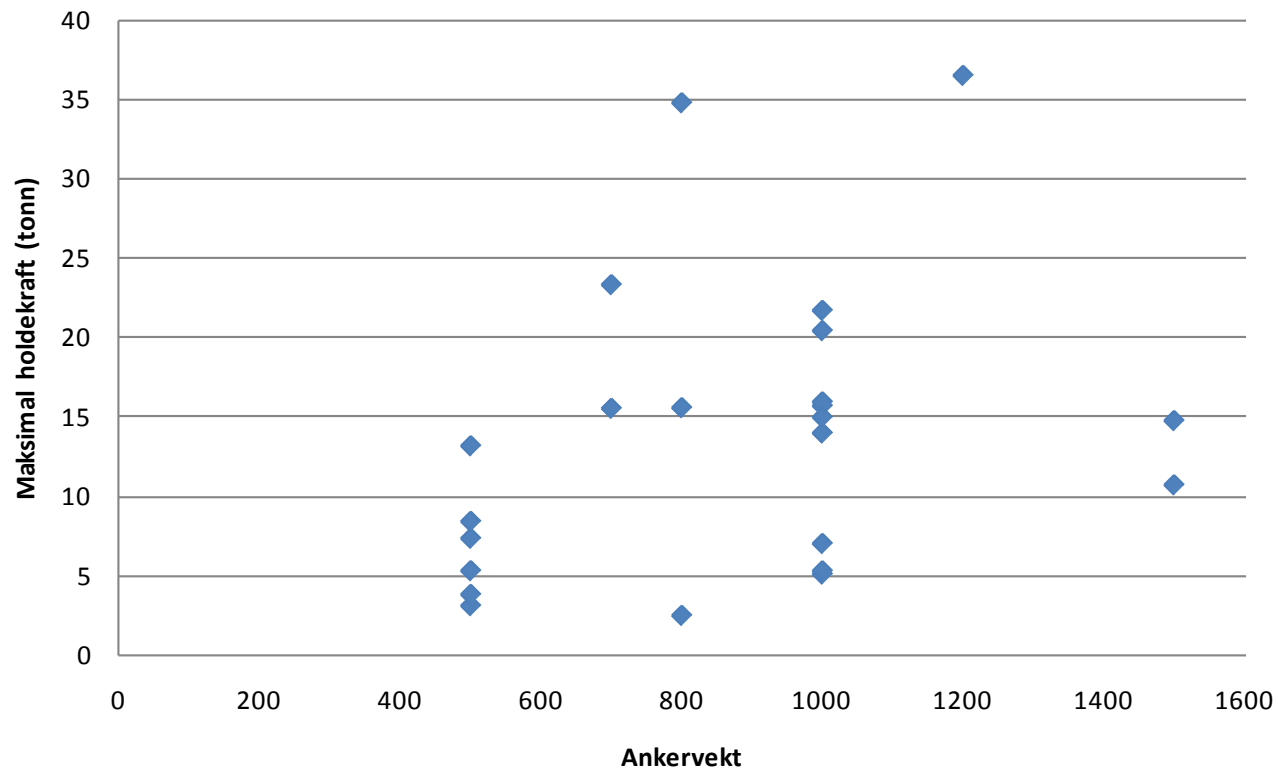
Ankerkategori	Vekt
Dobbel shank < 1000kg	1200
Dobbel shank < 1000kg	1000
Dobbel shank < 1000kg	1500
Dobbel shank > 1000kg	500
Dobbel shank > 1000kg	700
Dobbel shank > 1000kg	1000
Dobbel shank > 1000kg	1000
Dobbel shank > 1000kg	800
Enkel shank < 1000kg	500
Enkel shank > 1000kg	1000



Maksimal holdekraft målt for de ulike ankermodellene



. Maksimal holdekraft målt i tonn, som funksjon av ankervekt



Diskusjon ankertest

- Det ble erfart varierende holdekraft for de ankrene som ble testet, og med stor variasjon mellom hvert ankertrekk og mellom de ulike ankermodellene innenfor samme kategori
- Selve strekkforløp, forskyvning og holdekraft varierte mye.
 - Generelt falt holdekraften betydelig etter at den maksimale holdekraften ble oppnådd, men det var stor variasjon selv for samme anker.
 - **Variasjon i holdekraft og strekkforløp viser at man ikke kan gi entydige garantier for holdekraft.**
- Ankrenes holdekraft øker vesentlig med penetreringsdybden.
 - **Det er helt essensielt at man har en dyp penetrering i bunnsedimentet for å oppnå tilstrekkelig holdekraft.**
- Tilgjengelige ressurser i dette prosjektet tillot 1-3 repetisjoner per anker. Ved fullskala uttesting av anker bør man ideelt gjennomføre i størrelsesorden 15-20 repetisjoner for å sikre et godt statistisk underlag

Oppsummering og konklusjoner

- Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom ankertype, vekt og holdekraft.
 - Holdekraft er ikke korrelert med ankerets vekt, verken mellom ulike ankermodeller eller innenfor samme ankertype.
- Ankerets stabilitet under setting og trekking er av stor betydning for å oppnå tilstrekkelig penetrering og holdekraft.
- Ikke alle anker som leveres til havbruksindustrien i dag er tilstrekkelig tilpasset formålet og lokalitetens spesifikke krav.
- Geometriske karakteristika som flukevinkel, tippvinkel og fysisk utforming av ankeret vil sannsynligvis ha større betydning for penetrering og holdekraft under anker setting.
- Dokumentasjon av ankers fysiske egenskaper er svært vanskelig å gjennomføre i fullskala, med stor usikkerhet innenfor flere parametere.



Teknologi for et bedre samfunn