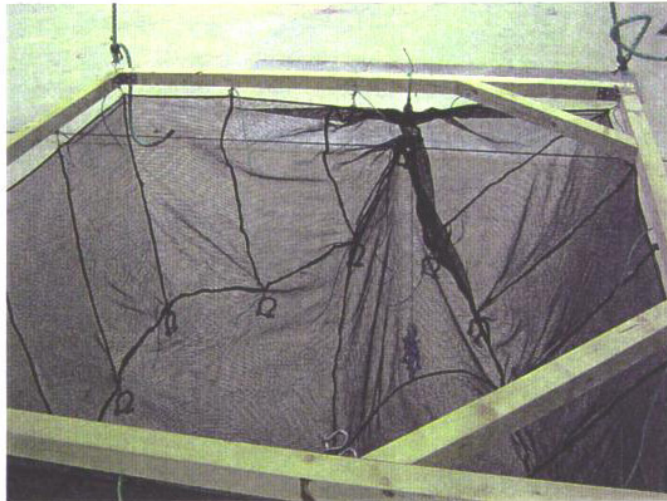


STF80 A044021 – Åpen

RAPPORT



Modellforsøk Nye rømningssikre merdkonsept

Heidi Moe og Egil Lien

www.sintef.no

SINTEF Fiskeri og havbruk AS

havbruksteknologi

Desember 2004



SINTEF Fiskeri og havbruk AS
Havbruksteknologi

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse:
SINTEF, Forskningscenteret på Rotvoll
Arkitekt Ebbellsvei 10
Telefon: 73 59 56 50
Telefaks: 73 59 56 60
E-post: fish@sintef.no
Internet: www.fish.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 980 478 270 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Modellforsøk
Nye rømmingssikre merdkonsept

FORFATTER(E)

Heidi Moe, Egil Lien

OPPDRAGSGIVER(E)

Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF) ved SND

RAPPORTNR. STF80 A044021	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Svein Hallbjørn Steien, ref. nr. 2002/006494	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 82-14-03314-4	PROSJEKTNR. 840099.34	ANTALL SIDER OG BILAG 23 + 2 vedlegg
ELEKTRONISK ARKIVKODE STF80A044021.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Jørgen R. Krokstad	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Arne Fredheim
ARKIVKODE	DATO 2004-12-15	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Jostein Storøy, forskningssjef	

SAMMENDRAG

Denne rapporten presenterer enkle modellforsøk av oppdrettsnoter, og resultatene er sammenlignet med tilsvarende numeriske analyser. Hovedfokuset er på kraftgang og belastninger i nota ved heving, og fasongen til loddsatt not. Målet med modellforsøkene har vært å få en praktisk vurdering av oppdrettsnoter. Både ”vanlige” oppdrettsnoter samt et nytt notkonsept har blitt vurdert.

Til tross for at modellene ikke fungerer perfekt, er det tydelig at standard not har en mer gunstig loddsatt fasong enn not med skrå tau. Not med skrå tau viser seg å bli rynkete og posete. Fordelen med denne nota er derimot at det ikke finnes loddttau som ikke har forbindelse med krysstau i bunnen, og de største mulighetene for overbelastning og skader på notlinet er dermed eliminert.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Havbruksteknologi	Aquaculture technology
GRUPPE 2	Modellforsøk	Modellforsøk
EGENVALGTE	Oppdrettsnot	Net cage
	Rømming	Escape
	Laks	Salmon

Forord

SINTEF gjennomfører på oppdrag fra FHF prosjektet *Nye rømmings sikre merdkonsept*. Prosjektet er inndelt i flere delprosjekter. Denne rapporten dokumenterer arbeid utført under aktivitet *Modellforsøk*.

Heidi Moe og Egil Lien, 15. desember 2004.

INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning	4
2	Mål, metode og begrensninger	5
3	Forsøk	6
	3.1 Modellnøter	6
	3.2 Belastninger	12
	3.3 Testjigg	13
4	Resultater	14
	4.1 Vurdering av notmodellene	14
	4.2 Diskusjon av resultatene	15
	4.3 Sammenligning med numeriske analyser	17
5	Konklusjon	21
6	Referanser	22
7	Vedlegg	23

1 Innledning

Denne rapporten presenterer enkle modellforsøk av oppdrettsnøter, og resultatene er sammenlignet med tilsvarende numeriske analyser presentert i Referanse 1, *Riving og deformasjon av not, nye rømmings sikre merdkonsept*.

Hovedfokuset vil være på kraftgang og belastninger i nota ved heving, og fasongen til loddsatt not.

2 Mål, metode og begrensninger

Målet med modellforsøkene har vært å få en praktisk vurdering av oppdrettsnøter og spesielt belastningene i nøtene ved håndtering (heving). Både ”vanlige” oppdrettsnøter samt et nytt notkonsept har blitt vurdert.

Modellnøtene er produsert av Mørenot i de materialene de har tilgjengelig for produksjon av nøter. Nøtene er sydd for hånd på vanlig vis (for fullskala nøter). Det viser seg å være vanskelig å lage en god modellnot med ”vanlige” notlinmaterialer og produksjonsmetoder. Dette skyldes først og fremst at dimensjonene på notlin og tau ikke blir så små at man oppnår helt like egenskaper for modellen som man har for ei fullskala not (dette forklares nærmere i avsnitt 3.1). Det har også vært gjort et uheldig valg av notlin. I tillegg er det vanskelig å sy de små modellnøtene nøyaktig nok, og små ujevnheter vil ha betydning for fasongen til og kraftgangen i notmodellen. Ei modellnot med korrekte dimensjoner og nøyaktig montering, krever spesielle materialer og må nok produseres av eksperter på området. Den vil være svært kostbar, og det har derfor ikke vært prioritert å få produsert slike.

Det har ikke blitt prioritert å gjennomføre målinger av krefter i nota, men resultatene er basert på en visuell inspeksjon av nøtene.. Hovedargumentet for dette er at kreftene i notlinet er så små at de er vanskelige å måle. Dette skyldes dels modellskalaen og dels at det er begroing og hastighetsavhengig vannmotstand (dragkrefter) som gir store belastninger i linet i praksis (forklart i detalj i Referanse 1). Det har ikke blitt gjort noen forsøk på å simulere effekt fra begroing og hastighetsavhengig vannmotstand.

Resultatene fra den visuelle inspeksjonen er sammenlignet med tilsvarende numeriske analyser (dokumenter i Referanse 1).

Noen av bildene som ble tatt av modellene er dessverre noe uklare. Dette skyldes at det er vanskelig å få fokusert riktig på en notmodell.

Dette prosjektet ble startet opp før innføringen av NS 9415 i april i år. For å ta hensyn til NS 9415 ble det i denne prosjektaktiviteten besluttet å produsere ei modellnot med en krysstaukonfigurasjon som tilfredsstillte NS 9415 i tillegg til det som var standard før NS 9415 trådte i kraft. I etterkant har det imidlertid kommet et forslag til revisjon av not-delen i NS 9415 som tillater bruk av det som er definert som standard krysstaukonfigurasjon før NS 9415. Revisjonen legger begrensninger for hvilke tau som kan benyttes ved heving av not. ”Løftetau” er i forslaget til revisjon definert som ”sidetau som fortsetter videre i krysstau”.

3 Forsøk

Totalt fem modeller som representerer forskjellige varianter av firkantede nøter har blitt testet. Nøtene er loddsatt, og deler av en heveoperasjon er simulert. Dette kapitlet beskriver nøtene som er modellert, belastningene som er påført modellene og testjiggen som er benyttet i forsøkene.

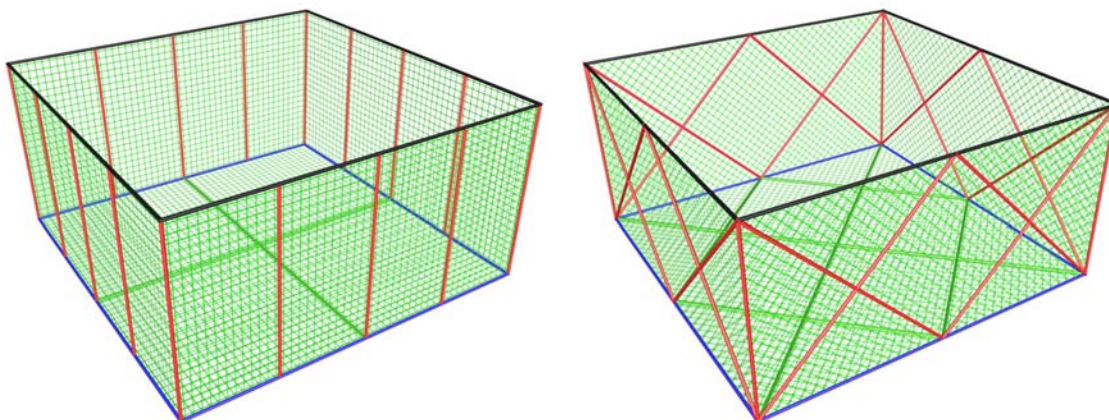
Modellene vil bli brukt til en praktisk sammenligning og vurdering av:

- Nytt notkonsept kontra standard firkantet not
- Standard krysstaukonfigurasjon før og etter NS 9415
- Nytt notkonsept med varierende bredde/dybde-forhold

3.1 Modellnøter

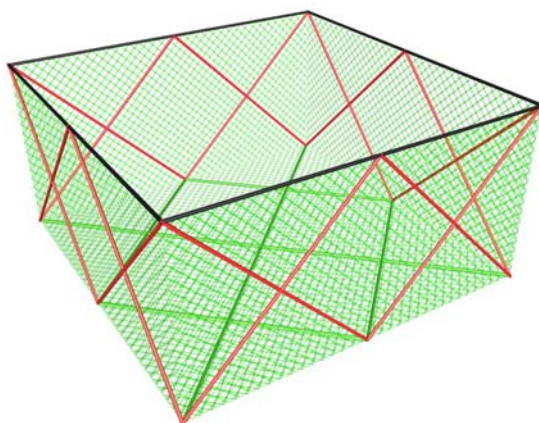
Det er produsert fem notmodeller som beskrevet i Tabell 3-1 (Not 1 – Not 5). Not 1 og Not 2 er modeller av to vanlige firkantede nøter, kalt ”standard” nøter. Standard not er definert i Vedlegg 1. De tre andre nøtene (Not 3 – Not 5) er modeller av det nye notkonseptet som er kalt ”not med skrå tau”. Alle modellene har lik bredde, men varierende dybde.

Nøtene er illustrert i Figur 3-1, og side og bunnpanel til de forskjellige nøtene er gitt i Figur 3-3 til Figur 3-7. Legg merke til (i Tabell 3-1) at modellene av Not 3 og Not 5 er produsert uten bunntau (blått tau i Figur 3-1). Bakgrunnen for dette er at analysene presentert i Referanse 1 viser at bunntauet ikke har noen effekt i stille sjø og at det er ønskelig å gjøre en ytterligere vurdering av effekten av bunntauene i forbindelse med modellforsøkene.



Figur 3-1: Standard not og not med skrå tau. Dybde lik halve bredden.

I Referanse 1 er not med skrå tau også analysert uten hjørne- og bunntau som illustrert i Figur 3-2. Analysene viser at det blir poser i nota når tau er sydd diagonalt på notlinet, slik hjørne- og bunntauene er. Ved å fjerne hjørne- og bunntau fra konseptet ”not med skrå tau” følger alle tau notlinet stolperett. I utgangspunktet er alle modellene produsert med hjørnetau, men disse kan enkelt skjæres av dersom det er ønskelig.

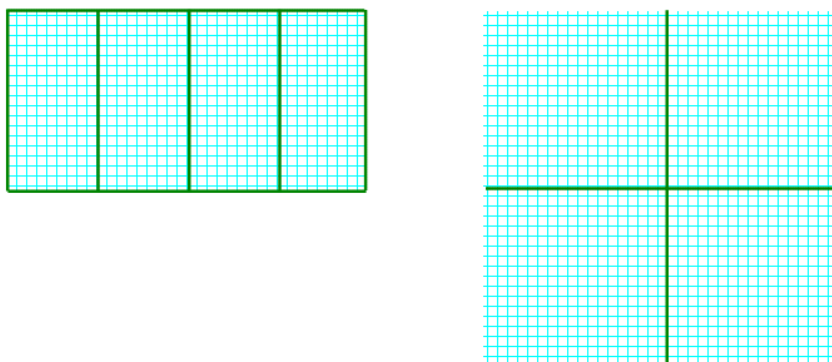


Figur 3-2: Not med skrå tau uten hjørne- og bunntau.

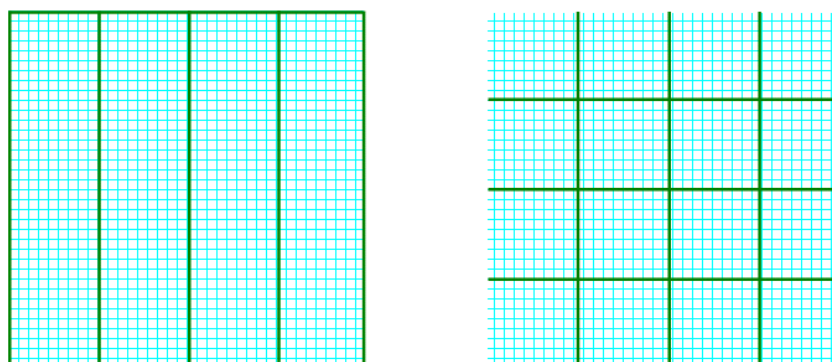
Standard not med 12 meter dybde (Not 1) er produsert med en krysstaukonfigurasjon som tilfredsstiller den ”gamle” bransjestandarden for nøter, mens Not 2 har en krysstaukonfigurasjon som tilfredsstiller NS 9415 per 1. april 2004. Disse er illustrert i Figur 3-3 og Figur 3-4.

Tabell 3-1: Oversikt over notmodeller.

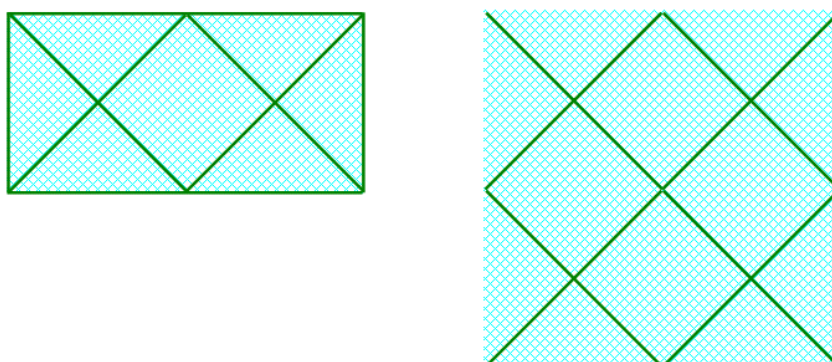
	Orientering av notlin	Fullskala		Modell		Side- tau	Bunn- tau	Kryss- tau
		Bredde	Dybde	Bredde	Dybde			
Not 1 Figur 3-3	Flagg	24 m	12 m	1.6 m	0,8 m	16	Ja	2
Not 2 Figur 3-4	Flagg	24 m	24 m	1.6 m	1.6 m	16	Ja	6
Not 3 Figur 3-5	Diamond	24 m	12 m	1.6 m	0,8 m	se figur	Nei	se figur
Not 4 Figur 3-6	Diamond	24 m	18 m	1.6 m	1,2 m	se figur	Ja	se figur
Not 5 Figur 3-7	Diamond	24 m	24 m	1.6 m	1.6 m	se figur	Nei	se figur



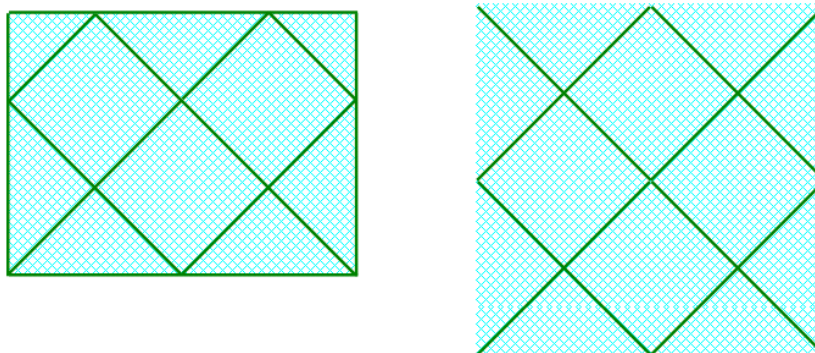
Figur 3-3: Not 1.
Standard firkantet not (side til venstre og bunn til høyre). 12 meter dyp. Bunn definert som standard i mai 2003.



Figur 3-4: Not 2.
Standard firkantet not (side til venstre og bunn til høyre). 24 meter dyp. Bunn definert i følge NS 9415, gyldig fra 1. april 2004.

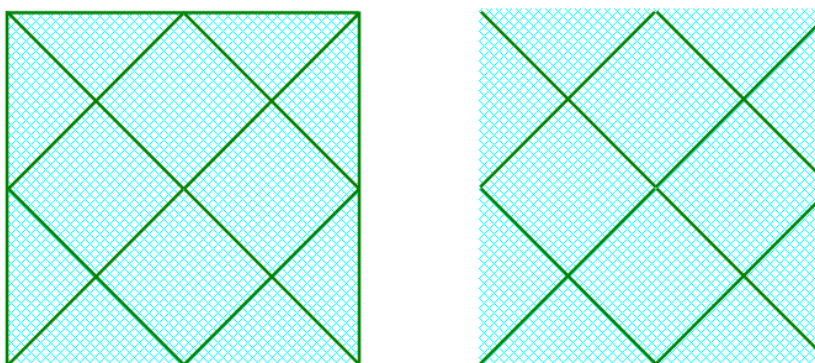


Figur 3-5: Not 3.
Not med skrå tau og diamond-orientert notlin (side til venstre og bunn til høyre). 12 meter dyp.



Figur 3-6: Not 4.

Not med skrå tau og diamond-orientert notlin (side til venstre og bunn til høyre). 18 meter dyp.



Figur 3-7: Not 5.

Not med skrå tau og diamond-orientert notlin (side til venstre og bunn til høyre). 24 meter dyp.

Alle notmodellene er produsert i en skala på 1:15 i forhold til ei fullskala not. Dette betyr at alle dimensjonene til modellnota skal være en femtendedel av dimensjonene til fullskala not, mens massen som er proporsjonal med volum må deles på 15^3 (3375). Tabell 3-2 viser dimensjonene på fullskala not, tilsvarende riktige dimensjoner for modellnot og dimensjonene som faktisk er benyttet i modellen.

Tabell 3-2: Dimensjoner fullskala not og modellnot (skala 1:15).

	Dimensjon fullskala not	Riktig modelldimensjon	Dimensjon benyttet i modell
Bredde	24 m	1,6 m	ca 1,6 m
Dybde	12 / 18 / 24 m	0,8 / 1,2 / 1,6 m	ca 0,8 / 1,2 / 1,6 m
Taudiameter	16 mm	ca 1,07 mm	4 mm
Halvmaskevidde	25,5 mm	1,7 mm	4,5 mm
Trådtykkelse	ca 2 mm	ca 0,13 mm	ca 0,4 mm
Loddvekt	100 / 200 kg	30 / 60 g	320 / 640 g

Tabellen viser at det ikke alltid er overensstemmelse mellom riktig modelldimensjon og dimensjonene som faktisk er benyttet i modellene. Bredden og dybden til modellene er riktig, men taudiameter, notlindimensjoner og loddvekter er ikke helt som de skal være i følge teorien. Valg av benyttet loddvekt skiller seg betydelig fra ”riktig” vekt, valget er begrunnet i avsnitt 3.2.

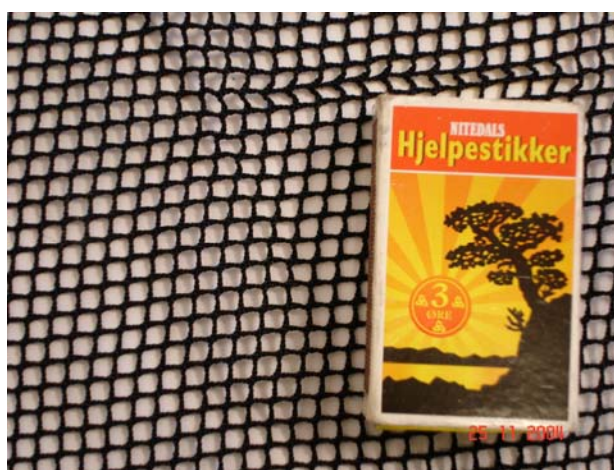
Det er ikke mulig å oppnå både korrekt aksial- og bøyestivheten til notlintråden i modellen. Dette skyldes at aksialstivheten er proporsjonal med tykkelsen i andre, mens bøyestivheten er proporsjonal med tykkelsen i fjerde. Dersom man tilfredsstiller kravet til aksialstivhet, vil man altså få for stor bøyestivhet i modellen.

Det er ikke avgjørende for kvaliteten til notmodellen å ha korrekt dimensjon på tauene. På grunn av de relativt små belastningene modellene vil bli utsatt for, vil ikke tauene få noen betydelig aksiell tøyning (dvs. de vil ikke strekkes/forlenges). Der er først og fremst belastninger i notlinet som er av interesse, og den relativt store taudiameteren vil ikke påvirke resultatene av modellforsøket. Bøyestivheten til tauene vil også være for stor, men dette vil heller ikke påvirke resultatene.

Tabell 3-2 viser at notlinet i modellen i teorien skal ha en halvmaskevidde på 1,7 mm og en tykkelse på 0,13 mm. Selv med spesiallaget modell-notlin, oppnår man ikke så små masker. Dermed må man ”slå sammen” noen tråder. Figur 3-8 viser modell-notlin med en halvmaskevidde på ca 7 mm. En tråd vil da representere fire tråder i fullskala not ($7 / 1,7 \approx 4$) og bør da ha en tykkelse på ca 0,5 mm ($4 * 0,13$). Dermed har ikke notlinet som er benyttet i modellen for stor trådtykkelse, men maskevidden er for liten sammenlignet med tykkelsen. I tillegg er knutene for store. Knutene i notlinet er omtrent like lange som en stolpe. I fullskala notlin vil en stolpe være i størrelsesorden fem ganger så lang som knutene.

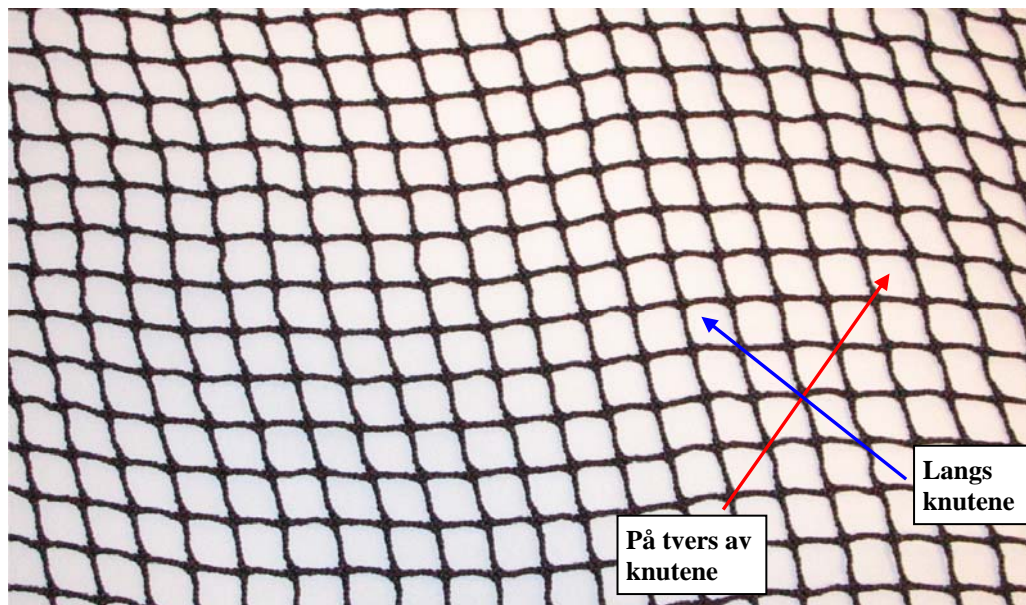


Figur 3-8: Modell-notlin. Halvmaskavidde på 7 mm.



Figur 3-9: Notlin benyttet i modell. Halvmaskavidde på 4,5 mm.

Strikket notlin har en naturlig avlang fasong i spenningsfri tilstand. Det vil si når man for eksempel legger notlinet fra seg på gulvet, vil den ene diagonalen til maskene være lengre enn den andre. Dette vises i kantene av bildet i Figur 3-10. ”Ruter”-fasongen skyldes at maskene ikke er symmetriske på grunn av knutene. Av samme grunn vil notlinet ha forskjellig stivhet i de to retningene diagonalt på maskene. De to forskjellige retningene er definert i Figur 3-10 som ”på tvers av knutene” og ”langs knutene”.



Figur 3-10: Flaggorientert notlin. Notlinet vil ha forskjellig stivhet i de to retningene diagonalt på maskene. Disse retningene er kalt ”på tvers av knutene” og ”langs knutene”.

Da nøtene ble bestilt fra Mørenot, ble det gitt beskjed om at de kunne benytte det mest finmaskede notlinet som er tilgjengelig. I ettertid viser det seg derimot at dette notlinet påvirker fasongen til nota på en ugunstig måte. Modellen blir for stiv, både aksial- og bøyestivheten blir et problem. På grunn av relativt liten maskevidde blir aksialstivheten omtrent 50 % for høy og feilen i bøyestivheten blir enda større. I tillegg gir de store knutene en unormalt stor forskjell i stivheten på langs og på tvers av knutene.

Effekten på stivheten til notlinet fra knutene, kommer ikke til syne i de numeriske analysene. I de numeriske analysene er det ikke tatt hensyn til knutene, og maskene i notlinet har en kvadratisk fasong i spenningsfri tilstand.

3.2 Belastninger

Modellnøtene er for stive fordi de ikke er produsert med notlin i korrekt modell-skala (beskrevet nærmere i kapittel 3.1). Dermed blir det også vanskelig å avgjøre hva som er korrekt loddvekt og hevekraft for modellene. Deformasjonen av nota er avhengig av krafta eller massen nota belastes med og stivheten til nota. Dette betyr i praksis at dersom massen reduseres med 15^3 (3375) (som er korrekt når modellskalaen er 1:15 i forhold til fullskala not), vil deformasjonen av nota bli forsvinnende liten på grunn av den relativt store stivheten til modellen. For å kompensere for den for store stivheten, må altså loddmassene økes.

I de numeriske analysene er det sett på fullskala standard not med 16 lodd på 100 kg, og not med skrå tau med 8 lodd på 200 kg for. Hevekrafta var i analysene på 2000 N (200 kg) (etter avlastning av lodd).

Dersom modellnota hadde vært produsert i perfekt skala, skulle alle loddmassene vært dividert på 15^3 (3375) for å finne riktig størrelser på loddene til den fysiske notmodellen. Et fullskala lodd på 100 kg ville da bli representert av et modell-lodd på 30 gram. For å ta hensyn til den store stivheten til nota, er det benyttet en alternativ måte å beregne loddvektene på. Modellen som representerer standard not med 12 meters dybde ble veid og funnet cirka 2 kg tung. Fullskala not

veier cirka 500 kg. Dermed fås et skalaforhold på vekt mellom modell og fullskala på cirka 1/250. Med denne skalaen vil et lodd på 100 kg bli korrekt representert med et modell-lodd på 400 gram.

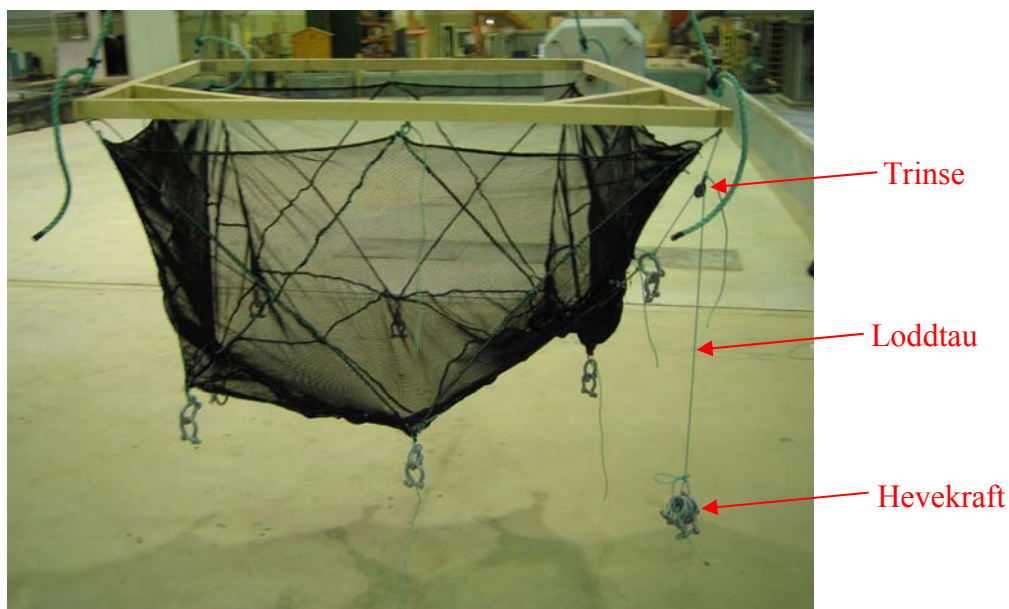
Det er benyttet sjakler som modell-lodd. Hver sjakkel veier 320 gram. I modellene av standard not er hvert lodd representert med en sjakkel, for not med skrå tau er det montert to sjakler i hvert festepunkt for lodd (640 gram).

Alle nøtene er påsatt ei kraft på seks sjakler (1920 gram) i loddtauet ved heving av not. Dermed vil standard not oppleve ei hevekraft på fem sjakler (tilsvarende 500 kg i fullskala) og not med skrå tau ei hevekraft på fire sjakler (tilsvarende 400 kg i fullskala). I de numeriske analysene (Referanse 1) er det benyttet en løftkraft på 200 kg for alle nøtene. Grunnen til at det er besluttet å påføre nota forholdsvis større løftkrefter enn de som er benyttet i de numeriske analysene, er at det får fram mer tydelig om heving av nota kan gi spenninger i notlinet. Dette er viktig i og med at resultatene baserer seg kun på visuell inspeksjon av nøtene.

Det er også plassert to sjakler i senter av nota. Disse skal representere ”motstand” mot heving gitt fra senterlodd, dødfisksystem, begroing, vannmotstand (drag-krefter) og lignende.

3.3 Testjigg

Testjiggen består av ei kvadratisk ramme av treplanker (med tverrsnitt på 2 x 2 tommer) med en indre bredde på 170 cm. I hvert hjørne av ramma er det festet tau, den andre enden av tauet er festet til ei traverskran som benyttes til å heve og senke ramma.



Figur 3-11: Testjigg for heving av not.

Nota er festet til ramma ved toppen av hvert sidetau. Standard not har 16 festepunkt, mens not med skrå tau har åtte.

4 Resultater

Resultatene er presentert i form av bilder gitt i Vedlegg 2, og målinger gitt i Tabell 4-1. I avsnitt 4.3 er disse resultatene sammenlignet med numeriske analyser.

Tabell 4-1 gir resultater for modellnøter som er loddsatt og montert i testjiggen som forklart i kapittel 3.2 og 3.3. Tabellen oppgir målt avstand mellom lodd og toppen av nota (hovedtauet), både for hjørne- og sidetau. Den forteller også hvor høyt det laveste punktet på hjørne- og sidetau blir hevet, når man drar i tilhørende loddtau med en gitt konstant kraft (definert i kapittel 3.2 og 3.3).

Tabell 4-1: Resultater fra modellforsøkene.

	Dybde ved loddsatt tau [cm]		Hevedistanse [cm]	
	Hjørnetau	Sidetau	Hjørnetau	Sidetau
Not 1	-	76 / 69 ⁽¹⁾	-	39 / 50 ⁽¹⁾
Not 2	152 _(t) / 152 _(l)	155	47 _(t) / 62 _(l)	61
Not 3	80 / 110 ⁽²⁾	97 _(t) ⁽³⁾ / 97 _(l) ⁽³⁾	27 / 57 ⁽²⁾	43 _(t) ⁽³⁾ / 43 _(l) ⁽³⁾
Not 4	-	139 _(t)	-	57 _(t)
Not 5	-	-	-	-

⁽¹⁾ Trinse festet rett over loddet

⁽²⁾ Hjørne uten tau

⁽³⁾ Sidetau mellom hjørne med og uten tau

_(t) Notlinet i bunnen strekkes på tvers av knutene (Figur 3-10)

_(l) Notlinet i bunnen strekkes på langs av knutene (Figur 3-10)

Not 1 ble ikke hevet via hjørnet, da resultatene ikke er forventet å skille seg betydelig fra tilsvarende resultater for Not 2. Det samme gjelder for Not 4 som forventes å ha samme oppførsel som Not 3 ved heving via hjørne. Not 5 er verken testet for heving eller målt, men fasongen både med og uten hjørnetau er vurdert.

Belastninger i notlinet er av spesiell interesse i modellforsøkene, da det kan føre til svekkelser eller skader i nota. I verste fall kan dette føre til at nota revner slik at fisk kan rømme. I Referanse 1 er det gjennomført en grundig diskusjon rundt faktorer som kan gi store belastninger i notlinet. Dette kan være tung begroing, hurtig heving av not (stor vannmotstand) og rykk i nota ved heving. De fleste kan ikke simuleres for modellforsøkene i luft og belastningene i notlinet vil derfor generelt være små.

4.1 Vurdering av notmodellene

I avsnitt 3.1 er sammensetningen av notmodellene diskutert i detalj. Valget av notlin har i ettertid vist seg å ha en ugunstig påvirkning på fasongen til nota. Dette gjelder spesielt for modellene av de to ”standard” nøtene, dvs. Not 1 og Not2. Som vist Figur 4-1, vil den store stivheten på tvers av knutene føre til et skeivdrag i linet som ikke lar seg strekke ut. Tauene ser ut til å være sydd inn med slakk, noe som bidrar ytterligere til at linet får dominere fasongen til nota i og med at det meste av belastningene fra loddene går rett i linet. I ei fullskala not skal linet være sydd inn med noen få prosent slakke i forhold til tauene slik at man er sikker på at kreftene taes opp av tauene.

Ved nedlodding av nøtene vil kreftene gå i notlinet og man får ikke til å strekke ut skeivhetene i notlinet og nota.



Figur 4-1: Not 1. Sidetauene er ikke loddrette på grunn av knutene i linet. I tillegg ser tauene ut til å være slakke i forhold til notlinet.

I nøtene med skrå tau, har ikke notlinet en like ugunstig effekt. Effekten vises best på bunnen som får en rektangulær fasong (se Vedlegg 2, Figur 14). Også i disse nøtene ser noen av tauene ut til å være sydd inn med slakk i forhold til notlinet.

Not 3 har i tillegg noen ”feil” i taukonfigurasjonen. Nota har kun 3 hjørnetau og i det hjørnet som mangler tau, er det sydd inn et bunntau (Not 3 skal være uten bunntau). Dette er utnyttet som en mulighet til å gjøre en vurdering av not med skrå tau med og uten vertikale sidetau i hjørnene. Not 3 er vist i Figur 1 i Vedlegg 2, hvor hjørnet uten tau er midt på bildet (på grunn av en søm i notlinet kan det se ut som om det er et tau i dette hjørnet).

4.2 Diskusjon av resultatene

Bilder fra modellforsøkene er gjengitt i Vedlegg 2.

Not 1 har blitt hevet via sidetau uten forbindelse med krysstau med to forskjellige festepunkt for trinsa. Først ble trinsa festet ved innfestingen til sidetauet. Siden nota er skjev, går store deler av hevekrafta med til å dra nota i horisontal retning. Dette kan være en aktuell situasjon ved heving på lokaliteter med sterk strøm. I de numeriske analysene er nota påført en rent vertikal hevekraft. For å kunne sammenligne med de numeriske analysene, ble trinsa i tillegg festet rett over loddet slik at hevekrafta blir vertikal. Effekten av de to forskjellige løftepunktene er illustrert i Figur 10 i Vedlegg 2. Begge festepunktene for trinsa fører til belastninger i notlinet som kan bli kritiske for eksempel ved tung begroing og hurtig heving

Ved bruk av Not 2 har heving via loddtau som fortsetter som krysstau over bunnen blitt simulert (vist i Figur 7 i Vedlegg 2). Her er det tydelig at kreftene går i krysstauet uten å belaste notlinet. Hevedistansen blir større enn for Not 1. Årsaken til dette er at sidetauene i Not 2 er lengre slik at de nærliggende loddene vil trekke seg nærmere løftepunktet enn i Not 1. Et lodd som er festet i et sidetau kan betraktes som en pendel: Jo lengre tauet er, jo større bevegelse vil en gitt kraft gi pendelen (loddet i dette tilfellet).

På tross av slakke tau og notlin med skeivdrag, er fasongen til de to modellene av standard not relativt fin uten poser eller rynker i notlinet. Det er viktig å unngå poser og lommer i bunnen for det kan føre til at det samler seg opp død fisk som optimalt sett skulle ha sklidd naturlig ned i dødfiskhåven i senter av bunnen. Rynker i notlinet kan i verste fall føre til skader på fisken fordi den lettere kommer borti notveggen.

Not 1 tilfredsstillende den gamle notstandarden samt forslag til revisjon av not-delen i NS 9415. Den har to krysstau og ingen poser mot sidene av bunnen som begrenser funksjonen til dødfiskhåven. Not 2 har seks krysstau og tilfredsstillende NS 9415 slik den forelå 1. april i år. Det er en mulighet for at Not 2 kan få dannet poser ut mot sidene av bunnen mellom krysstauene. I Figur 5 i Vedlegg 2 kan vi ikke se at bunnen poser seg, men dette kan skyldes at tauene er sydd inn med slakk. Strammere tau vil antagelig bidra til poser i bunnen av Not 2.

Ved heving av Not 2 via tau i hjørnene, ser man at det er en markant forskjell i hvor høyt man får hevet et hjørne med ei gitt kraft avhengig av orienteringa på notlinet. I hjørner der notlinet tøyes på tvers av knutene blir det belastninger i notlinet, mens ved tøyning på langs av knutene går kreftene i bunntauet. Dette er vist i Figur 6 i Vedlegg 2. I fullskala vil man ikke få en så stor effekt av knutene, og belastningene i notlinet blir mindre og behøver ikke å føre til svekkelser av nota.

Som nevnt tidligere i dette kapittelet, har Not 3 et hjørne uten sidetau. Tabell 4-1 viser at dette hjørnet ligger 30 cm lavere enn et hjørne med tau. Når man sammenligner heving av disse to hjørnene, ser man at hjørnet uten tau heves 30 cm lengre enn det med. Dermed vil lik hevekraft heve hjørnene til samme vertikale nivå, uavhengig om det er sidetau i hjørnet eller ikke.

Ved heving av Not 3 via sidetauene, ser ikke orienteringen til notlinet ut til å ha noen påvirkning på hevedistansen ved den benyttede hevekrafta. Likevel viser Figur 4 i Vedlegg 2 at det blir belastninger i notlinet i bunnen når notlinet deformeres på tvers av knutene (indikert med rød pil). Dersom dette er et problem i praksis, kan man forbedre konstruksjonen ved at bunnen sys av fire paneler med forskjellig orientering slik at man alltid vil få tøyning på langs av knutene i bunnen ved heving av nota.

I Not 3, Not 4 og Not 5 oppstår det markante lommer i områdene rundt hjørnene. Man ønsker å unngå slike lommer fordi det kan samle seg død fisk i lommene. Ideelt sett skal død fisk skli naturlig ned i dødfisk-håven. Effekten av bunntau på not med skrå tau lar seg ikke vurdere ut fra disse forsøkene. Dette skyldes at det er en stram søm der bunntauet ville ha vært i Not 4 som i flere tilfeller fungerer som et tau.

Ved heving av Not 4 får man en større hevedistans enn for Not 3. Årsaken til dette er at sidetauene i Not 4 er lengre slik at de nærliggende loddene vil trekke seg nærmere løftepunktet enn i Not 3. Argumentasjonen er den samme som for Not 2 ovenfor.

Det har verken blitt gjennomført målinger eller simulering av heveoperasjon på Not 5. Imidlertid har det blitt sett på hva som skjer dersom sidetauene i hjørnene av nota fjernes. I Figur 11 (Not 4) og Figur 13 i Vedlegg 2 ser man tydelig at de vertikale sidetauene i hjørnene fører til bukter i linet. Figur 14 viser nota etter at disse sidetauene er fjernet. Nota har nå blitt dypere og smalere.

Tverrsnittsarealet krymper gradvis over dybden og arealet nederst i nota måler 80 x 120, en reduksjon på ca 60 % i forhold til overflata. Den rektangulære tverrsnitt-fasongen skyldes knutene, og som nevnt tidligere vil fasongen bli mer kvadratisk i virkeligheten fordi knutene ikke har så stor effekt. I sidene får linet får en betydelig tøyning diagonalt og det blir store poser i bunnen.

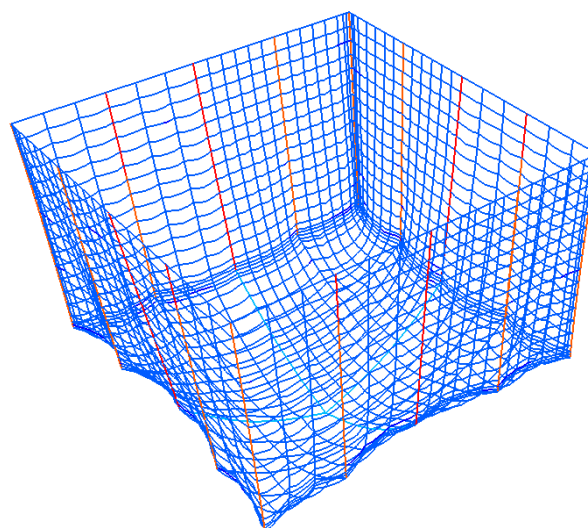
Not 3, Not 4 og Not 5 kan kanskje fungere bedre dersom man benytter et annet utspilingssystem for nøtene. Siden not med skrå tau har en tendens til å bli smalere jo dypere den er, kan man tenke seg at et utspilingssystem som strekker nota horisontalt kan være gunstig. Dette kan være et system hvor notbunnen er festet til forankringssystemet, eller man kan benytte bunnring. Flere aktuelle løsninger er beskrevet i Referanse 2.

Not 5 uten sidetau blir veldig fleksibel, og det er lite trolig at denne vil fungere i praksis, selv med et utspilingssystem som bevarer tverrsnittsarealet i bunnen.

4.3 Sammenligning med numeriske analyser

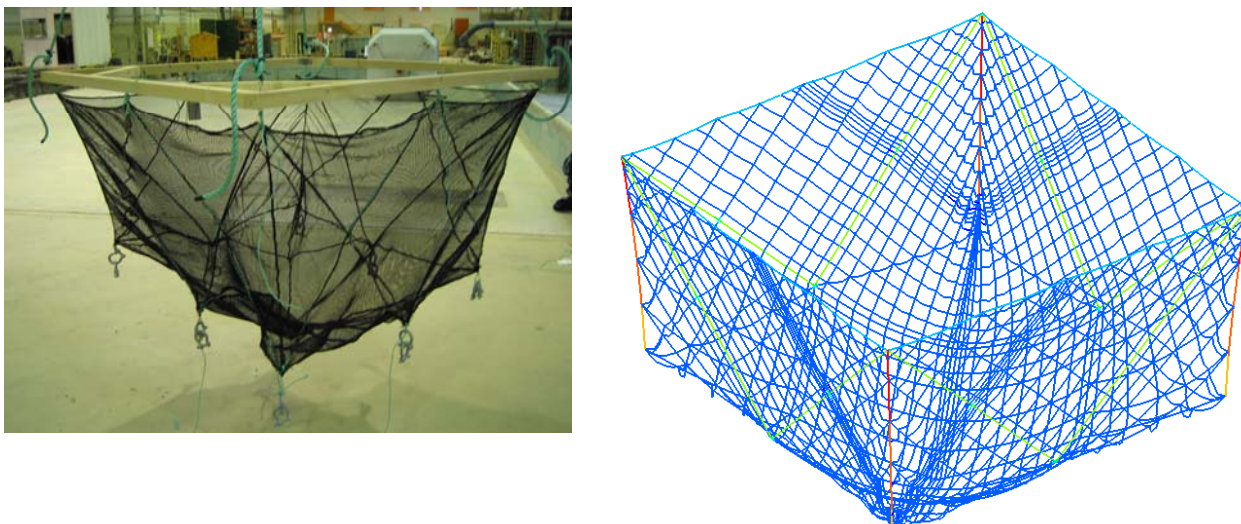
På grunn av forskjeller i materialegenskaper og belastninger, er ikke resultatene fra de numeriske analysene og modellforsøkene direkte sammenlignbare. Derimot kan man vurdere om de to modellene viser lik oppførsel og egenskaper for nota. Dette avsnittet vil gi noen konkrete eksempler på sammenligning av numeriske analyser og modellforsøk. Konklusjonen er at resultatene fra de numeriske analysene og modellforsøkene er sammenfallende.

Figur 4-2 sammenligner resultater for loddsatt standard not. Den numeriske analysen tar ikke hensyn til skeivheten i linet som knutene gir, og loddtauene er derfor loddrette. Ellers er fasongen relativt lik. Den numeriske modellen har en dybde på 15 meter, mens den fysiske modellen har en dybde på 12 meter.



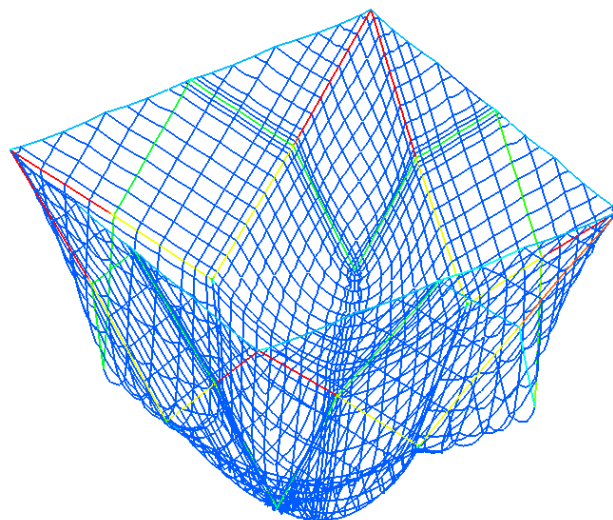
Figur 4-2: Standard not loddsatt i stille vann.

Figur 4-3 sammenligner resultater for loddsatt not med skrå tau. Begge modellene viser at det blir slakk i linet ved hjørnene av nota. Både i den fysiske og den numeriske modellen vises dette ved at linet bukker seg langs hjørnetauet, og at det dannes lommer i bunnen ved hjørnene. Slike lommer kan føre til oppsamling av død fisk som ideelt sett skal skli ned i dødfisk-håven. Den fysiske modellen mangler vertikalt sidetau i hjørnet midt på bildet, slik at loddet i dette hjørnet henger dypere.



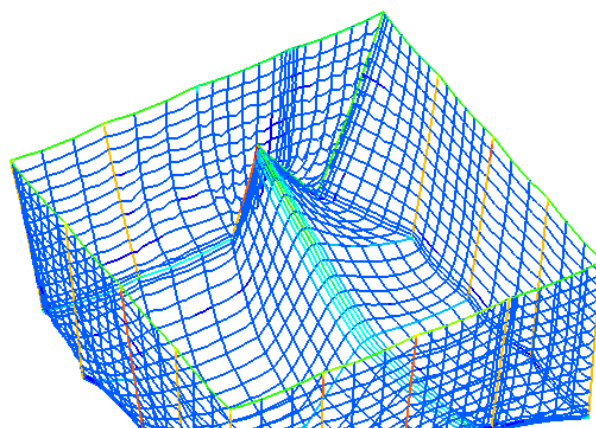
Figur 4-3: Not med skrå tau loddsatt i stille vann.

Figur 4-4 sammenligner resultater for loddsatt not med skrå tau uten hjørne- og bunntau. Både den numeriske analysen og den fysiske modellen viser at vi får mer slakk i notlinet og store deformasjoner av nota når de vertikale tauene i hjørnene fjernes. Den numeriske modellen viser at det trekantede området mellom to hjørner og loddet på midten av siden, holder fasongen godt. Det samme kan vi observere i øverste delen av modellnota og i Figur 4-3 og Figur 4-4. Uten sidetau i hjørnene fungerer nok denne nota bedre når dybden er lik halve bredden (slik som i den numeriske modellen). Når nota er lengre (slik som den fysiske modellen) blir nota dyp og smal, og bunnen blir svært posete. Den dype nota kommer nok ikke til å fungere i praksis.



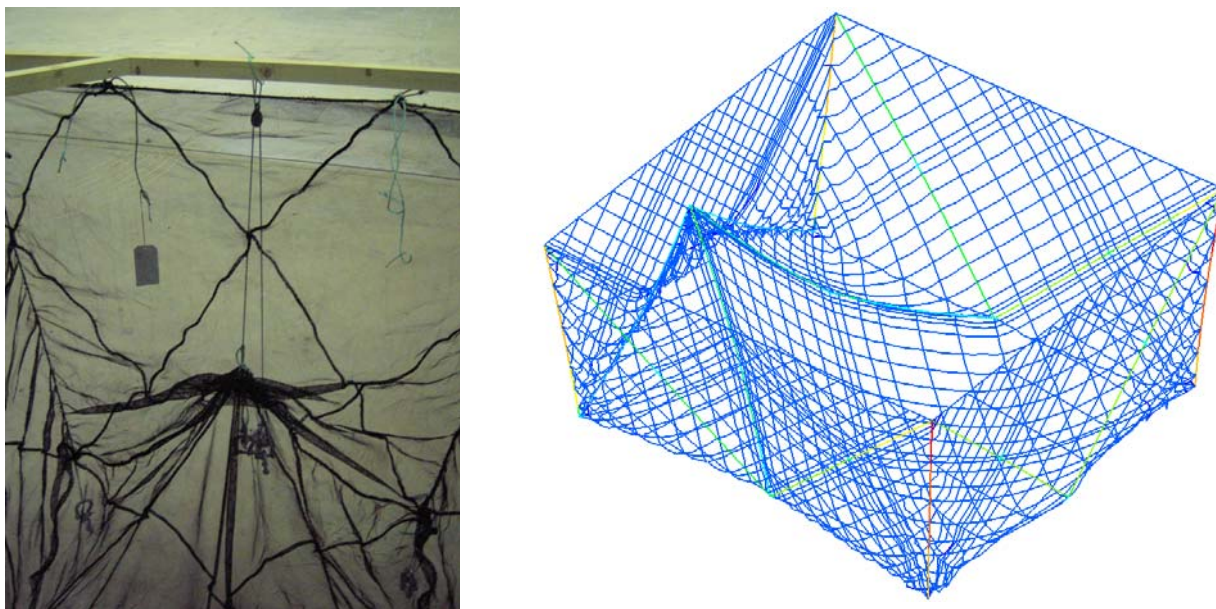
Figur 4-4: Not med skrå tau uten sidetau i hjørnene, loddsett i stille vann. Modellnota tilsvarer 24 meter dyp not mens den numeriske modellen er av ei 12 meter dyp not.

Figur 4-5 sammenligner resultater fra heving av standard not via loddttau uten forbindelse med krysstau i bunnen. Selv om belastningene på den fysiske og den numeriske modellen ikke er like, kan man likevel sammenligne oppførselen til de to modellene. Den numeriske analysen avdekker strekk-krefter i notlinet i bunnen og viser at man får en skjærdeformasjon av maskene (de får "ruter"-fasong) i området fra løftepunktet til senterloddet. Både strekk-kreftene og deformasjonen av notlinet finner vi igjen i den fysiske modellen. Begge modellene viser også at sidene av nota i området rundt løftepunktet går i slakk. Det er også tydelig at når man løfter en så stor distanse på en gang, vil man dra på de nærliggende loddene.



Figur 4-5: Heving av standard not via loddttau uten forbindelse med krysstau.

Figur 4-6 sammenligner heving av not med skrå tau. Forskjellen i dybde på de to modellene skal ikke ha noen stor betydning for sammenligningen. Begge modellene avdekker mye slakk i hjørnene av nota. Men mens den fysiske modellen avdekker strekk-krefter i notlinet, viser den numeriske modellen at alle belastningene tas opp i tauene. I den fysiske modellen er det tydelig at tauene er sydd inn med slakk. I bunnen får vi tøyning på tvers av knutene. Kombinasjon av slakke tau og relativt stor stivhet i linet på tvers av knutene, fører til at kreftene går i notlinet.



Figur 4-6: Heving av not med skrå tau via loddttau. Den fysiske modellen tilsvarer ei 18 meter dyp fullskala not, mens den numeriske modellen er av ei 12 meter dyp not. Begge modellene har bunntau.

5 Konklusjon

Til tross for at modellene ikke fungerer perfekt, er det tydelig at standard not har en mer gunstig loddsatt fasong enn not med skrå tau. Standard not har ingen rynker i notlinet, men det kan oppstå poser i bunnen ved bruk av flere enn to krysstau.

I Not 1 med to krysstau (standard krysstaukonfigurasjon før NS 9415), er det muligheter for å få store belastninger og svekkelser i notlinet ved heving. Dette gjelder spesielt ved heving via tau som ikke har forbindelse med krysstau i bunnen. For Not 2 med seks krysstau (som tilfredsstillende NS 9415) er ikke dette aktuelt, da alle sidetauene fortsetter som krysstau over bunnen. I et forslag til revisjon av not-delen i NS 9415 er kravene til antall krysstau redusert til to igjen, men det er ikke tillatt å heve nota via tau som ikke har forbindelse med krysstau i bunnen.

I tillegg viser modellforsøkene at man kan få belastninger i notlinet ved heving av standard not via hjørnet. Dette gjelder spesielt der man får tøyninger på tvers av knutene i notlinet i bunnen.

Not med skrå tau viser seg å bli rynkete og posete. Fordelen med denne nota er derimot at det ikke finnes loddtau som ikke har forbindelse med krysstau i bunnen, og de største mulighetene for overbelastning og skader på notlinet er dermed eliminert. Ved heving av nota via sidene, kan man også få belastninger i notlinet når man får tøyninger på tvers av knutene i bunnen. Dette problemet kan derimot løses ved å sy bunnen av fire trekantede notlinpaneler, slik at notlinet alltid er orientert slik at man får tøyning på langs av knutene ved heving.

Not med skrå tau ser ut til å fungere best når dybden er lik halve bredden til nota. Ved dypere nøter får man store poser i hjørnene i bunnen, og det er lite trolig at disse nøtene vil fungere i praksis.

Resultatene fra de numeriske analysene og modellforsøkene er sammenfallende.

6 Referanser

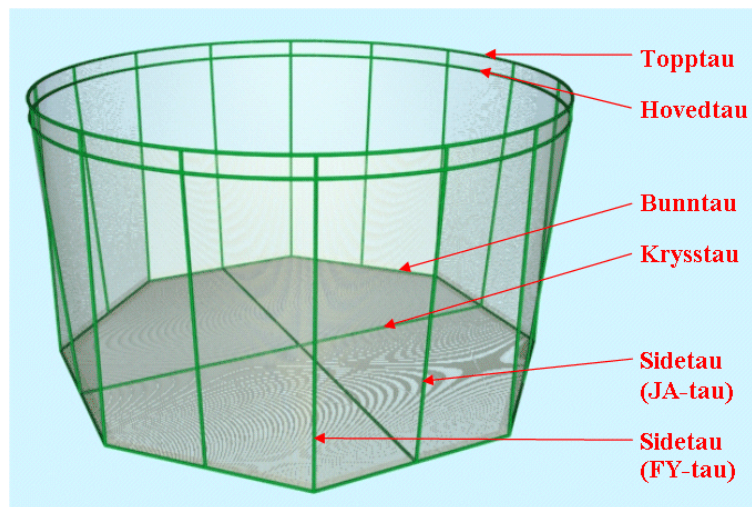
Referanse 1 Heidi Moe og Mats Augdal Heide, SINTEF Fiskeri og Havbruk. *Riving og deformasjon av not, nye rømmingssikre merdkonsept*. 2004.

Referanse 2 Mats Augdal Heide og Heidi Moe, SINTEF Fiskeri og Havbruk. *Alternative notkonsepter, nye rømmingssikre merdkonsept*. 2004.

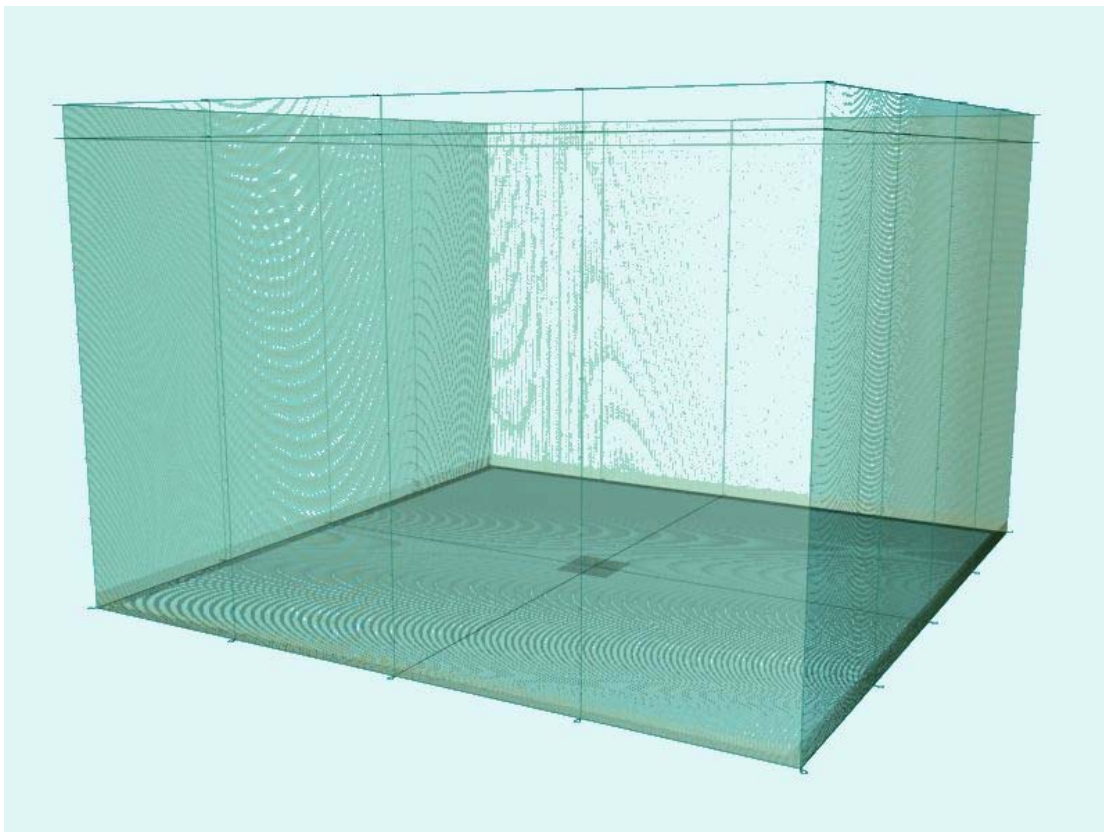
7 Vedlegg

Vedlegg 1 Definisjon av standard not

Vedlegg 2 Bilder fra modellforsøk

Vedlegg 1: Definisjon av standard not (våren 2003).

Figur 1: Ei not er bygd opp av et skjelett av tau.

Mørenot har definert en standard firkantet not som skal benyttes som grunnlag for design og styrkebergninger av nøter. Denne er illustrert i Figur 2 og beskrevet i dette vedlegget.


Figur 2: Tredimensjonal illustrasjon av standard firkantnot.

Hoveddimensjoner

Bredde = 24 meter

Dybde = 15 meter

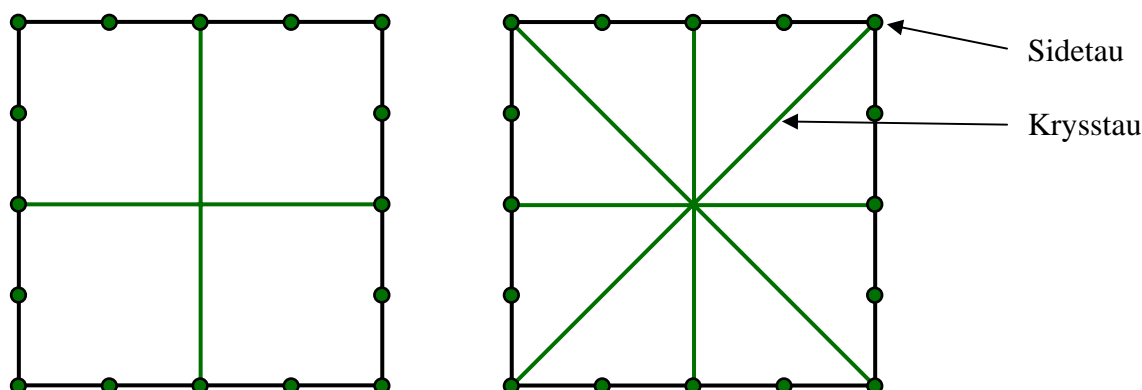
Høyde av hoppenett = 1 meter

Tau

Alle tauene i nota av type 16 mm Danline med bruddstyrke på 4500 kg.

Nota har topptau, hovedtau, bunntau, 16 sidetau og to krysstau som går på tvers over bunnen fra midt på side til midt på motsatt side (vist i Figur 2 og Figur 3).

Nota er sydd med 1.8 mm flettet nylon



Figur 3: Skisse av bunn til typisk firkantnot. Figur til venstre viser bunnen slik den ble definert av Mørenot våren 2003, mens figuren til høyre viser hvordan bunnen kan utformes for å tilfredsstill NS 9415 (pr 01.04.2004).

Notlin

Notlinet er flaggorientert. Det er benyttet knuteløs notlin nr 32 uk R –25.5 mm halvmaskevidde med en bruddstyrke på 118 kg. Notlinet er sydd med nylontråd nummer 36 som har en brukkstyrke på 136 kg og en tykkelse på ca 2,0 mm.

Sammenføring

Alt notlin og tauverk er sydd med maskin.

Innfesting til flytekrage

16 tauløkker som er festet i kryssningen mellom hovedtau og sidetau knyttes fast til merden med tau.

Forsterkninger

Dobbelt notlin er benyttet i overgangen mellom side og bunn, 0.5 m opp på sider og 0.5 m inn på bunn. 2x2 m midt på bunnen er også forsterket med dobbelt notlin.

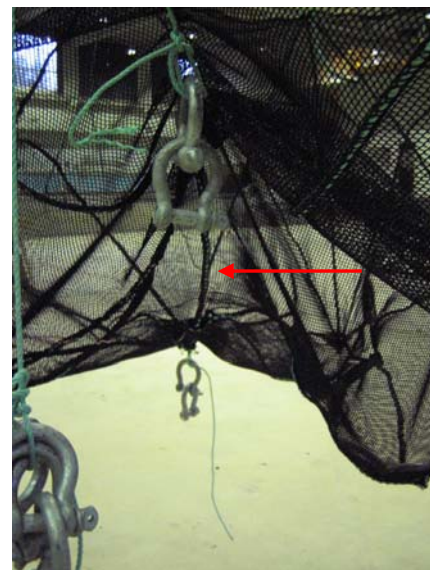
Loddsetting

16 lodd på maksimum 100 kg per stykk er montert i tauløkker på bunnen av hvert stavtau. Loddene er festet i et opphalertau som er tredd gjennom sju ringer som er festet i sidetauet.

Vedlegg 2: Bilder fra modellforsøk



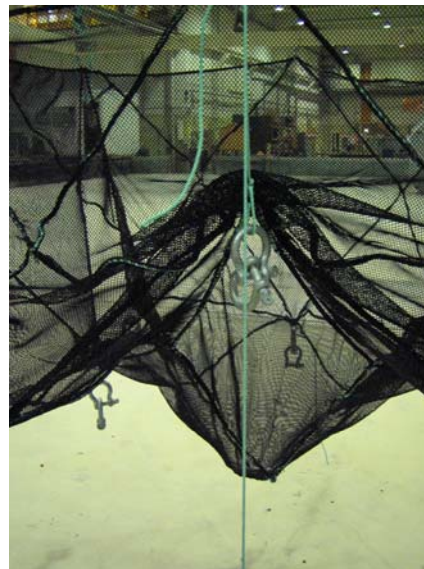
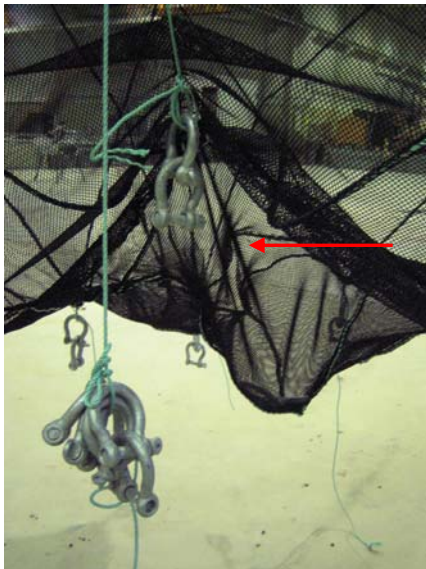
Figur 1: Not 3. Loddsatt not. Hjørnet midt på bildet er uten sidetau (på grunn av en søm i notlinet kan det se ut som om det er et tau i dette hjørnet).



Figur 2: Not 3. Heving av hjørne. Strekkes tas opp i krysstau (venstre bilde).



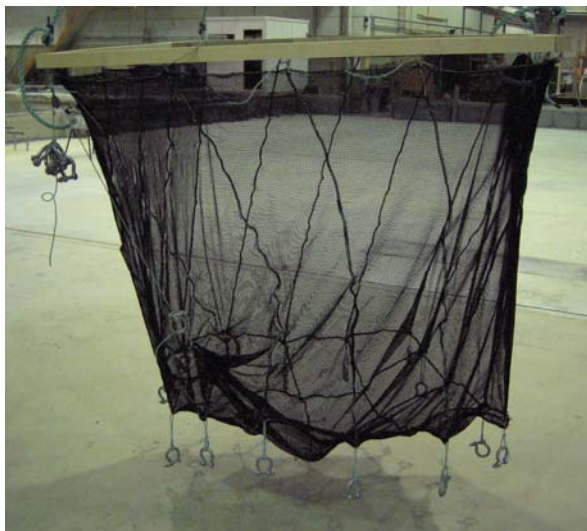
Figur 3: Not 3. Heving av side.



Figur 4: Not 3. Venstre: Heving av side fører til tøyning på tvers av knutene og strekk i linet. Høyre: Heving av side fører til tøyning på langs av knutene uten at det blir strekk i linet.



Figur 5: Not 2. Loddsatt not.



Figur 6: Not 2. Heving av hjørne. Ved store belastninger kan man få strekk i linet, spesielt når man får tøyning på tvers av knutene.



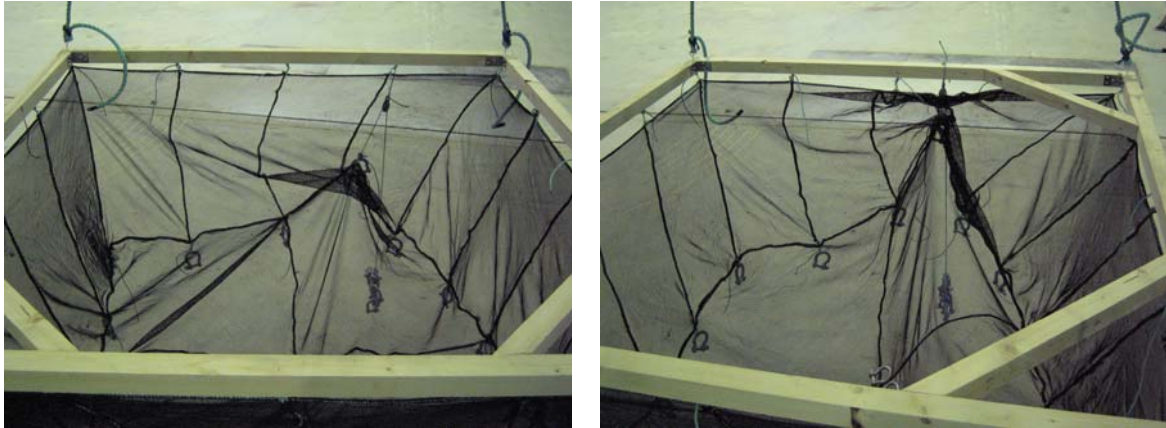
Figur 7: Not 2. Heving av side. Kreftene går i krysstau.



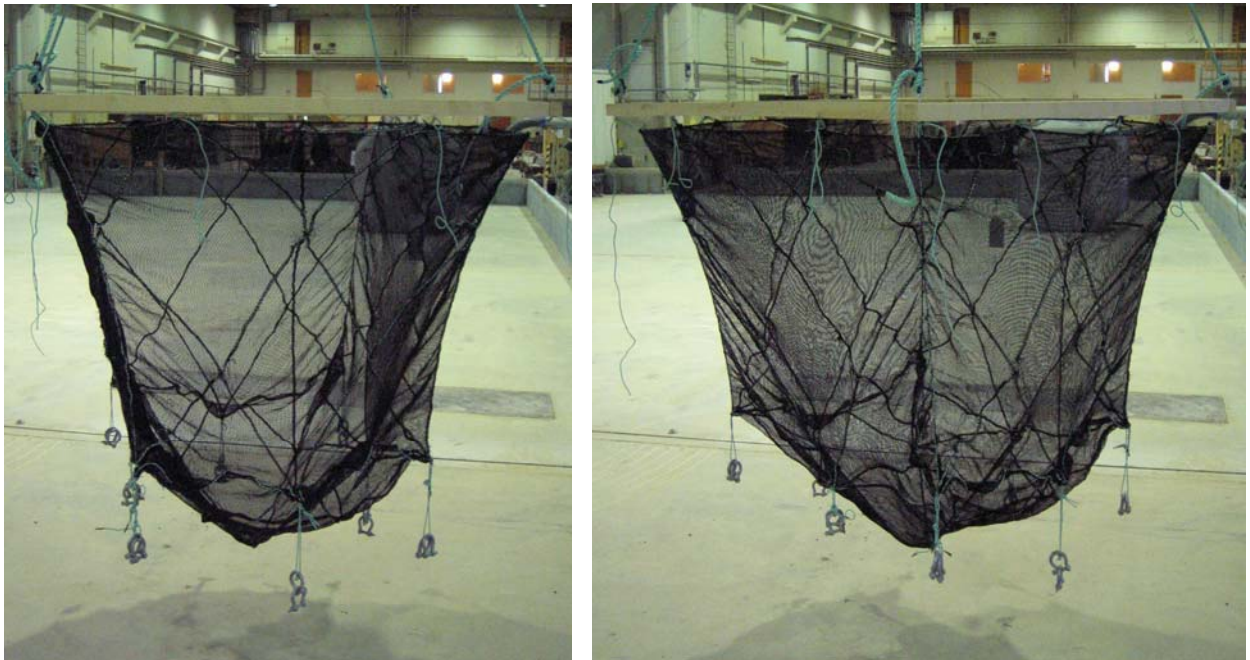
Figur 8: Not 1. Loddsatt not.



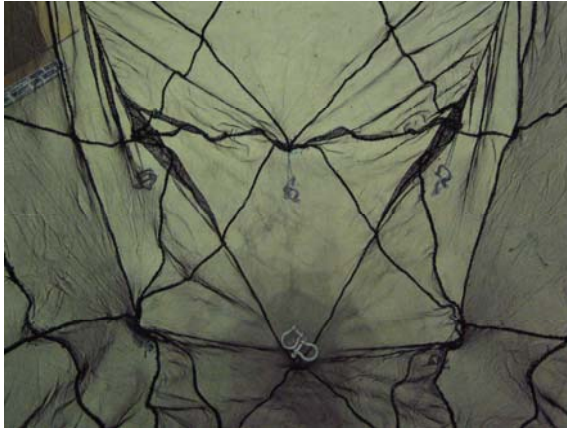
Figur 9: Not 1. Heving av side. Sidetau som ikke fortsetter som krysstau over bunnen.



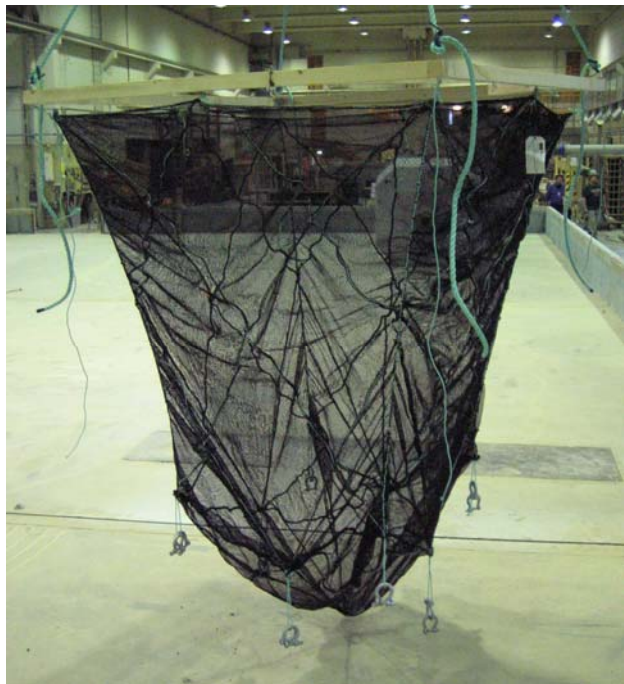
Figur 10: Not 1. Heving via sidetau som ikke fortsetter som krysstau over bunnen. Venstre: Trinse festet ved innfesting av sidetau. Høyre: Trinse festet rett over lodd (vertikalt).



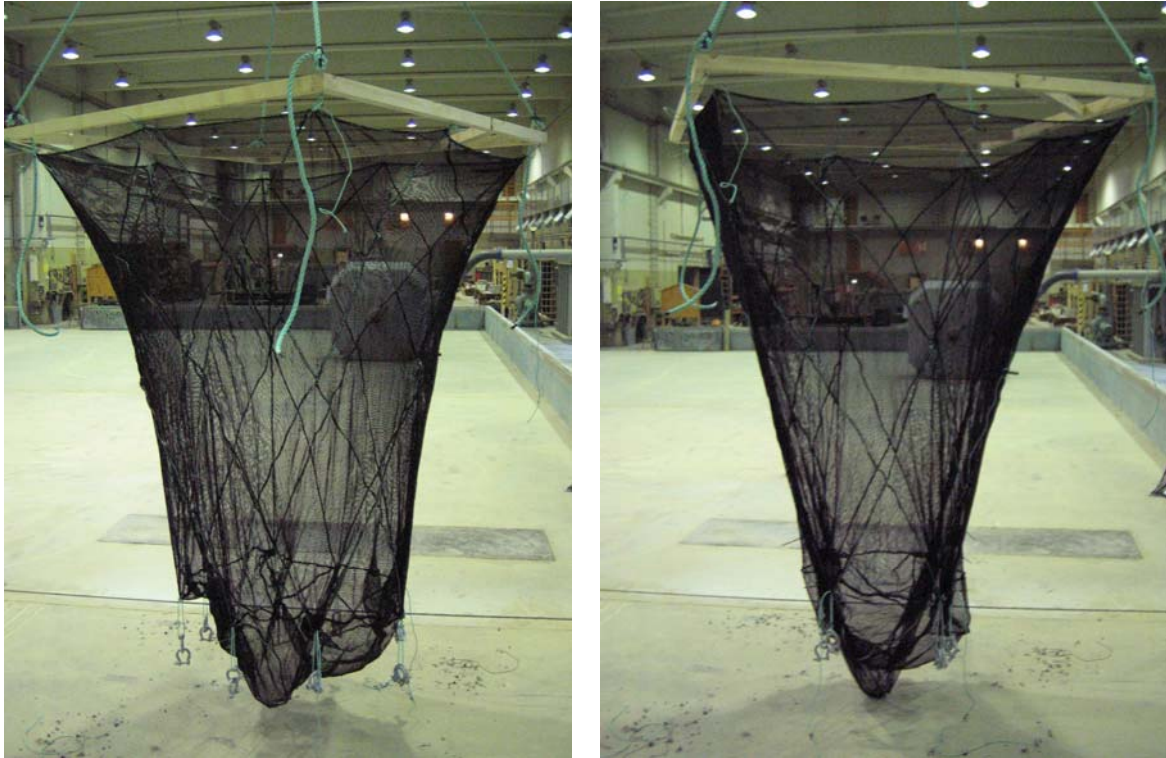
Figur 11: Not 4. Loddsatt not.



Figur 12: Not 4. Venstre: Poser i bunnen. Høyre: Heving via sidetau.



Figur 13: Not 5. Loddsatt not.



Figur 14: Not 5 uten sidetau i hjørnene. Venstre: Sidetauene er fjernet. Høyre: Notlinfelt i bunnen er stripset sammen i et forsøk på å unngå poser.



Figur 15: Not 5 uten sidetau i hjørnene. Notlinet og nota deformeres kraftig. Et notlinfelt, som i utgangspunktet er kvadratisk, får en markant avlang fasong.