

A22832 - Åpen

# Rapport

## Effekter og konsekvenser av krav om doble nøter for torsk oppdrett i Norge

### Forfattere

Kristian Henriksen  
Østen Jensen  
Erik Høy



Foto: Heidi Moe Førre

# Rapport

## Effekter og konsekvenser av krav om doble nøter for torskeoppdrett i Norge

EMNEORD:  
Havbruksteknologi  
Not  
Rømmingshindring**VERSJON**

1.0

**DATO**

2012-03-30

**FORFATTERE**Kristian Henriksen  
Østen Jensen  
Erik Høy**OPPDRAKSGIVER**

Fiskeridirektoratet

**OPPDRAKSGIVERS REF.**

11/9566

**PROSJEKTNR**

860232

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

17+ vedlegg

**SAMMENDRAG**

Rapporten er utformet basert på gjennomgang av eksisterende åpen og tilgjengelig litteratur på temaet doble nøter, samt telefonintervjuer med interessenter. Hovedkonklusjonen er at dobbel not av standard multifilament nylontråd ikke vil utgjøre en varig løsning for å hindre rømming av torsk. De to nøtene vil være like utsatte for napping/gnag fra torsk og være like utsatt for gnag/brudd ved blant annet uvær, risikofylte operasjoner og manipulasjon av nøtene. Økt kompleksitet og økt antall operasjoner kan derimot potensielt øke antallet rømmingshendelser. For torskeoppdrett er det mer sannsynlig at nye notmaterialer av kraftigere monofilament eller annen type "tråd" vil være langt mer effektivt som tiltak for å hindre rømming. Selv om dobbel not av multifilament ikke kan forventes å eliminere rømming, må det påpekes at dobbel not innebærer en ekstra sikring mot rømming av fisk. Dobbelt not vil kunne fungere som en indikator på hull i den innerste noten, i form av at en vil observere fisk mellom posene og dermed har en mulighet til å iverksette nødvendige tiltak for å forhindre videre rømming av fisk. Før et eventuelt krav om dobbel not iverksettes for torskeoppdrett, må det utredes ytterligere om dobbel not har negativ effekt på miljøet inne i oppdrettsenheten. Dette da det per dags dato er gjort svært lite, om noen, forskning på området. Slik utredning er særskilt viktig for andre arter enn torsk, da blant annet laks og regnbueørret opprettes ved mer strømutsatte lokaliteter og med langt høyere biologisk tetthet.

**UTARBEIDET AV**

Kristian Henriksen

**SIGNATUR****KONTROLLERT AV**

Arne Fredheim

**SIGNATUR****GODKJENT AV**

Østen Jensen

**SIGNATUR****RAPPORTNR**

A22832

**ISBN**

978-82-14-05436-1

**GRADERING**

Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**

Åpen

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>3</b>
	2.1 Bakgrunn og målsetning.....	3
	2.2 Metode.....	3
<b>3</b>	<b>Om doble nøter</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Kunnskapsstatus vedrørende doble nøter</b> .....	<b>4</b>
	4.1 Krefter på og vanningjennomstrømning gjennom notpanel.....	5
	4.2 Modellforsøk på doble nøter.....	5
<b>5</b>	<b>Leverandører av doble nøter</b> .....	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Bruk av doble nøter</b> .....	<b>8</b>
	6.1 Formelle krav.....	9
	6.2 Tekniske løsninger i bruk.....	9
	6.3 Driftsmessige erfaringer.....	10
	6.4 Felles utfordringer ved bruk av dobbel not.....	10
	6.4.1 Kvalitet på nøtene.....	10
	6.4.2 Behov for dykkerinspeksjon både innvendig og utvendig av noten.....	11
	6.4.3 Kontroll med fisk mellom nøtene.....	11
	6.4.4 Dødfisk i den ytterste noten.....	12
	6.4.5 Hyppigere vask av not i sjø.....	13
	6.5 Spesielle tilpasninger.....	13
	6.5.1 Tilvekst.....	13
	6.5.2 Adferd og trivsel.....	13
	6.5.3 Miljøbetingelser.....	13
	6.6 Andre hensyn/tilpasninger.....	14
<b>7</b>	<b>Økonomiske betraktninger</b> .....	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>Helhetlig vurdering av doble nøter</b> .....	<b>16</b>
<b>9</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>17</b>

## 1 Sammendrag

Rapporten er utformet basert på gjennomgang av eksisterende åpen og tilgjengelig litteratur på temaet doble nøter, samt telefonintervjuer med interessenter. En litteraturgjennomgang viste at det er lite dokumentert utvikling, forsøk og forskning som er gjort på doble nøter. Noe informasjon finnes på krefter og deformasjon, men når det gjelder vannkvalitet og fiskevelferd ble det ikke funnet noe åpen tilgjengelig litteratur. Det ble utført fire intervjuer med utstysleverandører og tre intervjuer med oppdrettere.

Som hovedkonklusjon ønsker vi å fremheve at dobbel not av standard multifilament nylontråd ikke vil utgjøre en varig løsning for å hindre rømming av torsk. De to nøtene vil være like utsatte for napping/gnag fra torsk og være like utsatt for gnag/brudd ved blant annet uvær, risikofylte operasjoner og manipulasjon av nøtene. Dermed vil tiltaket ikke eliminere bakgrunnen for rømming og ikke kunne oppfylle nullvisjonen i henhold til rømming. Økt kompleksitet i systemet og ved operasjoner med den doble nota, vil derimot kunne øke antallet rømmingshendelser dersom dette skulle innføres som krav. For torskeoppdrett er det mer sannsynlig at nye notmaterialer av kraftigere monofilament eller annen type "tråd" vil være langt mer effektivt som tiltak for å hindre rømming.

Selv om dobbel not av multifilament ikke er med på å eliminere bakgrunnen for rømming, må det påpekes at dobbel not innebærer en ekstra sikring mot rømming av fisk, dersom det skulle oppstå et hull i den innerste noten. Dobbelt not vil da kunne fungere som en indikator på hull i den innerste noten, i form av at en vil observere fisk mellom posene og dermed har en muligheten til å iverksette nødvendige tiltak for å forhindre videre rømming av fisk.

Før et eventuelt krav om dobbel not iverksettes for torskeoppdrett må det utredes ytterligere om dobbel not har skadelig effekt på tilknyttet utstyr som flytekrage og fortøyninger, men også dobbel not sin påvirkning på miljøet inne i oppdrettsenheten. Dette da det per dags dato er gjort svært lite forskning på området. Slik utredning er særskilt viktig for andre arter enn torsk, da blant annet laks og regnbueørret ofte oppdrettes ved mer strømutsatte lokaliteter og med langt høyere biologisk tetthet.

## 2 Innledning

### 2.1 Bakgrunn og målsetning

I regjeringens strategi for et *Bærekraftig fremtidsrettet torskeoppdrett*, lansert 12.02.09, fremgår det at regjeringen vil foreslå ytterligere krav til kontroll av nøter. Videre foreslås det at krav til bruk av doble nøter kan være et hensiktsmessig tiltak, men at dette også medfører visse utfordringer. Fiskeridirektoratet ønsket nå å få gjennomført en utredning om effekter og konsekvenser av å stille krav om doble nøter. Bruk av doble nøter er lansert som et mulig tiltak for å hindre rømming, ikke bare for torsk, men også for laks og regnbueørret.

Målsetningen for den følgende rapporten er å gi Fiskeridirektoratet en oversikt over erfarings- og forskningsstatus for utvikling og bruk av doble nøter i forbindelse med oppdrett av torsk i Norge.

### 2.2 Metode

SINTEF har innhentet informasjon fra oppdrettere og utstysleverandører, offentlig tilgjengelig informasjon (inkl. rapporter om temaet, standarder og manualer) og øvrige tilgjengelige forskningsdata. Det har vært brukt dybdeintervju som metode for innhenting av informasjon fra oppdrettere og utstysleverandører.

For å sikre en likebehandling av intervjuobjektene og likt fokus på problemstillingene, ble det utviklet en standardisert intervjuguide i forkant av intervjurunden. På denne måten ble det også sørget for størst mulig grad av sammenlignbarhet i intervjuinformasjonen. SINTEF gjennomførte først ett intervju med en

oppdretter, før det ble tatt stilling til relevans for den utviklede guiden og gjennomført justeringer for de videre intervjuene. Det var kun mindre justeringer som var nødvendig og den samme intervjuguiden ble benyttet for de resterende intervjuene. Alt datamaterialet kunne deretter organiseres og analyseres samlet for videre bearbeiding til rapportform. Det ble gjennomført syv dybdeintervjuer, per telefon, av oppdrettere og utstyrslleverandører.

Da det er få gjenstående torskeoppdrettere igjen i Norge og det totalt sett er få oppdrettere som har benyttet doble nøter i utstrakt grad, ble det også inkludert et intervju av en oppdretter fra Færøyene.

Det ble også vurdert å intervju en lakseoppdretter fra Chile, ettersom enkelte der har erfaring med bruk av doble nøter. Innledende undersøkelser avdekket derimot at disse kun har erfaring med bruk av doble nøter, som vern mot predatorer, herunder arter som sel og sjøløver. Denne typen ekstra not er av en annen utforming og art, enn det som er nødvendig for dobbelt sikring mot torskerømming. Det ble derfor ikke sett på som hensiktsmessig å bruke tid på å innhente erfaring fra slik bruk.

Fordeling av intervju:

- Ustyrslleverandører: Fire dybdeintervju per telefon
- Oppdrettere som har benyttet doble nøter: Tre dybdeintervju per telefon

I tillegg til intervjuene er det gjennomført et litteratursøk og undersøkelser for å organisere en oversikt over tidligere utførte forsøk vedrørende bruk av doble nøter. Det er funnet lite informasjon om vitenskapelige forsøk eller andre former for dokumenterte studier av effekten ved bruk av doble nøter. Den bruk som har vært av dobbel not, er gjennomført som del av en standard kommersiell produksjon ved konvensjonelle oppdrettsanlegg. Erfaringer og resultater er ikke vitenskapelig dokumentert.

Basert på den ovenstående informasjonsinnhenting, samt kompetanse og erfaring hentet internt ved SINTEF Fiskeri og havbruk, er det gjort vurderinger knyttet til tekniske og operasjonelle problemstillinger ved bruk av dobbel not. Det er også gjort kostnadsoverslag/-betraktninger for hva et eventuelt krav om dobbel not vil innebære for oppdretter. Vurderingene knyttet til tekniske og operasjonelle hensyn har i hovedsak fokusert på effekten et eventuelt krav vil ha som et rømmingshindrende tiltak. Som grunnlag for kostnadsoverslagene/-betraktningene og med hensyn til rømmingsrisiko, så er det gjort betraktninger vedrørende ekstra arbeidsmengde og nødvendig endring av rutiner og operasjoner ved bruk av doble nøter.

### 3 Om doble nøter

I forbindelse med denne utredningen har doble nøter vært definert som tekniske løsninger hvor det anvendes to komplette, individuelle nøter der den ene noten er plassert inne i den andre. Andre mulige tilnærminger som bruk av dobbelt notlin over deler av en konvensjonell not, er ikke vurdert som dobbel not. Det samme gjelder forsøk der hele stålanlegg har vært omkranset av en ekstra not. Denne typen tiltak anses ikke å være funksjonelle med hensyn til å være en effektiv, dobbel sikring av mot rømming av fisk. En har også sett bort fra bruk av bruk av doble nøter hvor den ytterste noten er utformet for å motstå angrep fra predatorer, som eksempelvis sel. Slike nøter har en helt annen utforming, funksjon og intensjon, enn det som vil være hensikten med dobbel not som tiltak mot rømming av torsk. Predatornett er som regel utformet på samme måte som en trålpose, med grovt notlin og store maskevidder.

### 4 Kunnskapsstatus vedrørende doble nøter

Basert på litteratursøk innenfor publiserte artikler og bøker innen temaet samt kontakt med relevante forskningsmiljø, må det konkluderes med at det finnes minimalt med åpen tilgjengelig informasjon om eventuelle forsknings- og utviklingsaktiviteter vedrørende dobbel not. Ingen informasjon var tilgjengelig angående biologiske og velferdsmessige aspekter. Noe informasjon om krefter på doble nøter finnes fra modellforsøk. Det finnes mye informasjon om krefter på notpanel med forskjellig soliditet, samt at det finnes noe informasjon om reduksjon av strømhastighet bak notpanel. Denne informasjon kan potensielt gi en

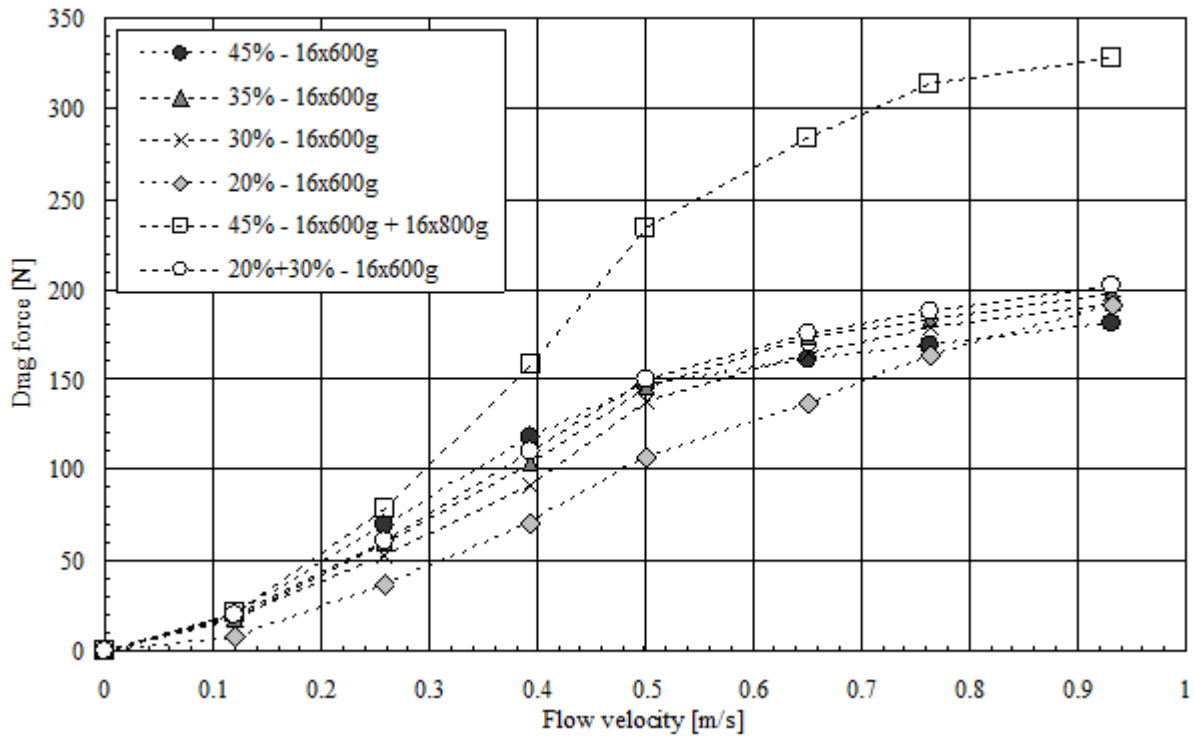
indikasjon på hvilken reduksjon i vannutskiftning som kan forventes i forbindelse med bruk av doble nøter. Hvilken effekt det vil ha på oksygennivå og fiskevelferd er meget usikkert, da dette avhenger i stor grad av blant annet fisketetthet, temperatur og nominell strømhastighet.

#### 4.1 Krefter på og vænngjennomstrømning gjennom notpanel

Løland (1991) og Aarsnes et al. (1990) så blant annet på krefter på notpanel og satte opp analytiske uttrykk for sammenhengen mellom et notpanels soliditet og kreftene som virker på notpanelet. Tilsvarende ble sammenhengen mellom hastighetsreduksjon bak notpanel og soliditet dokumentert. Det finnes mengder annen litteratur på dette temaet, men alt er begrenset til enkle nøter og omtales av den grunn ikke her. Formlene til Løland og Aarsnes er sammen med Morrisons ligning ([http://en.wikipedia.org/wiki/Morison\\_equation](http://en.wikipedia.org/wiki/Morison_equation)) de mest brukte metodikkene for å beregne krefter på nøter. Hvorvidt informasjonen om krefter og reduksjon av strømhastighet, som en funksjon av soliditet, kan kombineres for å beregne krefter på doble nøter er usikkert, og bør eventuelt dokumenteres gjennom nye modellforsøk. Faktorer som avstand mellom de to notpanelene vil ha innflytelse på resultatene da strømningsbildet som treffer not nummer to, vil være avhengig av avstand frem til not nummer en. Gansel et al. (upubliserte data) gjorde modellforsøk hvor notpanel ble lagt dobbelt for å øke soliditeten. Avstanden mellom notpanelene ble forsøk holdt så liten som mulig. Foreløpige resultater tyder på at den effektive soliditeten ikke er summen av soliditeten til de to notmaterialene og at total kraften på de to notpanelene satt sammen er mindre enn summen av krefter på de to notmaterialene individuelt. Den tilgjengelige litteraturen kan i beste fall brukes for å få en indikasjon om størrelsen på kreftene som kan virke på doble nøter.

#### 4.2 Modellforsøk på doble nøter

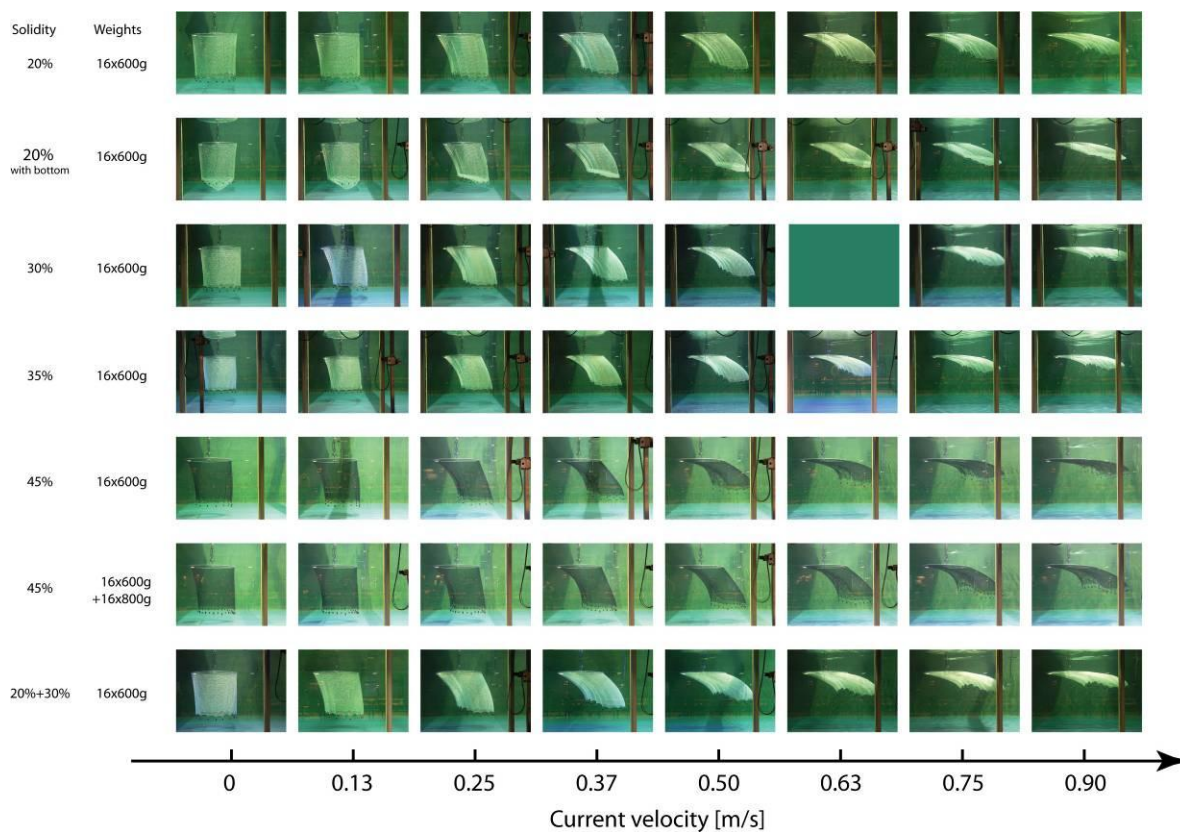
Det ble i 2009 gjort modellforsøk ved SINTEF Fiskeri og havbruk AS sin Flumetank i Hirtshals (Moe et al. 2009). Forsøkene ble primært utført for å se på drag og løft krefter på nøter med høy soliditet, men det ble også utført tester på en flytekrage med to nøter. Den ene noten hadde soliditet 20 % og den andre noten hadde soliditet 30 %. Nøtene var tilnærmet like store, dvs avstanden mellom dem var neglisjerbar. Figur 1 viser drag kraft på de forskjellige nøtene. Som figuren viser, er ikke kraften på dobbelnoten lik summen av kraft på 20 % og 30 % nota, men betraktelig lavere.



**Figur 1: Krefter på nøter med forskjellig soliditet. Åpen sirkel er testserien med dobbel not hvor den ene nota hadde soliditet på 20% og den andre soliditet på 30%.**

Den effektive soliditeten til den doble noten ble ikke beregnet, men den vil typisk være i området 40% til 45%. Som figuren over viser så er kraften på den doble noten, for de fleste strømhastighetene, en plass mellom kraften på not med soliditet 35% og soliditet 45%.

De samme forsøkene i 2009 (Moe et al. 2009) viste at den doble noten deformerte seg omtrent som en vanlig enkel not, se Figur 2. Deformasjon ble ikke kvantifisert men ut fra en vurdering av bildene fra forsøkene så ser det ut som om den doble noten deformerte seg omtrent som de enkle 35% og 45% soliditets nøtene.



**Figur 2: Deformasjon av nøter med forskjellig soliditet ved forskjellig strømhastighet. Nederste bilderad er en "dobbelnot" med en not med soliditet 20% og en not med soliditet 30%.**

Et potensielt problem som ikke ble studert hverken i Hirtshals forsøkene eller ved andre anledninger er faren for gnag og slitasje mellom de to nøtene. Hvorvidt dette vil være kritisk vil avhenge av strøm og bølgeforld på lokalitet, type begroing (spesielt blåskjell kan være kritisk) og hvilket material de to nøtene er laget av.

Forsøk med flere nøter i serie (dvs i samme fortøyning) (F.eks. Løland (1991), Aarsnes et al. (1990) og Kristiansen et al. (upublisert)), vurderes å være av liten interesse for den aktuelle problemstillingen. Dette skyldes at strømningsbildet vil være såpass forskjellig fra strømningsbildet rundt doble nøter.



## 5 Leverandører av doble nøter

Oversikten over leverandører som kan levere doble nøter er satt opp på bakgrunn av direkte kontakt med firmaene per telefon.

**Tabell 1: Oversikt over notleverandører som kan levere doble nøter**

<b>Firmanavn</b>	<b>Har doble nøter i sitt produktspekter</b>	<b>Har tidligere levert nøter med formål om å benyttes som dobbel not.</b>
Egersund Net	Nei	Nei
Frøya Havbruksservice	Nei	Nei
Møre Not	Nei	Ja
Refa Frøystad Group	Ja	Ja
Selstad	Nei	Nei

Det presiseres videre at de fleste notprodusenter kan levere doble nøter på bestilling, men på grunn av lite marked, er det få som har konstruert og levert dette tidligere. De nøtene som til nå er levert, med formål om å benyttes som doble nøter, har vært sertifisert for bruk enkeltvis.

## 6 Bruk av doble nøter

Informasjon om bruk av doble nøter i torskeoppdrett i Norge er innhentet via intervju med oppdrettere og leverandører.

Gjennom intervju med notleverandører i Norge, har SINTEF identifisert følgende aktører som har benyttet dobbel not til torskeoppdrett. Da mange aktører som tidligere har drevet med torskeoppdrett nå har lagt ned virksomheten eller gått konkurs, kan det være flere bedrifter som har benyttet dobbel not enn det som er listet i tabellen under. Videre har SINTEF ikke oversikt over virksomheter som har benyttet dobbel not på eget initiativ, uten å ha vært i kontakt med notleverandørene, i form av to nøter sertifisert for bruk enkeltvis, satt sammen til en enhet.

På grunn av få aktører er oversikten anonymisert.

**Tabell 2: Oversikt over antall oppdrettsfirma som har benyttet dobbel not**

<b>Firma</b>	<b>Benyttet dobbel not i perioden</b>	<b>Merknader</b>
Oppdretter Nord-Norge	2010 -	<i>En flytekrage påmontert to nøter</i>
Oppdretter Nord-Norge	? - 2009	<i>En flytekrage påmontert to nøter</i>
Oppdretter Nord-Norge	2002 – 2011	<i>En flytekrage påmontert to nøter</i>
Oppdretter Midt-Norge	?	<i>To flytekrager plassert inni hverandre, begge med påmontert not</i>
Oppdretter Vest-Landet	?	<i>En stor polyetylen-not rundt hele stålanlegget</i>

## 6.1 Formelle krav

Det er ingen formelle hindringer i hverken forskriften (NYTEK) eller den tekniske standarden (NS9415) med tanke på innføring av et krav om doble nøter. Eksisterende krav i NS9415 vil gjelde for begge nøter, og for flytekrage og fortøyningssystem, kan beregningene gjøres på en slik måte at det tas hensyn til de økte kreftene som virker på nøtene. Dette kan gjøres relativt enkelt med programvaren som brukes i dag.

## 6.2 Tekniske løsninger i bruk

Det har vært benyttet flere ulike løsninger av doble nøter i torskeoppdrett i Norge, hvor hver av løsningene har sine egne utfordringer. Det er per dags dato ikke utformet kommersielt tilgjengelig flytekrage eller not som er spesielt konstruert for bruk med/som dobbel not. Erfaringene fra bruk av dobbel not i Norge kommer derfor fra utprøvinger hvor en har benyttet utstyr sertifisert for bruk enkeltvis og opprinnelig utformet for lakseoppdrett. Da torskeoppdrett i dag benytter mye grunnere nøter enn lakseoppdretterne, har det per dags dato, ikke vært behov for store tekniske tilpasninger på tilknyttet utstyr, som flytekrage og førtøyninger, ved bruk av doble nøter. Dersom torskeoppdrettene på sikt vil benytte like dype/store nøter som lakseoppdretterne, vil dette, ved bruk av doble nøter, stille andre krav til flytekrage og fortøyning. Dette er nærmere beskrevet under avsnitt 6.6.

Gjennom intervju med notleverandører og torskeoppdrettere har SINTEF identifisert følgende ulike former for bruk av doble nøter:

1. Bruk av to flytekrager inni hverandre, hvor den ene med 70 meters indre omkrets og den andre med 90 meters indre omkrets. Begge flytekrager med påmontert not, men kun ytterste not med lodd.
2. Bruk av to nøter på en flytekrage, hvor den ytterste noten er sydd med større omkrets og litt dypere enn den innerste. Den ytterste noten festes til ytterringsen. Her er det benyttet to ulike løsninger for nedlodding av nøtene. Løsning én, hvor kun den ytterste noten er loddet ned og den innerste noten kun har kraftigere blytelne nederst. Løsning to, hvor den ytterste noten er loddet ned og den innerste noten er loddet ned med gjennomføringstau gjennom den ytterste noten, som deretter er festet til lodd. Erfaringer innhentet fra oppdrettere viser at det er løsning to som er den best fungerende.
3. Bruk av to nøter på en flytekrage, hvor begge er festet i innerringen. Den innerste noten er her sydd kjegleformet og litt grunnere enn den ytterste noten, og ytternoten er sydd uten hoppenett. Også her er det benyttet to ulike former for nedlodding av nøtene. Løsning én, hvor kun den ytterste noten er loddet ned og den innerste noten kun har kraftigere blytelne nederst. Løsning to, hvor den ytterste noten er loddet ned og den innerste noten er loddet ned med gjennomføringstau gjennom den ytterste noten og deretter festet til lodd. Erfaringer innhentet fra oppdrettere viser at det er løsning to som er den best fungerende.
4. Bruk av en stor polyetylennot rundt et helt stålanlegg. Her er den ytterste noten laget ekstremt stor, slik at den strekker seg rundt alle merdene i stålanlegget. Notet er festet til ytterkant av stålanleggets gangbane. Denne løsningen innehar store driftsmessige utfordringer med tanke på håndtering av noten, inspeksjon og vask av not i sjø, samt at gjenfangst av torsk, som rømmer ut av den innerste noten, er svært vanskelig. I tillegg vil en slik løsning være umulig å benytte i et anlegg med enkeltstående oppdrettsenheter, slik som eksempelvis Polarcirkel-merder. På grunn av dette er ikke denne løsningen tatt med i de påfølgende vurderingene.

SINTEF hadde videre fått innspill om at oppdrettere på Færøyene hadde benyttet dobbel not for lakseoppdrett. Gjennom intervju med et av oppdrettsselskapene der, ble det avdekket at disse kun har benyttet dobbel not i form av predatorsikring, på samme måte som en har gjort i Chile og prøvd ut i Øst-Finnmark. Der det kan trekkes enkelte driftsmessige sammenligninger mellom bruken av enkelt not med

predatornett og bruken av doble nøter, så har erfaringene avdekket gjennom intervjuet blitt tatt med videre i vurderingene.

### 6.3 Driftsmessige erfaringer

Ved bruk av doble nøter er en avhengig av at løsningen, i den daglige driften, fungerer tilnærmet like enkelt som en enkel not. Dette krever at den innerste noten kan opereres tilnærmet uavhengig av den ytterste noten. På en slik måte vil bruk av doble nøter, i stor grad, bare kreve driftsmessige tilpasninger ved utsett av not i sjø, inspeksjon og vask av not i sjø og opptak av nøterne, jf tilbakemeldinger gjennom intervju med oppdrettere og leverandører.

Med hensyn til de tekniske løsningene, 1-4, som er beskrevet i avsnitt 6.2, er det gjennom intervjuene avdekket at det kun er løsning 2 og 3, som er i bruk per dags dato. Videre viser erfaringene at det er disse to løsningene som fungerer best i den daglige driften. Likevel er, i følge tilbakemeldingene fra intervju, ingen av de fire identifiserte løsningene optimale med tanke på forhindring av rømming.

Løsning 1, innehar, i følge tilbakemeldingene fra intervju, store utfordringer med hensyn til tilgang til den innerste merden, både for personell og utstyr. Med hensyn til helse, miljø og sikkerhet, er ikke denne løsningen et tilfredsstillende alternativ. Dette da denne kan medføre farlige situasjoner, blant annet ved overgang, for personell og utstyr, mellom flytekragene. I tillegg vil denne løsningen medføre at det ikke vil være mulig å få direkte tilgang til den innerste ringen med båt. Dette skaper vanskelige situasjoner ved daglig operasjoner som for eksempel fjerning av dødfisk. Videre krever en slik løsning ufordelsmessig store investeringer, i form av at en trenger to flyteringer og to nøter per oppdrettsenhet.

Løsning 2, hvor den ytterste noten er festet til ytterringen, er bedre tilpasset den daglige driften, da det er mulig å legge til direkte til merden med båt. I følge intervju med oppdrettere, kan en med denne løsningen, montere den innerste noten slik at den kan opereres tilnærmet uavhengig av den ytterste noten. Dermed vil denne løsningen, i stor grad, kun medføre ekstra arbeid ved utsett av nøtene i sjø, inspeksjon og vask i sjø og opptak av nøtene. Løsningen er derimot likevel ikke optimal, da det å feste den ytterste noten til ytterringen vil medføre økt fare for kontakt mellom båt/propell og not.

Løsning 3, hvor begge nøtene er festet til innerringen, men hvor de er sydd forskjellig, er den løsningen som fungerer best med tanke på driftsmessige utfordringer, i følge tilbakemeldingene fra oppdrettere og notleverandører. Også her kan den innerste noten opereres tilnærmet uavhengig av den ytterste. Sammenlignet med en enkel not, vil en her ikke få større fare for kontakt mellom ytternoten og båt/propell. Det er denne løsningen som er identifisert brukt i størst utstrekning, hvorav en aktør har benyttet løsningen på alle oppdrettsenhetene over en 11 års periode.

### 6.4 Felles utfordringer ved bruk av dobbel not

Alle løsningene for bruk av dobbel not til torskeoppdrett har videre noen felles utfordringer som krever ytterligere forskning og/eller utvikling for å kunne løses. Gjennom intervjurundene og gjennomgang av tilgjengelig litteratur har SINTEF identifisert følgende felles utfordringer for bruk av dobbel not.

#### 6.4.1 Kvalitet på nøtene

Moe et al. (2005) viser til at torsk tiltrekkes slitte og oppflisete nøter og at skader som tradisjonelt ikke representerer farer for rømming av laks, kan føre til at betydelige mengder torsk forsvinner i løpet av kort tid. Videre tiltrekkes torsk av abnormaliteter i notveggen, som for eksempel bøtetråd. Dårlig bøting eller bøting med tråd i annen farge og/eller materiale enn noten, må derfor unngås.

Høy et al. (2012) viser også til torsk har større napper-/gnagestyrke enn bruddstyrken til et enkelt filament i dagens multifilamentnøter av nylon. Dette medfører at dersom torsk napper/gnager på en standard

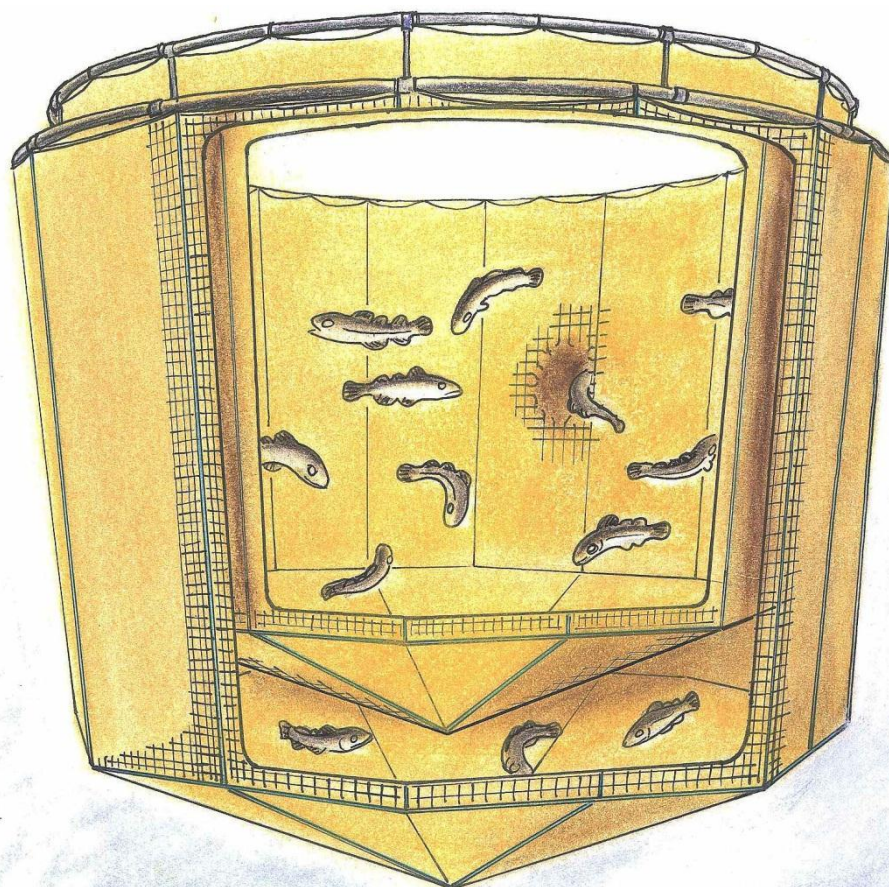
multifilament torskenot, vil den over tid kunne lage hull i noten. Videre utvikling av multifilamentnøter hvor hvert filament har større bruddstyrke enn nappe-/gnagestyrken til torsk og/eller videre utvikling av monofilamentnøter med større bruddstyrke enn nappe-/gnagestyrken til torsk er derfor anbefalt.

#### **6.4.2 Behov for dykkerinspeksjon både innvendig og utvendig av noten**

Bruk av doble nøter, i multifilament nylon, vil ikke forhindre torsken å rømme gjennom den innerste noten. Løsningen vil kun være en ekstra sikring mot at torsken rømmer ut i de frie vannmassene. Torsk vil fortsatt søke etter hull i oppdrettsnoten og nappe/gnage på noten. Ved bruk av multifilament nylon-nøter i torskeoppdrett vil dette på sikt, medføre at torsk rømmer dersom en ikke inspiserer nøtene ofte nok og utfører nødvendige reparasjoner. Moe et al. (2008) viser til at dykkerinspeksjoner hos seks oppdrettere i gjennomsnitt fant et hull per not per måned og at det var vanlig at disse hullene bar tegn til biting fra torsk. Om hullene opprinnelig er laget av torsk, eller om de stammer fra maskebrudd eller lignende vites ikke. Som nevnt i avsnitt 6.4.1 tiltrekkes torsk av eksisterende maskebrudd, gangskader, bøting og andre abnormaliteter på/i noteveggen. Dette stemmer overens med de tilbakemeldingene SINTEF har fått gjennom intervjuene gjennomført i forkant av denne rapporten. På grunn av dette, vil bruk av doble nøter ikke redusere behovet for inspeksjon ved hjelp av dykker og/eller ROV. Ved gjennomføringen av inspeksjoner, vil bruk av doble nøter medføre ekstra arbeid, da hver oppdrettsenhet trolig må inspiseres to ganger, en gang på innsiden og en gang på yttersiden, for å være sikker på å avdekke alle eventuelle hull/skader i begge nøtene.

#### **6.4.3 Kontroll med fisk mellom nøtene**

Dersom det skulle oppstå en rømming fra den innerste noten, vil fisken samle seg mellom nøtene. Her er det, per dags dato, ikke utviklet noen tilfredsstillende løsning for å få den rømte fisken tilbake til den innerste noten. Ved små rømminger benyttes det i dag torskeruser/-teiner som blir satt inn mellom posene. På en slik måte får en fanget fisken, som oppholder seg mellom nøtene, levende og flyttet den tilbake til den innerste noten. Det kan videre tenkes at bruk av teine/ruse mellom nøtene i seg selv vil medføre risikofylte prosesser som kan medføre rømming. Dette eksempelvis dersom teinen/rusen settes inn mellom nøtene ved å løsne på innfestningene til den innerste noten, eller ved at teinen innføres mellom nøtene ved at en dykker snitter et hull i den ytterste noten. Begge løsningene, er gjennom intervjuene, identifisert brukt for gjenfangst av torsk som oppholder seg mellom nøtene. I tillegg må det stilles spørsmål til om en ved å snitte hull/bøte igjen noten, reduserer ytternotens motstandstydktighet mot napping/gnaging ved en eventuell framtidig rømming, jf funnene til Moe et al (2005).



**Figur 3: Dobbel not, hvor torsk oppholder seg mellom nøtene. (Illustrasjon: Mats A. Heide, SINTEF Fiskeri og havbruk )**

Dersom mye fisk har kommet seg ut av den innerste noten og oppholder seg mellom nøtene, er eneste løsning å flytte den resterende fisken fra den innerste noten, over i den ytterste noten, eller til en brønnbåt, og deretter flytte all fisken over i en ny oppdrettsenhet. Dette er en risikofylt prosess som stresser fisken og i seg selv innebærer økt risiko for rømming av fisk ut i de frie vannmassene. De siste årene har det vært flere eksempler på rømming i forbindelse med bruk av brønnbåt, noe som blant annet er påpekt av Høiseth et al. (2009).

Tiltak for å fange/fjerne fisk som oppholder seg mellom nøtene, må igangsettes umiddelbart etter at det er observert torsk mellom nøtene. Dette da torsk som befinner seg i den ytterste noten, på samme måte som torsk i den innerste noten, vil lete etter muligheter for å rømme, samt nappe/gnage på noten. Ved bruk av nøter med lav motstandsdyktighet mot napping og med torsk mellom nøtene, vil det dermed bare være et tidsspørsmål før de rømmer ut i de frie vannmassene (Moe et al. 2005).

#### 6.4.4 Dødfisk i den ytterste noten

Dersom det observeres fisk mellom nøtene, må denne fisken fanges/flyttes så snart det lar seg gjøre. I tillegg til å utgjøre en fare for rømming av fisk ut i de frie vannmassene, eksisterer det ikke noen funksjonell metode for å ta ut dødfisk fra den ytterste noten, ved dagens løsninger for bruk av dobbel not. Eventuell dødfisk må da fjernes med dykker, noe som er tidkrevende og kostbart. Videre vil dødfisk som blir liggende i mellom nøtene representere en smittefare og vi på så måte være et brudd på Lov om dyrevelferd § 24. Dersom en ikke gjennomfører tiltak for å fange/fjerne fisken som oppholder seg mellom nøtene, vil det også kunne ses på som et brudd av Akvakulturdriftsforordningen §§ 19 og 28.

### 6.4.5 Hyppigere vask av not i sjø

Dersom en driver oppdrett i et område hvor begroing er en utfordring, vil bruk av dobbel not medføre behov for hyppigere vask av nøterne, enn ved bruk av enkelt not, i følge tilbakemeldingene fra intervju. Dette fordi en ved bruk av doble nøter er avhengig av å vaske den innerste noten, mens en enda er sikker på at groen som blir vasket av vil falle igjennom den ytterste noten.

I tillegg er det, på grunn av farer for redusert gjennomstrømning, enda viktigere å holde doble nøter rene, enn enkle nøter. Dette da det doble notlinet kan føre til redusert gjennomstrømning og dertil dårlig miljø for fisken. For å få en fullverdig forståelse av dobbel not sin påvirkning på gjennomstrømning, kreves det videre forskning og utvikling, jf avsnitt 4.1

## 6.5 Spesielle tilpasninger

### 6.5.1 Tilvekst

Gjennom erfaringene i drift, belyst via intervju med torskeoppdrettene, er det ikke funnet noen forskjell i tilvekst på torsk i merder hvor det er blitt benyttet doble nøter. Det må derimot presiseres at det ikke er gjort forskning på dette området og det er heller ikke er gjort direkte sammenligninger mellom torsk satt ut i enkel not og torsk satt ut i doble nøter, i følge intervju med torskeoppdrettere. Før en kan trekke en endelig konklusjon vedrørende bruk av dobbel not sin effekt på tilveksten hos torsk, krever det videre forskning.

### 6.5.2 Adferd og trivsel

Gjennom erfaringer med bruk av doble nøter over 10 år er det ikke observert noen forskjell i adferd og trivsel hos torsk satt ut i doble nøter, i følge tilbakemeldinger fra torskeoppdrettere. SINTEF må derimot presisere at det ikke er gjort forskning på dette området. Før en kan trekke noen endelig konklusjon vedrørende bruk av dobbel not sin effekt på adferd og trivsel hos torsk, krever det videre forskning.

### 6.5.3 Miljøbetingelser

#### Større grad av kontroll med rømming

Bruk av dobbel not vil medføre en ekstra sikring mot en eventuell rømming av oppdrettstorsk ut i de frie vannmassene. På en slik måte kan dobbel not være med på å forhindre miljøforurensning i form av utslipp av oppdrettet torsk ut i det fri. Det må derimot presiseres at bruken av dobbel not ikke løser problemet med rømming av torsk fra nøter laget av multifilament, men kun tilfører en ekstra sperre dersom rømming fra den innerste noten skulle forekomme. (Moe et al. 2005)

Gjennom intervjuene har SINTEF fått innspill på at dobbel not også kan fungere som en indikator på hull i den innerste noten. Herunder i form av at en vil kunne observere fisk mellom nøtene og dermed har muligheten til å iverksette nødvendige tiltak for å forhindre videre rømming av fisk ut i de frie vannmassene.

#### Miljøpåvirkning

Bruk av doble nøter medfører også en del miljømessige betingelser som må tas med i vurderingen. Da bruk av doble nøter, i form av løsningene som er identifisert brukt i Norge fram til i dag, medfører en dobling av antallet nøter per oppdrettsenhet og dertil dobling av tilknyttede håndteringsprosesser, vil doble nøter medføre en økning av miljøpåvirkningen i form av:

- Dobbel mengde antibegroingsmiddel
- Økt mengde avløpsvann ved vask av not på land
- Økt energiforbruk ved transport til/fra notbøteri/-vaskeri
- Økt energiforbruk ved utsett/opptak av nøtene
- Dobbel mengde materiale ved konstruksjon av nøtene

En fullverdig sammenligning av den helhetlige miljøpåvirkningen mellom bruk av enkelt not og bruk av dobbel not, vil kreve videre forskning. En sammenligning ved hjelp av livssyklusanalyse (LCA) hvor en sammenligner bruk av enkelt not (multifilament), dobbelt not (multifilament) og enkelt not i et materiale bedre tilpasset torskeoppdrett (eksempelvis monofilament) vil kunne gi et godt bilde på hvilken not-type som har den laveste miljøpåvirkningen i løpet av en livssyklus.

## 6.6 Andre hensyn/tilpasninger

Hvis det tas i bruk doble nøter med større dybde enn det som brukes i dag, kan det hende at styrkekrav til flytekrage økes og at oppdretterne må velge en mer robust flytekrage enn det de vanligvis ville brukt på en gitt lokalitet.

Oppdretterne ønsker ofte full fleksibilitet til å bruke forskjellige nøter med de flytekragene og det fortøyningsystemet de har. Flytekragene er av den grunn ofte produktsertifisert for en not med den maksimale dybden som tillates for at nota skal være en såkalt tabellnot i henhold til NS9415. Dobbeltløter vil, i dag, ofte ha en dybde som er halvparten av dette, noe som reduserer kreftene på de doble nøtene såpass mye at det ikke er nødvendig å stille strengere krav til flytekragen, per dags dato.

For fortøyningsarrangementet vil de samme betraktningene gjelde som for flytekragen.

Totalt sett vil som regel ikke bruk av doble nøter føre til økte krav til flytekrage og fortøyningsystem. Dette må vurderes spesielt for hver lokalitet, og i de tilfellene hvor det kan være aktuelt med doble nøter i full dybde vil en, som nevnt i avsnitt 4.2, ikke få en dobling i kreftene, men en begrenset økning i krefter sammenlignet med en enkel not med de samme dimensjoner.

## 7 Økonomiske betraktninger

Ved bruk av doble nøter påfaller det virksomheten ekstra drifts- og investeringskostnader. Kostnadsestimeringen som er gjort under, er basert på innhentede erfaringer fra oppdrettere og leverandører. Estimaten baserer seg på at en kan benytte doble nøter, uten å måtte gjøre tekniske endringer/tilpasninger på flytekrager og/eller fortøyningsystemer. Videre er det hensynstatt at det benyttes doble nøter, hvor den innerste noten lar seg operere tilnærmet uavhengig av den ytre noten. Dette medfører at bruk av doble nøter, i liten grad påvirker den daglige driften og de daglige driftskostnadene.

Dersom en er avhengig av å gjøre tilpasninger på flytekrage og/eller fortøyningsystem som følge av bruk av dobbel not, vil det påfalle ytterligere kostnader som ikke er tatt med i betraktningene. Dette da det, per dags dato, ikke er lansert kommersielt tilgjengelig utstyr med hensikt å benyttes med dobbel not. Spesialsertifisert utstyr for bruk med dobbel not, vil være dyrere, uten at vi kan si noe nærmere om hvor stor forskjellen vil være. Se avsnitt 4.2 og 6.6 for mer informasjon.

**Tabell 3: Påvirkning på drifts- og investeringskostnader, som følge av bruk av dobbel not**

Investering/Operasjon	Påvirkning driftskostnad	på	Påvirkning investeringskostnad	på	Merknad
Innkjøp av nøter	-		Dobbel kostnad		<i>To nøter per oppdrettsenhet</i>
Transport av nøter	Økt kostnad		-		-
Service av nøter	Dobbel kostnad eller mer		-		<i>Doble nøter krever ofte grundigere gjennomgang for sjekk etter gnag/slitasje*</i>
Vask av nøter på land	Dobbel kostnad		-		-
Impregnering av nøter	Dobbel kostnad		-		-
Utsett av nøter i sjø	Økt kostnad		-		-
Opptak av nøter fra sjø	Økt kostnad		-		-
Vask av nøter i sjø	Over dobbel kostnad		-		<i>Hyppigere vask enn ved enkelt not**</i>
Inspeksjon av nøter i sjø	Uendret til doblet kostnad		-		<i>To nøter som må inspiseres per oppdrettsenhet</i>
Daglig drift	Liten	Liten			<i>Ved uavhengig indre not, vil daglig drift påvirkes lite</i>
Flytekrage	Ingen/Liten	Ingen/Liten			<i>Fordrer bruk av doble nøter som ikke overskrider sertifiseringen til dagens flytekrager.</i>
Fortøyningsystem	Ingen/Liten	Ingen/Liten			<i>Fordrer bruk av doble nøter som ikke overskrider sertifiseringen til dagens fortøyningsystem</i>

\* I følge intervju med notleverandører

\*\* I følge intervju med oppdretter



## 8 Helhetlig vurdering av doble nøter

En oppsummering av funn i undersøkelsene som ligger til grunn for denne rapporten presenteres her i form av en helhetlig vurdering og en kort diskusjon av hovedpunkter. Som hovedkonklusjon ønsker vi å fremheve at dobbel not av standard multifilament nylontråd ikke vil utgjøre en varig løsning for å hindre rømming av torsk. De to nøtene vil være like utsatte for napping/gnag fra torsk og være like utsatt for gnag/brudd ved blant annet uvær, risikofylte operasjoner og manipulasjon av nøtene. Dermed vil tiltaket ikke eliminere bakgrunnen for rømming og ikke kunne oppfylle nullvisjonen med hensyn til rømming. Økt kompleksitet i systemet, og ved operasjoner med den doble noten, vil derimot kunne øke antallet rømmingshendelser dersom dette skulle innføres som krav. For torskeoppdrett er det mer sannsynlig at nye notmaterialer av kraftigere monofilament eller annen type "tråd" vil være langt mer effektivt som tiltak for å hindre rømming.

Selv om dobbel not av multifilament ikke er med på å eliminere bakgrunnen for rømming, må det påpekes at dobbel not innebærer en ekstra sikring mot rømming av fisk ut i naturen, dersom det skulle oppstå et hull i den innerste noten. Dobbelt not vil i så måte kunne være med på å redusere utslippet av oppdrettet fisk ut i naturen. Eksempelvis ved trenging av fisk, hvor bruk av kulelenke og heving av not forekommer, vil den doble nota kunne fylle rollen som en ekstra sikring, i fall det skulle være små hull eller mindre skader som åpner seg som hull med den økte belastningen på den innerste nota. Den ytterste noten vil da kunne fange opp fisk som ellers ville ha blitt trengt ut gjennom disse åpningene og være tapt til miljøet. Dette er fremhevet som en god sikkerhet hos brukere av dobbel not.

Dobbelt not vil også kunne fungere som en indikator på hull i den innerste noten, i form av at en vil kunne observere fisk mellom nøtene og dermed har muligheten til å iverksette nødvendige tiltak for å forhindre videre rømming av fisk ut i de frie vannmassene.

Samtidig med det som kan oppfattes som en dobbelt sikkerhet, vil den doble noten føre til et ekstra sett operasjoner ved manipulasjon av nota. Med den økende frekvensen av operasjonelle årsaker til rømming som er observert de senere årene, er det naturlig å ytre en viss skepsis til om dette da vil fungere som et rømmingshindrende tiltak. En økt operasjonsbelastning vil kunne føre til økt sannsynlighet for feil som kan resultere i rømming.

Den økte kompleksiteten i systemet som den doble nota innebærer, med gjennomføringstau til lodding og dobbel innfesting i overflaten mot flytekragen, vil føre til en mer komplisert installasjonsprosess og det er flere festepunkter som må løses i forbindelse med trenging og skifte av not. En god forståelse av notsystemet er viktig og det vil kunne oppstå misforståelser og risikosituasjoner knyttet til rømming i en innføringsperiode. Dette må sees opp mot den totale effekten av tiltaket.

Med hensyn til bruk på andre arter, som gjerne holdes i større tettheter og i dypere og større nøter enn torsk, så vil designgrensene for flytekragen kunne overstiges ved å innføre krav til bruk av dobbel not. For torsk som gjerne holdes i grunne nøter, som tilpasning til torskens oppdriftsegenskaper og lukkede svømmeblære, vil dette ikke være noe problem, ettersom nøtenes vekt og belastning ligger langt under designgrensene for flytekragen og det er rom for den ekstra nota.

For mulige biologiske effekter av nedsatt gjennomstrømming i noten, grunnet det doble materialet, foreligger det ingen undersøkelser som beskriver dette i kommersielle merder. Men, det må påpekes at det heller ikke er rapportert om observasjoner av redusert vekst ved bruk av dobbel not i torskeoppdrett. Dette kan ha sammenheng med at torsken gjerne drives med store marginer mot designgrensene for systemet. I oppdrett av andre arter med større tettheter, kjenner en til at det i dag oppstår tilfeller med oksygenbrist i merdene, med forhøyet dødelighet og redusert velferd og vekst som følge. Derfor er det grunn til å være varsom med å innføre denne typen krav til oppdrett av andre arter, uten samtidig å ta høyde for å redusere biomassen per tilgjengelig oppdrettsvolum, med en sikkerhetsmargin som tar høyde for variasjoner i strøm og temperatur.

## 9 Referanser

Gansel, L.C., Jensen, Ø., Günther, J., Blöcher, N., Olsen, A. and Misimi, E. Drag on fouled net panels. Upubliserte data.

Høy, E., Volent, Z., Moe-Føre, H. Dempster, T., 2012. Loads applied to aquaculture nets by biting behaviour of Atlantic Cod (*Gadus morhua*)

Høiseth, M., Heide, M., Høy, E. Sunde, L.M. 2009. SFH80 A094039 Rømming tilknyttet transport av levende fisk i oppdrettsnæringen

Kristiansen D., Lader P. Wave- and current effects on a floating fish-cage system. Upubliserte data.

Lader, P., Moe, H., Jensen, Ø., Lien E., 2010. SFH80-A106030 Nøter med høy soliditet – modellforsøk.

Løland, G., 1991. Current Force On and Flow Through Fish Farms. Dr. ing dissertation, Division of Marine Hydrodynamics, the Norwegian Institute of Technology. ISBN 82-7119-269-8

Moe, H., Sunde, L.M., Borthen, J., Olafsen, K. 2005. SFH A 054041 Rømmingssikker not for torsk

Moe, H., Gaarder, R., Olsen, A. 2008. SFH80-A084016 Torskenot – riktig valg av not i oppdrett av torsk

Aarsnes, J.V., Rudi, H. and Løland, G., 1990. Current forces on cage, net deflection. In: Engineering for Offshore Fish Farming (ed. The Institution of Civil Engineers) Thomas Telford, London.



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)