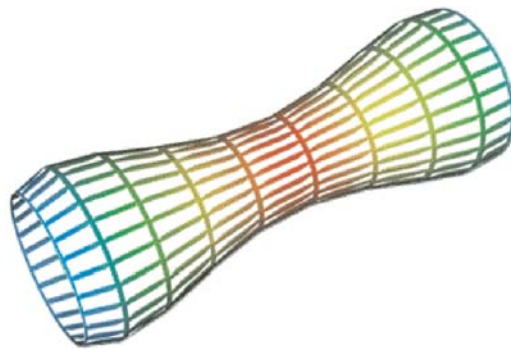

TEKNISK RAPPORT



aquastructures

Safety through technology

TEKNISK VURDERING AV ANLEGG
STORVIKA, TUSTNA KOMMUNE

ENDELIG RAPPORT

AQUASTRUCTURES

Dato for førsteutgivelse: 2005-09-30	Prosjekt No.: <i>AQ-103</i>
Godkjent av: Harald Tronstad	Organisatorisk enhet: Avdeling for teknologi og sertifisering
Kunde: Fiskeridirektoratet	Referanseperson hos kunde.: Axel Anfinnsen

Sammendrag:

Denne rapporten inneholder resultater fra tekniske beregninger anlegg med sirkulære merder ved lokalitet Storvika i Tustna kommune.

Rapporten dekker følgende punkter:

- Beskrivelse av anlegg
- Analyse globalt / Befaring
- Resultater
- Konklusjon

Hensikten med rapporten er å avdekke mulige årsaker til havari av anlegget og medfølgende rømming av fisk.

Dok.nr.: <i>HR-30083-103</i>	Innholdsgruppe:	
Rapporttittel: Analyse av anlegg Storvika, Tustna kommune		
Arbeid utført av: Thommes T. Thomassen		
Arbeid verifisert av: Are Berstad		
Dato denne revisjon: 09.nov 2005	Rev.: Rv.1.4	Antall sider: 33

Stikkord

Havari
Analyse
Inspeksjon /befaring

- Ingen distribusjon uten tillatelse fra kunde eller ansvarlig organisatorisk enhet.
- Begrenset distribusjon innenfor Aquastructures AS
- Ubegrenset distribusjon

1. INNHOLDSFORTEGNELSE

1. INNHOLDSFORTEGNELSE	3
2. BAKGRUNN.....	4
3. LOKALITET OG LOKALITETSKLASSE.	4
3.1. Strøm og bølger.....	4
3.2. Faktiske værforhold ved havari	4
3.3. Vanndybde og topografi.....	5
3.4. Vurdering av miljølaster utifra nabolokaliteter.....	6
4. BESKRIVELSE AV ANLEGG	9
4.1. Historikk over utvikling av anlegget.....	9
4.2. Beskrivelse av hjørnepunkter/overgang mellom sidefortøyning og ramme.....	11
4.3. Sidefortøyning/koblingspunkt.....	11
4.4. Sikkerhetsfaktorer.....	13
4.5. Not og utspiling.....	14
5. IDENTIFIKASJON AV KAPASITET PÅ ANLEGG	15
5.1. Lasttilfeller.....	16
5.1.1. Permanente laster.....	17
5.1.2. Variable funksjonslaster.....	17
5.1.3. Deformasjonslaster.....	17
5.1.4. Naturlaster.....	17
5.1.5. Ulykkeslaster.....	17
5.2. Analyser.....	18
5.2.1. Krefter i fortøyning.....	18
5.2.2. Historikk.....	21
5.2.3. Flytering.....	22
6. RESULTATER.....	24
7. INSPEKSJON.....	27
8. KONKLUSJON.....	29
8.1. Bakgrunn og resultat.....	29
8.2. Oppsummering.....	29
8.3. Anbefaling	29
9. REFERANSER.....	31
10. APPENDIKS.....	32
10.1. Oversikt over analyseresultater.....	32

2. BAKGRUNN

Aquastructures AS er engasjert av Fiskeridirektoratet for å foreta de tekniske beregninger som del av en undersøkelse i etterkant av havari 29. august 2005 i Tustna kommune.

Beregningene er utført på basis av NS 9415.

3. LOKALITET OG LOKALITETSKLASSE.

3.1. Strøm og bølger

Anlegget har blitt vurdert opp mot faktiske værforhold ved havaritidspunktet. Deretter er anlegget sjekket for miljølaste angitt av lokalitetesklassene C_b ($H_s = 1,98$ m og $V_c = 0,48$ m/s) og C_c ($V_c = 1,0$ m/s) hvor første bokstav angir bølgeklasse og andre bokstav angir strømklasse (ref. Tabell 1, NS 9415). Returperiodene på bølger og strøm er henholdsvis 50 og 10 år.

3.2. Faktiske værforhold ved havari

Det er hentet inn vindmålinger fra Kvernberg flyplass ved havaritidspunktet. Det ble målt og logget vindhastighet om kvelden den 29. august og morgenen 30. august. Vi har valgt å benytte oss av disse datene for å kunne estimere miljøbelastningen ved havari tidspunktet. Vindmålingene danner grunnlag for estimering av bølgehøyde på lokaliteten ved havaritidspunktet.

Vinddata fra Kvernberg Flyplass:

Dato: 29.august Tid: 23.30 Retning: 250 Middelvind: 34 knop Kastevind: 62 Knop

Dato: 30.august Tid: 05.20 Retning: 200 Middelvind: 28 knop Kastevind: 42 Knop

Disse vinddatene angir sterk kuling og storm i kastene om kvelden med avtagende vindhastighet utover morgenen.

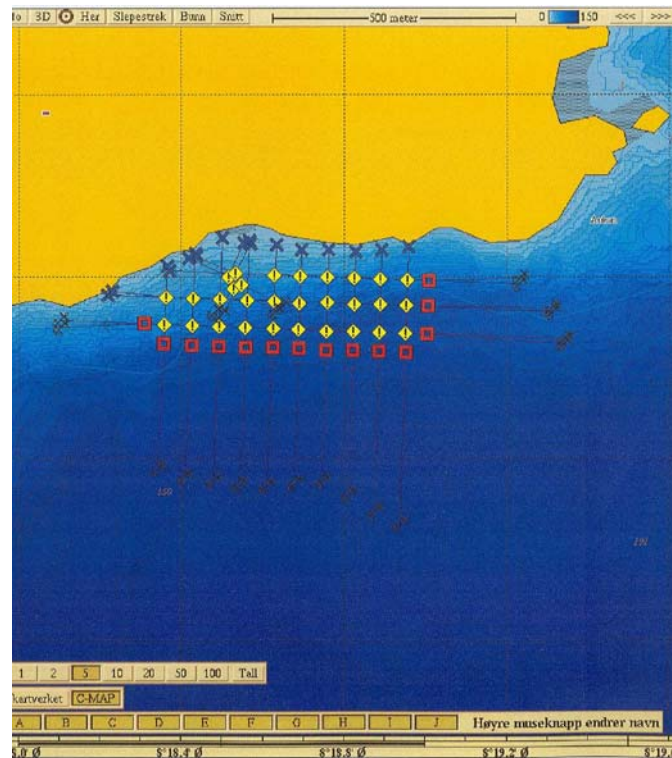
Den midlere vindhastighet gir en vindgenerert bølgehøyde i retning 250 Grader (Vest Sydvest) med signifikant bølgehøyde på $H_s = 0,97$ m med en maksimal bølgehøyde på $H_{maks} = 1,9$ meter. Dette betyr at værforholdene på lokaliteten ved havari var kraftige, men ikke tilsvarende en 50 års storm som det dimensjoneres i mot i NS9415.

For å kunne si noe om strømforholdene i perioden ved havari skulle det forelagt strømmålinger i området, men det var ikke tilfellet. Det må derfor gjøres antakelser om strøm hastighet i området basert på tidligere målinger av strøm på lokaliteten og nærliggende lokaliteter. I forbindelse med analyse av krefter i anlegget er strømhastigheten av størst betydning. Erfaring viser at vind kan gi overflate strøm opp til 0.4-0.5 m/s. Ut i fra opplysninger om strøm forhold på lokaliteten ved havari tidspunktet ble det rapportert meget sterk strøm ved observasjoner om at deler av flytekrage var neddykket. Ut i fra disse opplysningene kan vi anslå strømhastigheten til å være rundt $0,48$ m/s + $0,5$ m/s (Målt + vindgenerert) som gir en strømhastighet på 0.98 m/s.

Oppsummert er miljøklassen estimert til B_c ved havari.

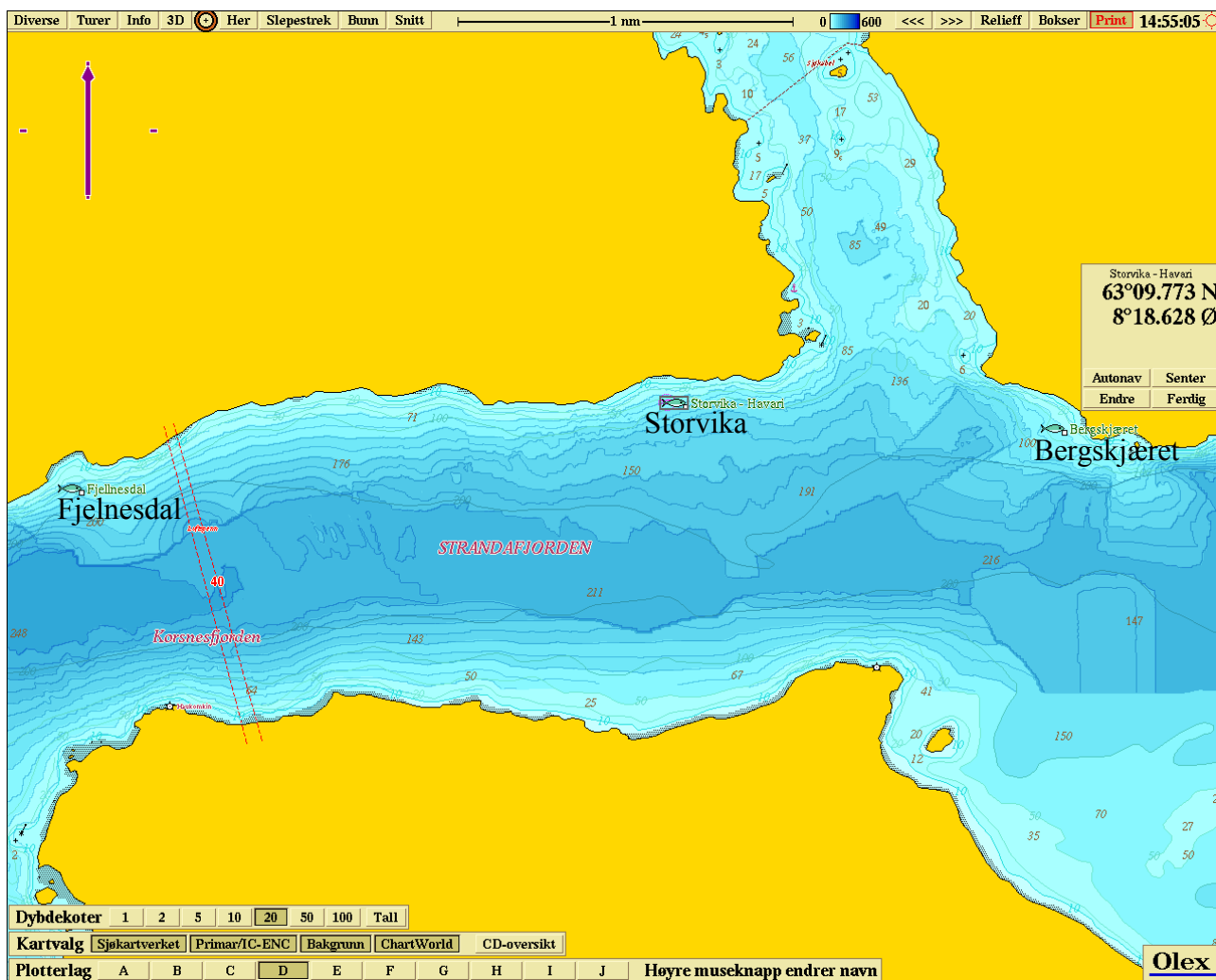
3.3. Vanndybde og topografi

Vanndybde er cirka 40 - 80 meter ved rammefortøyningen. I sør ligger plogankre på 160 meter, i vest på 40-50 meter. I øst varierer dybden fra 67 til 112 meter.



Figur 1. OLEX-kart med forføyningspunkter

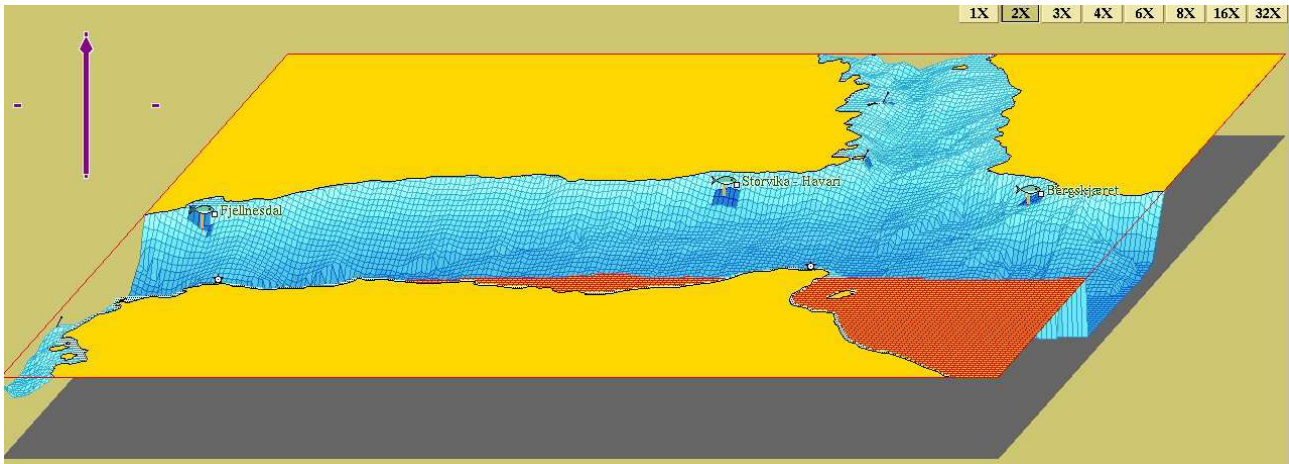
3.4. Vurdering av miljølast utifra nabolokaliteter



Figur 2. OLEX-bilde av området rundt Storvika, Tustna

Avstand til Fjellnesdal: 1,82 nm = 3400 m

Avstand til Bergskjæret: 1,13 nm = 2100 m



Figur 3. OLEX-bilde 3D

Figur 3 viser likheter i forhold til dybdeforhold mellom lokalitetene Fjellnesdal, Størvika og Bergskjæret.

Sammenlikning av strømforhold på lokalitetene:

Lokalitet	Dybde målt [m]	Vc [m/s]	hovedretning [grader]	10-årsstrøm, 5m [m/s]
Fjellnesdal	2	0,702	75-105	1,03
	15	0,352	75-90	
Størvika	5	0,29	285-345	0,48
Bergskjæret	2	0,542	315	0,80
	15	0,286	150	

Tabell 1. Sammenlikning av strømforhold

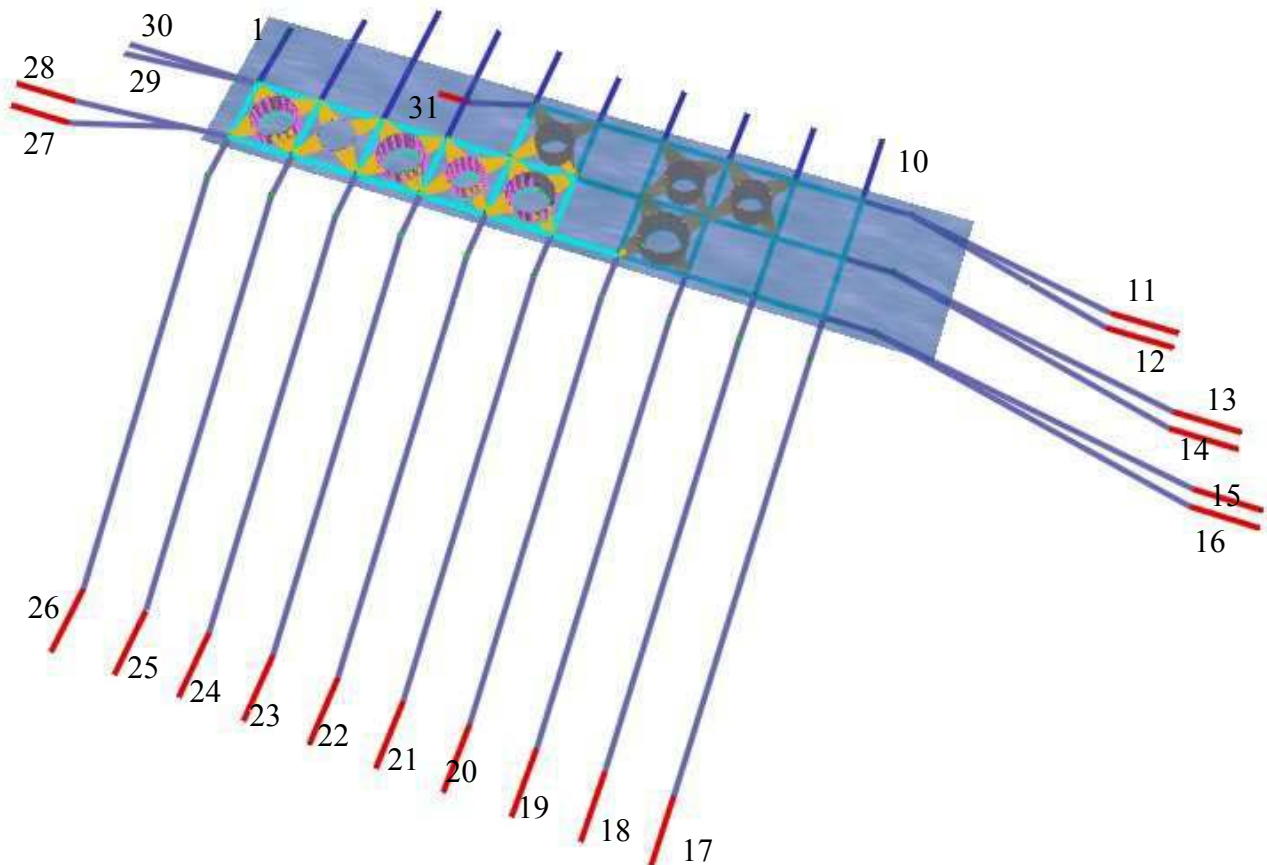
Det er brukt interpolasjon for å beregne 10-årsstrøm på 5 meter på lokalitetene Fjellnesdal og Bergskjæret.

Ut i fra strømmålinger fra lokaliteter i nærheten av Størvika ser vi at det er stor relativ forskjell i strømforholdene. Det stilles derfor spørsmålsteget med godheten av de strøm målingene som er utført ved Størvika og om de er representative for lokaliteten. Vi har i våre analyser derfor analysert styrken av anlegget for opprinnelig klassifisering og for strømforhold som samsvarer med nærliggende lokaliteter.

Erfaring viser at sterke vind forhold kan sette opp vindgenerert strøm til opp mot 0.5 til 0.6 m/s. Slike forhold vil nødvendigvis ikke bli fanget opp i løpet av de 4 ukene som det ble utført strøm

målinger. Tilbakemelding fra folk med lokal kjennskap til forholdene antyder at strømklassen for lokalitet er for snill og at de faktiske forholdene burde ligge nærmere 1 m/s.

4. BESKRIVELSE AV ANLEGG



Figur 4. Modell

Som referanse til fortøyningspunkter er det brukt samme nummerering som i lokalitetsklassifiseringen til Havbrukstjenesten A/S.

4.1. Historikk over utvikling av anlegget

Anlegget beskrevet i Figur 4 viser hvordan systemet var ved havari tidspunktet, men siden det ble utlagt i 2001 har det skjedd en rekke endringer på anlegget.

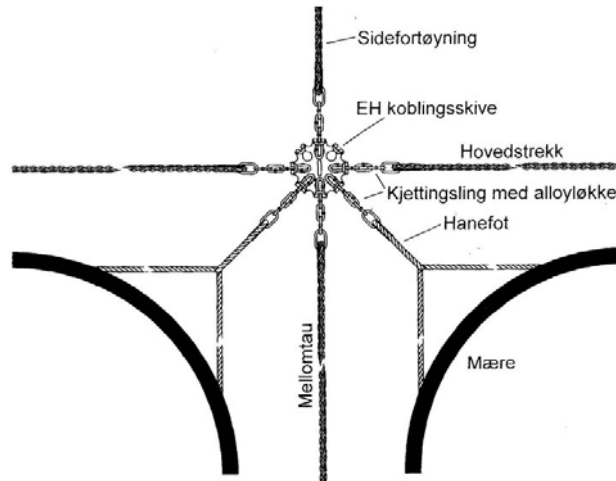
Tidligere konfigurasjoner med endring på fortøyningsstrekk og antall merder vil kunne gi en annen belastning av fortøyningskomponenter enn slik som skissert i denne analyse gjennomgangen. Vi vet også at historisk belastning kan gi skader og svekkelser av anlegget som ved et gitt tidspunkt medfører brudd.

Av opplysninger fra leverandører og oppdretter har vi oppsummert følgende mulige konfigurasjoner som har vært endret:

- Største antall merder har vært 13-14 stykker ved gitt periode
- Fortøyningsstrekk er blitt endret i lengde og retning
- Bolteforbindelser og ankerpunkter i vest retning er endret.

Det er derfor stor sannsynlighet for at enkelte anleggskomponenter gjennom historisk bruk og endring av anleggets konfigurasjon vil kunne gitt en styrkemessig svekkelse. Denne svekkelsen vil kunne gitt seg utslag ved havaritidspunktet.

4.2. Beskrivelse av hjørnepunkter/overgang mellom sidefortøyning og ramme



Figur 5. Skisse av koblingspunkt

Sidefortøyningene går over fra 48 mm tau (40 mm ved landtau) til 16 mm langlenket kjetting. Kjettingen er festet i koblingsskiven. Hanefot til ringen er 3-delt, bestående av 3 deler kjetting, 16 mm, som går til klamme i ring og i del kjetting, 16 mm, som går til koblingsskiven.

Rammefortøyningen består av 56 mm tau.

4.3. Sidefortøyning/koblingspunkt

Dimensjonerende bruddlast for langlenket 16 mm kjetting Grade 80 som er benyttet inn mot koblingskive er gitt ut i fra prøvelast på 14-15 tonn ved 62,5% belastning. Dette gir en bruddlast på 23.2 tonn.

Koblingsplate med 16 mm skive er utprøvd med en last på 14.7 kN som gir en bruddlast på 23,1 tonn.

Det må bemerkes at dette er bruddkapasitet for komponentene hver for seg og at brudd kapasitet er svakere i selve koblingspunktet mellom skive og fortøyning.

I tabellen under står alle sidefortøyninger med dimensjon på tau (øvre del) og dimensjon på kjetting (nedre del). Det er også angitt bruddlast.

Nr	Tau			Kjetting ved anker-/boltefeste		
	Diameter [mm]	Material	Bruddstyrke [tonn]	Diameter [mm]	Material	Bruddstyrke [tonn]
1	40	PP Danline	21	30	Stål	52.8
2	40	PP Danline	21	30	Stål	52.8
3	40	PP Danline	21	30	Stål	52.8
4	40	PP Danline	21	30	Stål	52.8
5	40	PP Danline	21	30	Stål	52.8
6	40	PP Danline	21	30	Stål	52.8
7	40	PP Danline	21	30	Stål	52.8
8	40	PP Danline	21	30	Stål	52.8
9	40	PP Danline	21	30	Stål	52.8
10	40	PP Danline	21	30	Stål	52.8
11	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
12	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
13	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
14	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
15	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
16	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
17	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
18	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
19	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
20	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
21	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
22	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
23	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
24	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
25	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
26	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
27	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
28	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
29	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
30	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8
31	48	PP Danline	30.9	30	Stål	52.8

Tabell 2. Tau/kjetting - dimensjoner og bruddlaster

4.4. Sikkerhetsfaktorer

Sikkerhetsfaktorer for fortøyningskomponenter er benyttet i henhold til krav i Ns9415 kapittel 9.1.3.4, med følgende materialfaktor:

- Syntetisk tau Materialfaktor=3.0
- Kjetting og koblingsplate Materialfaktor=1.5

Det blir benyttet dynamiskeanalyser ved beregning av styrke til anlegget som gir en lastfaktor:

- Ubemannede anlegg, dynamiske analyse Lastfaktor=1,15

Ved beregning av utnyttelsefaktor taes det utgangspunkt i bruddlasten til fortøyningskomponentene.

I forbindelse med analyse av styrken til flytekragen er følgende sikkerhetsfaktorer benyttet, ref NS9415 kap.6.8.2.4

- Lokalitetskategori 3 som gir ved dynamiskeanalyse en lastfaktor på 1.2. Lastkategori 3 er knyttet til lokalitetsklassene Cc og Cb.

4.5. Not og utspiling

Det er 4 ringer på 120 meter omkrets og 4 ringer med 90 meter omkrets. Alle nøter har dypgang på 20 meter. Det er brukt blytau på 20 meters dyp og 1 kjettingløkke i hvert andre notstav. En kjettingløkke veier 38 kg. Det går eget tau ned fra ring gjennom kjettingløkke med 3 løkker, slik at nota blir minst mulig belastet, men utspiling ivaretatt.

Nøtene viste lite tegn til begroning ved havaritidspunktet. Det er følgelig tatt hensyn til dette. I første del av beregningene (lasttilfelle 1-6) er det brukt en tråddykkelse på 2,0 millimeter, en halvmaskevidde på 25,5 millimeter (25 omfar) og begroning på 25 %. Dette gir en soliditet på 0.20

I kjøringer 7 - 11 er det brukt en soliditet på 0.25. Begroning: 50%.

Hesikten med å variere soliditeten er å analysere anlegget for faktiske forhold (lite begroning) og samholde dette opp mot kravene i NS9415 som krever at det vurderes laster på anlegget når nøtene er begrodd.

5. IDENTIFIKASJON AV KAPASITET PÅ ANLEGG

Det er utført beregninger for å dokumentere at anlegget tåler krefter som påføres for den gjeldende lokalitetsklasse. Følgende laster er tatt hensyn til:

Permanente laster, slik som vekt av anlegg og statisk oppdrift.

Deformasjonslaster, laster fra forspenning, fortøyning og temperatur.

Naturlaster, vind, bølger og strøm.

Ulykkeslaster, brudd i ankerline med størst belastning.

Grunnlag for disse laster er NS 9415 "Flytende oppdrettsanlegg. Krav til utforming, dimensjonering, utførelse, installasjon og drift".

5.1. Lasttilfeller

Tabell 3 viser et utdrag av representative lasttilfeller som er simulert for anlegget. Bølgeretning angis med grader "fra" og strømretning med grader "mot".

<i>Lasttilfelle</i>	<i>H_s</i> [m]	<i>T_p</i> [s]	<i>Bølgeretning</i> [°]	<i>Strøm</i> [m/s]	<i>Klasse</i>	<i>Strømretning</i> [°]	<i>Kommentar</i>
Belastning ved havaritidspunktet							
2	1,0	2,4	270	1,00	Bc	90	Strøm i lengderetning
3	1,0	2,4	245	1,00	Bc	115	Strøm skrått ned i lengderetning
4	1,0	2,4	245	1,00	Bc	65	Strøm skrått opp i lengde retning
Lasttilfeller for definert lokalitetsklasse Cb							
1	2,05	5,0	270	0,48	Cb	90	Strøm på langs
5	1,5	3,8	245	0,48	Cb	315	Strøm og bølger i motsatt retning
6	1,98	4,0	225	0,48	Cb	315	
11	1,98	4,5	225	0,50	Cb	315	
8	1,98	4,5	225	0,50	Cb	115	Brudd i fortøyning
9	1,98	4,5	225	0,50	Cb	115	
Lastertilfelle med oppjustert strømklasse c (1.0 m/s)							
10	1,98	4,5	225	1,00	Cc	315	
7	1,98	4,5	225	1,00	Cc	115	Brudd i fortøyning

Tabell 3. Utdrag av representative simuleringer

Resultater finnes i Tabell 4 i Appendiks.

Lastene representerer en rekke ulike scenarier:

- Miljøforhold gitt ut i fra lokalitetsklassifiseringen med H_s=1.98 og V_c=0,48. Dette er den kondisjonen som ville vært naturlig å kontrollere anlegget for etter krav i NS9415.
- Miljøforhold ved havaritidspunktet som er estimert til klasse Bc.
- I tillegg til disse kondisjonene er anlegget analysert for brudd i fortøyning som det er krav om i NS9415. Denne lastkondisjonen vil samtidig gi informasjon om følgeskade scenariet.

5.1.1. Permanente laster

Permanente laster dekkes av lasttilfellene som tar med seg strøm og bølger. Det sjekkes at oppdrift og tyngde er korrekt fordelt på konstruksjonen i forkant av at bølger og strøm opptrer.

5.1.2. Variable funksjonslaster

Variable funksjonslaster er ikke analysert for anlegget, da dette ikke er vurdert aktuelt.

5.1.3. Deformasjonslaster

Deformasjonslaster for dette anlegget er forspenning i ankerlinene. Disse er tatt med i analysene.

5.1.4. Naturlaster

Vind

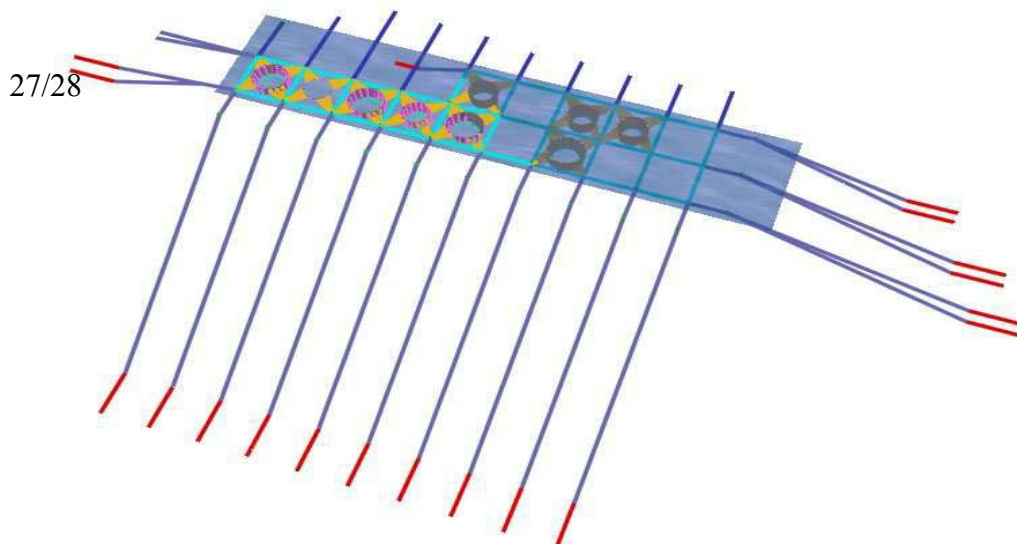
Det antas at eventuelle vindlaster ikke har signifikant påvirkning på flytekomponenter.

Bølger og strøm.

Laster fra strøm og bølger dekkes av analysene i Tabell 3.

5.1.5. Ulykkeslaster

Fortøyningskomponentene 27 og 28 utsettes for de største belastningene og er vurdert til å være de strekkene i fortøyningen hvor det oppstod først brudd.



5.2. Analyser

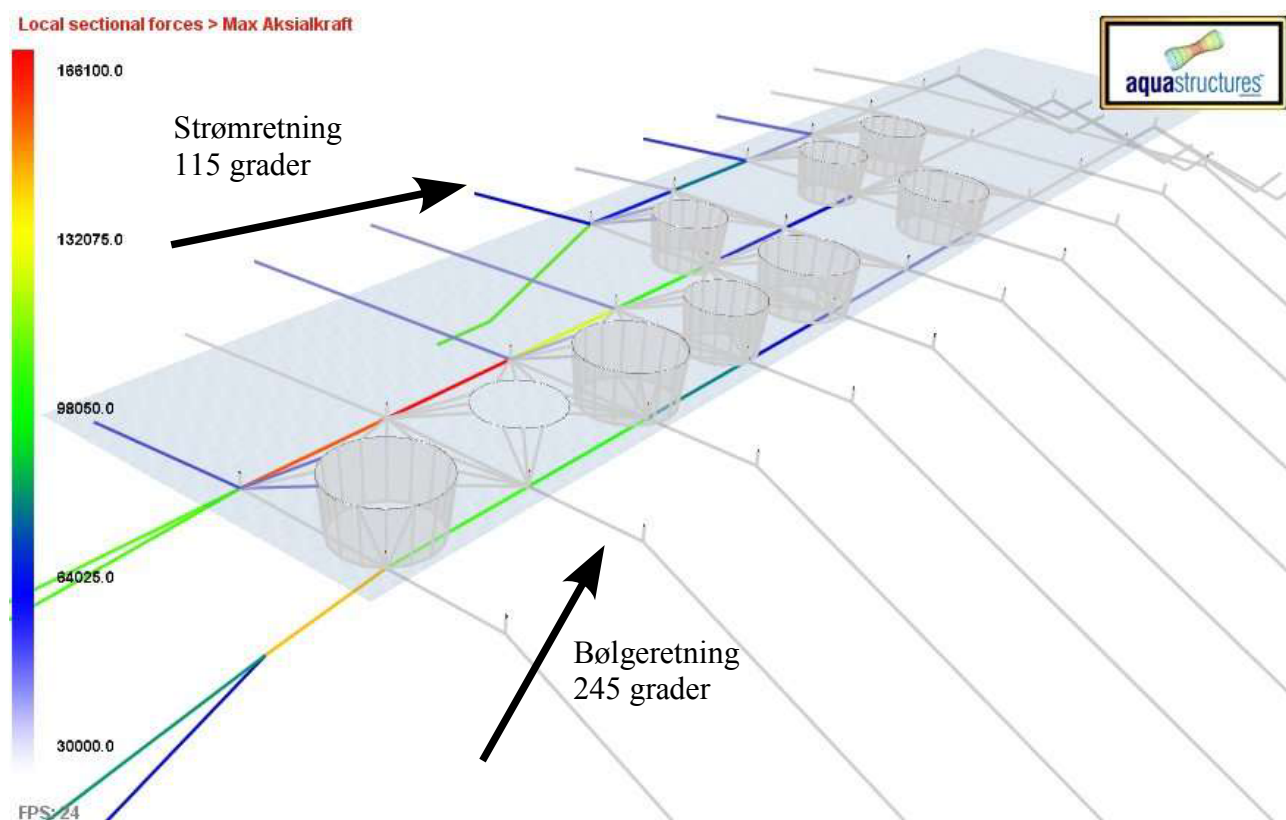
Global analyse er kjørt for de ulike lasttilfellene beskrevet i Tabell 3. Resultater er tatt ut i form av

- Maksimale krefter i fortøyning.

Resultater vises i Tabell 4 i Appendiks.

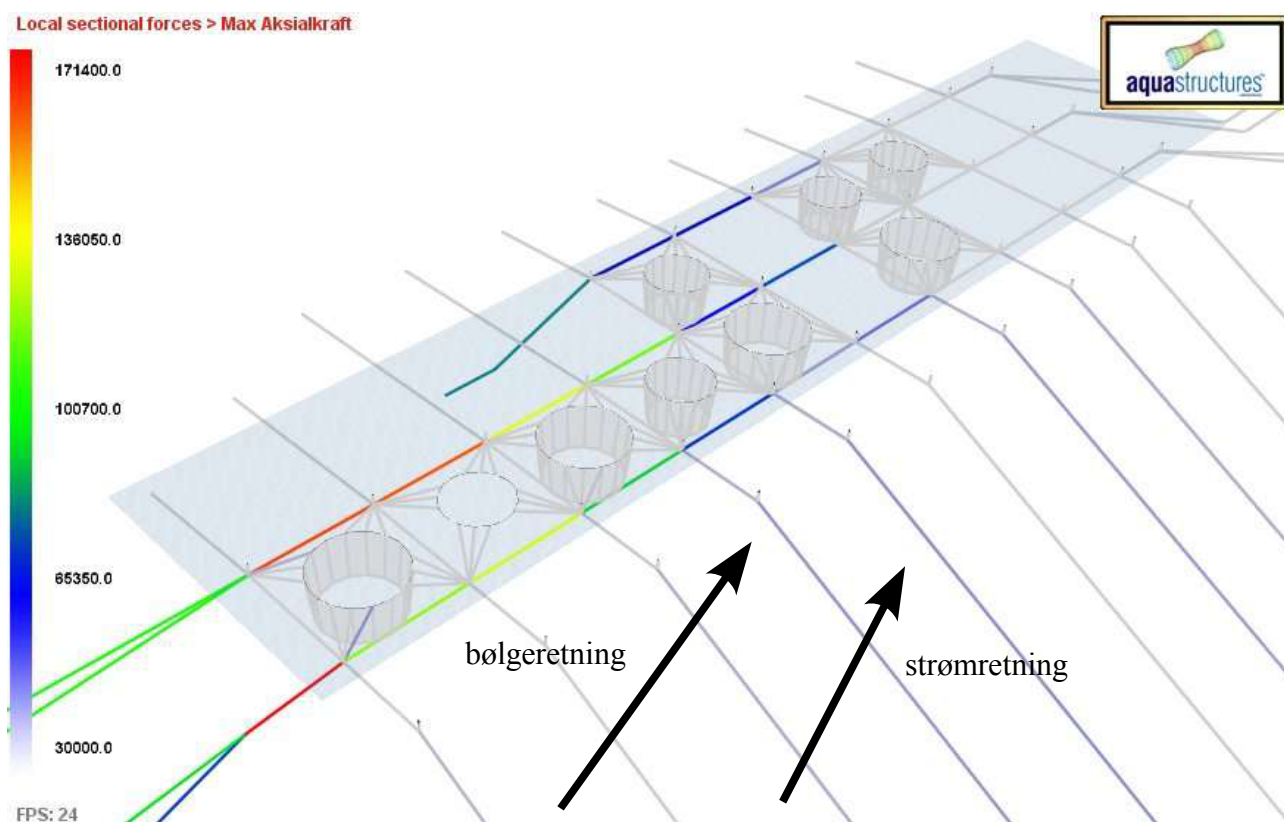
5.2.1. Krefter i fortøyning

Figur 6 viser maksimal strekkraft i fortøyning i for lasttilfelle 3.



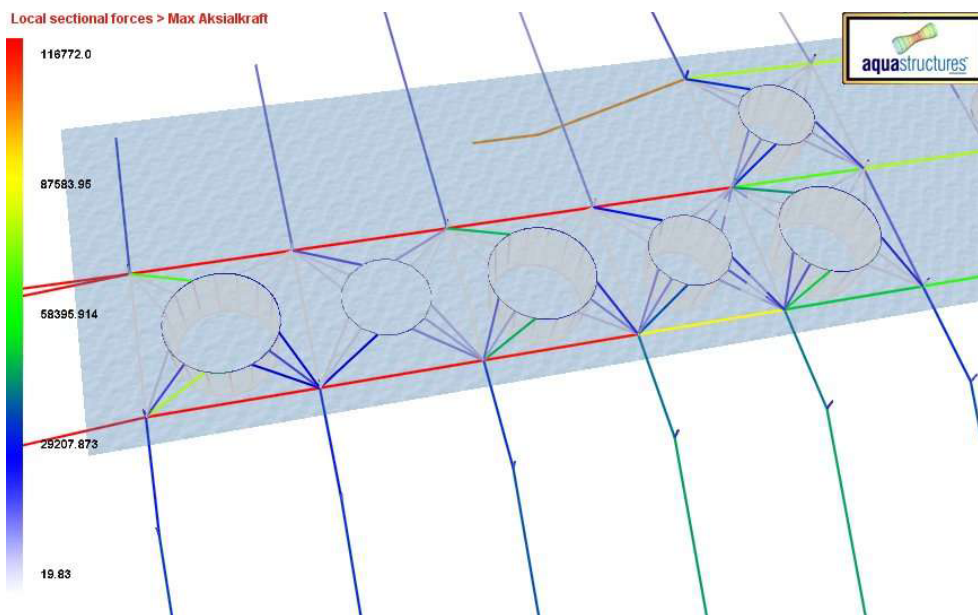
Figur 6. Krefter i fortøyning - lasttilfelle 3

I lasttilfelle 3 er det tatt med at strømmen vrir seg utover fra land. Lasttilfelle 4 har strømretning 65 grader. Denne retningen er observert av de ansatte ved lokaliteten morgenen etter havaritidspunktet.

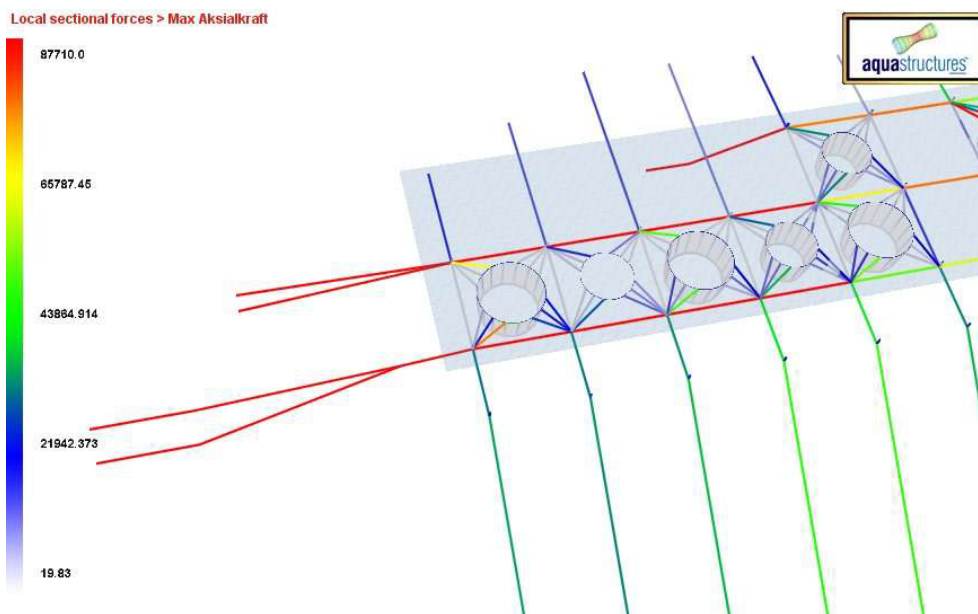


Figur 7. Lasttilfelle 4 – Pilene viser retning for bølger og strøm

Figur 7 viser aksialkrefter i fortøyningen angitt i Newton.



Figur 8. Kjøring 10: Rødt markerer overskredet kapasitet på ramme



Figur 9. Kjøring 10: side tau med overskredet utnyttelse

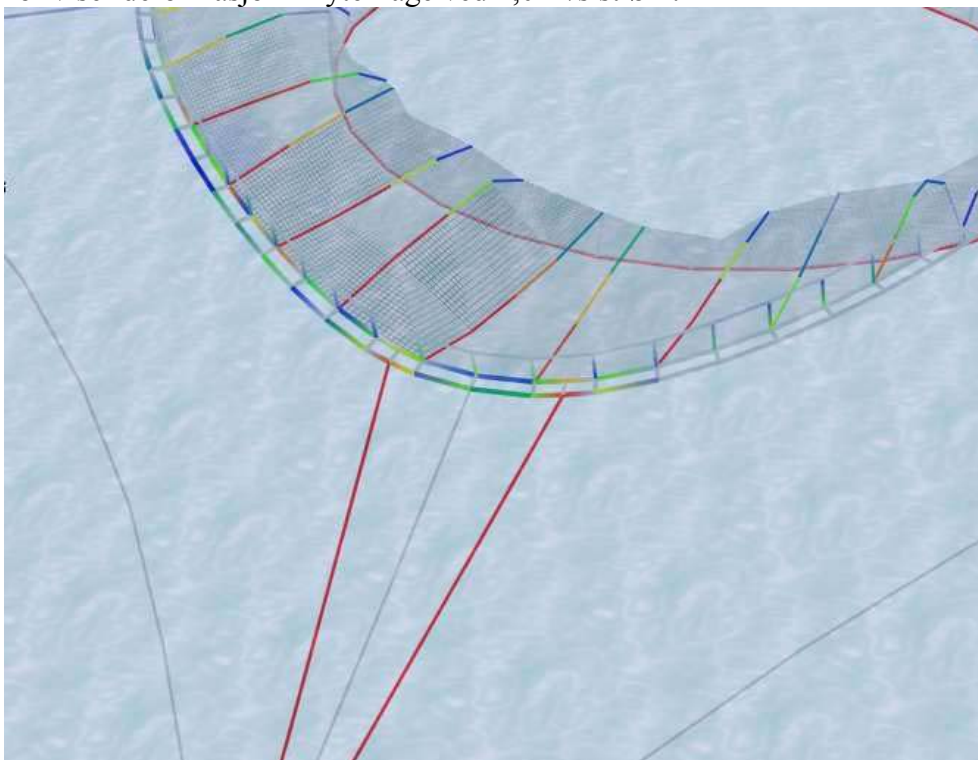
Figur 9 viser sidetau med utnyttelse over 1,0 ved punkter: 27, 28, 29, 30 og 31. Se Figur 4 som referanse for nummerering av fortøyning.

5.2.2. Historikk

Det er opplyst at rammefortøyningen har til tider inneholdt opptil 13 merder samtidig, dvs 5 merder mer enn ved havaritidspunktet. En slik belastning vil kunne ha svekket anleggskomponenter i forkant av havariet.

5.2.3. Flytering

Bilde nedenfor viser deformasjon i flytekrage ved 1,0 m/s strøm.



Ved brudd i fortøyning forsterkes effekten og fare for flyt i ringen øker. Maksimal kraft i hanefot ligger på 4,3 tonn ved 1,0 m/s strøm.

Kapasitet i flytering

Med typiske dimensjoner for 120-metring med 315-rør får man ved Cc følgende kapasitet.

Avlest jevnføringsspenning: 17,3 MPa.

Lastfaktor: 1,4

Dette gir en dimensjonerende jevnføringsspenning på 24,2 MPa.

Materialets flytespenning: 23 Mpa (PE80)

Kapasitet: 1,05.

Det vil si at flyteringen har 5% overskridelse av full kapasitet for lokalitetsklasse Cc. For lavere strømklasse og sammebølgehøyde ville krav til styrkekapasitet vært oppfylt.

Kapasitet i klammer

Ut i fra styrkemessige betraktninger av stål klammer produsert i NVA stål er følgende kapasitet i strekk beregnet. Flytespenning på 235 Mpa er benyttet i vurderingen.

- 3.7 tonn i strekk til flyt
- 6.1 tonn i strekk til brudd

Maks. strekk i klammer i hanfotfortøyning er beregnet til (Lastkondisjon 3 og 7 simulering):

- 4.25 tonn ved miljølaster forventet å opptre under havari.
- 9.9 tonn ved brudd i fortøyning.

Sammenlikner vi kapasitet i strekk i klammer mot de opptredende kreftene i hanefotfortøyningen ser vi at kreftene overstiger kapasitet til klammer. Kreftene inn i klammer er dermed større enn det klammer er designet til å tåle og vil dermed deformeres og gå til brudd. (Se også bilder av klammer fra inspeksjon)



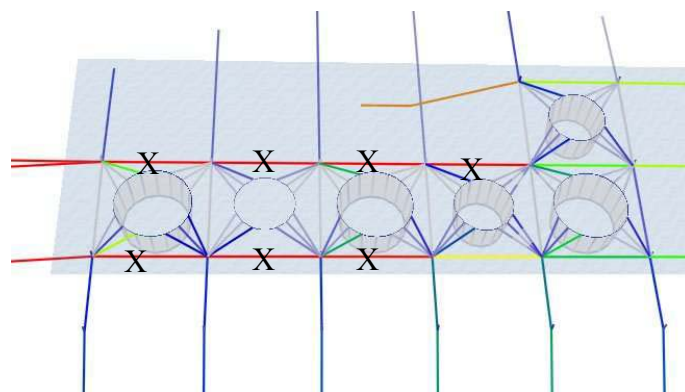
Bildet viser øvre del av klammer som er deformert og hvor deler av stålring rundt ytre ring er dratt til brudd.

6. RESULTATER

Følgende fortløyningsdeler har overskredet kapasitet. Det er oppgitt posisjonsnummer i henhold til Figur 4.

Bruddlast – uskadet tilstand

<i>Kjøring</i>	<i>Komponent</i>	<i>Lokalisering</i>
9	Sidetau	Ved ankerline 27/28 ved ramme
9	Landtau	Ingen overskridelse
9	Ramme	Ingen overskridelse
10	Sidetau	Pos. 27, 28, 29, 30 og 31
10	Landtau	Ingen overskridelse
10	Ramme	7 steder – se Figur 10 (markert med X)
11	Sidetau	Ingen overskridelse
11	Landtau	Ingen overskridelse
11	Ramme	Ingen overskridelse

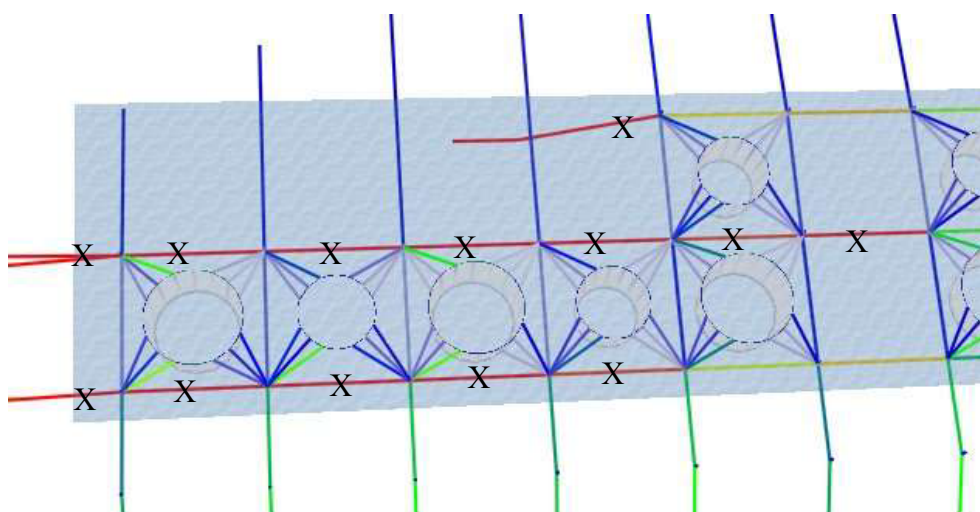


Figur 10. Overskridelse av kapasitet i ramme – kjøring 10

Ulykkeslast (kjøring 7 og 8)

<i>Kjøring</i>	<i>Komponent</i>	<i>Lokalisering</i>
7	Sidetau	Ved ankerline 29/30
7	Landtau	Ingen overskridelser
7	Ramme	Mellom posisjon 1 og 3
8	Sidetau	Ingen overskridelser
8	Landtau	Ingen overskridelser
8	Ramme	Ingen overskridelser

Generelt om kjetting (16 mm) inntil koblings-skive



Figur 11. Overskridelser i kjetting 16mm - kjøring 9

Figur 11 viser steder der 16mm-kjetting som går inn i koblings-skiver er overskredet.

Generelt tillates ikke kraft over 13 tonn i kjettingen i forhold til en sikkerhetsfaktor på 1,73. Se Figur 5 og for detaljer.

En oppsummering av resultatene for disse lastkondisjonene viser følgende:

- Anlegg og fortøyning er overbelastet selv for opprinnelig lokalitetsklassifisering (Cb) i fortoyningsskjematene ramme og sidetau.
- Anlegg og fortøyning blir kraftig overbelastet når det blir utsatt for miljøkrefter under havari-perioden natt til den 30.august.

- Ramme, sidetau og kjetting 16mm med koblings-skive blir mest belastet i forhold til bruddlast.
- Det er strøm hastigheten som gir størst opphav til kreftene i anlegget. Det er derfor veldig viktig ved analyse og kontroll av anlegg at målt strømhastighet er representativ for lokaliteten.
- Selve flytekragen er også sensitiv til strømforholdene i klasse c. Flytekrage bøyer seg kraftig slik at den deformeres og endrer form. Belastning i indre og ytre ring ligger opp mot kapasitet i plastisk flyt.
- Mest sannsynlig sted å få brudd på anlegget vil være i mest overbelastede komponentene i fortøyningen, men her vil også historikken på anlegget være av betydning. Brudd kan være initiert fra tidligere belastninger som har gitt skade eller svekkelser i komponentene.

7. INSPEKSJON

Den 8. september 2005 har Aquastructures AS ved representant Thommes T. Thomassen vært på befaring ved anlegget etter havari den 30. august samme år.

Tilstede var følgende personer:

Arvid Hakkebo, Teamleder Service, Marine Harvest Norway AS

Odd Sørøy, Driftsleder for Storvika, Marine Harvest Norway AS

Arve Slettvåg, Rådgiver, Fiskeridirektoratet

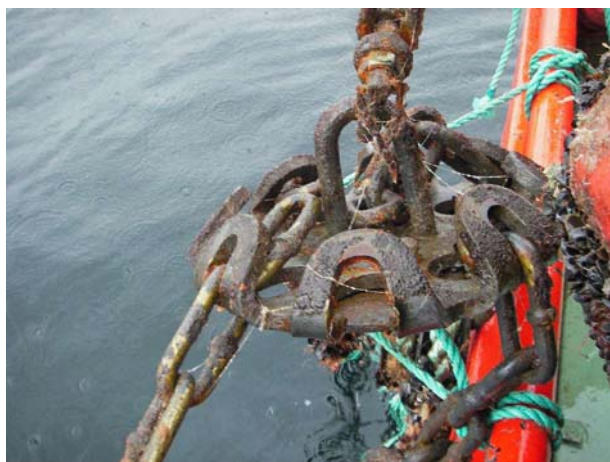
Thommes T. Thomassen, inspektør, Aquastructures AS

Først ble plastmerkene inspisert og tatt bilder av. Det er registrert betydelige skader på samtlige plastringer, såvel som endel klammer.



Ved befaringstidspunktet var det kun 1 merd som hadde not med fisk i. Denne ble tatt video av med ROV fra innsiden og fra utsiden. Det ble ikke observert hull i nota, men på grunn av sterk deformasjon i flytekragen fungerte ikke dødfiskenåven optimalt slik at dødfisk samlet seg i en pose ved siden av.

Videre har flere hjørnepunkter blitt løftet opp ved hjelp av kran for å se på koblingspunkt/-skive. På siden mot land er det registrert 3 koblingskiver der kjetting (16 mm) har blitt dratt ut. Se bilder.



Befaringen ble avsluttet med et møte der tilstedeværende diskuterte miljølaster ved havaritidspunktet.

8. KONKLUSJON

8.1. Bakgrunn og resultat

Det er blitt utført analyser av anlegget for å finne mulige årsaker til havari og medfølgende rømning av fisk på anlegget lokalisert i Storvika. Anlegget slik som det lå natt til den 30.august 2005 er blitt modellert og analysert for ulike miljøbelastninger. Anlegget er sjekket opp mot de miljøkreftene som var tilstede ved havari tidspunktet og deretter for selve lokaltetskatagoriseringen. Resultatene av dette arbeidet er enkelt oppsummert nedenfor og disse resultatene danner grunnlaget for konklusjonen.

- Anlegg og fortøyning er overbelastet selv for opprinnelig lokalitetsklassifisering (Cb) i fortøyningskomponentene ramme og sidetau.
- Anlegg og fortøyning blir kraftig overbelastet når det blir utsatt for miljøkrefter under havariperioden natt til den 30.august.
- Ramme, sidetau og kjetting 16mm med koblingsskive blir mest belastet i forhold til kapasitet.
- Det er strøm hastigheten som gir størst opphav til kreftene i anlegget. Det er derfor veldig viktig ved analyse og kontroll av anlegg at målt strømhastighet er representativ for lokaliteten. Målt strømhastighet på lokalitet avviker kraftig fra nærliggende lokaliteter og det stilles derfor spørsmålsteget med metodikk for å bestemme strømforholdene på lokalitet.
- Mest sannsynlig sted å få brudd på anlegget vil være i mest overbelastede komponentene i fortøyningen, men her vil også historikken på anlegget være av betydning. Brudd kan være initiert fra tidligere belastninger som har gitt skade eller svekkelser i komponentene.

8.2. Oppsummering

Ut i fra dette vil vi kunne konstatere at mest sannsynlig forløp for havariet er at kreftene fra strøm og bølger har overskredet kapasitet til fortøyning som har tilslutt gitt brudd på fortøyning. Mulig følgeforløp etter bruddet kan være følgende (basert på analyse og inspeksjonsresultat):

- Brudd i fortøyning har gitt en kraftig deformasjon av rammen slik at kreftene inn i koblingsskiven har gitt en skeivbelastning og plastisk deformasjon av skivene.
- Dette har medført brudd på rammefortøyningen slik at oppspilingen av merdringene ikke har fungert eller gitt en kraftig rotasjon eller skeiv belastning på selve merdene slik at de har kollapset eller deformert seg kraftig. Inspeksjonen viser helt klart at merdene har fått en meget kraftig deformasjon ut over det som vanlig miljøbelastning vil kunne gi.

8.3. Anbefaling

NS 9415 kever en analyse av anlegget for å sjekke styrke til fortøyning og merdringene for både maksimal miljøbelastning og ved brudd på fortøyning. For dette anlegget er det ikke utført en slik analyse. Det var heller ikke krav til analyse av anlegg ved tidspunkt for utlegging. Dette kravet er først kommet i forbindelse med NYTEK forskriften og krav om dugelighetsbevis på eksisterende anlegg før 01.01.2006.

Dette havariet kunne vært unngått dersom følgende hadde vært utført:

- Tilstrekkelig strømmåling av lokalitet og samholdt disse dataene med lokaliteter i nærheten som en kvalitetsikring / eventuelt sjekket dette opp mot kjentfolk i området som hadde lokalkjennskap til strømforholdene rundt området.
- Utført analyse av totalanlegg for å sjekke kapasitet til anlegget med alle hovedkomponenter.

En analyse i henhold til NS9415 ville avdekket at fortøyning var overbelastet og korrektive tiltak ville blitt initiert ved eventuell sertifisering eller dugelighetsbevis. Dette betyr at havariet kunne vært unngått dersom anlegget hadde blitt kontrollert etter krav i NS9415.

9. REFERANSER

C. J. Turkstra, "Theory of structural safety. SM Study No. 2" Solid Mechanics Division. University of Waterloo. Waterloo, Ontario 1970.

A. J. Berstad, H. Tronstad and A. Ytterland, "Safety of aquaculture facilities in rough sea environment- bringing aquaculture beyond fjords and sheltered areas", Aquaeuro 2003 Trondheim Norway.

A. J. Berstad, "Verification and benchmarking of AquaSim, a software tool for safety simulation of flexible offshore facilities exposed to environmental and operational loads", Aquastructures report 2003-002.

Havbrukstjenesten A/S, "Lokalitetsklassifisering etter NS 9415, Lokalitet: Storvika"

Nordvest Fiskehelse AS, "Strømmålinger; lokalitet Bergskjæret" 2004, "Strømmålinger; lokalitet Fjellnesdal" 2005.

10. APPENDIKS

10.1. Oversikt over analyseresultater

Kjøring #	Klasse	ϕ_{WAVE} [°]	ϕ_{CURR} [°]	Strekraft [Newton]			Utnyttelse			Kjett16mm	Kommentar				
				Ramme	Hanefot	Landtau	Sidetau	Kjett30mm	Ramme			Hanefot	Landtau	Sidetau	Kjetting
0	-	-	-	9759	4418	9883	10490	9073	0.08	0.08	0.17	0.12	0.03	0.18	statisk likevekt Loka
1	Cb	270	90	27870	14790	9376	35040	34730	0.24	0.26	0.16	0.40	0.12	0.62	
2	Bc	270	90	139700	40620	37730	135800	102500	1.19	0.71	0.63	1.55	0.34	2.46	Hs=1,5 m
3	Bc	245	115	166100	42530	59840	141100	109800	1.42	0.75	1.00	1.61	0.37	2.92	
4	Bc	245	65	162900	39490	18910	171400	97450	1.39	0.69	0.32	1.95	0.32	3.01	Hs=1,98 m
5	Cb	245	315	67010	19400	17660	66310	34890	0.57	0.34	0.30	0.75	0.12	1.18	
6	Cb	225	315	63310	20450	25310	67250	34640	0.54	0.36	0.42	0.77	0.12	1.18	Brudd i 27/28
7	Cc	225	115	257200	99190	43520	186000	130000	1.27	1.01	0.42	1.23	0.25	4.52	
8	Cb	225	115	136900	43600	31560	90830	66150	0.68	0.44	0.31	0.60	0.13	1.40	Brudd i 27/28
9	Cb	225	115	112000	35100	19630	99410	61210	0.96	0.62	0.33	1.13	0.20	1.97	
10	Cc	225	315	184500	51000	40860	218400	166600	1.58	0.90	0.68	2.49	0.56	3.84	Hs=1,5 m
11	Cb	225	315	64450	30580	17910	64200	34510	0.55	0.54	0.30	0.73	0.11	1.13	

Tabell 4. Resultater

Med Kjett16mm menes kjettingen som går inn til koblingsskiven.

Oppdatert tabell med justerte bruddsikkerhet for skive og kjetting (16mm).

Kjøring #	Klasse	ϕ_{WAVE} [°]	ϕ_{CURR} [°]	Strekraft [Newton]		Landtau		Sidetau	Kjelt30mm	Uttrytelse		Landtau	Sidetau	Kjeltling	Kjelt16mm	Kommentar
				Ramme	Hanfot	Ramme	Hanfot	Ramme	Ramme							
0	-	-	-	9759	4418	9883	10490	10490	9073	0.08	0.03	0.17	0.12	0.03	0.08	statisk likevekt
1	Cb	270	90	27870	14790	9376	35040	35040	34730	0.24	0.11	0.16	0.40	0.12	0.27	
2	Bc	270	90	139700	40620	37730	135800	135800	102500	1.19	0.31	0.63	1.55	0.34	1.06	
3	Bc	245	115	166100	42530	59840	141100	141100	109800	1.42	0.32	1.00	1.61	0.37	1.26	
4	Bc	245	65	162900	39490	18910	171400	171400	97450	1.39	0.30	0.32	1.95	0.32	1.30	
5	Cb	245	315	67010	19400	17660	66310	66310	34890	0.57	0.15	0.30	0.75	0.12	0.51	Hs=1,5 m
6	Cb	225	315	63310	20450	25310	67250	67250	34640	0.54	0.16	0.42	0.77	0.12	0.51	Hs=1,98 m
7	Cc	225	115	257200	99190	43520	186000	186000	130000	1.27	0.44	0.42	1.23	0.25	1.95	Brudd i 27/28
8	Cb	225	115	136900	43600	31560	90830	90830	66150	0.68	0.19	0.31	0.60	0.13	0.60	Brudd i 27/28
9	Cb	225	115	112000	35100	19630	99410	99410	61210	0.96	0.27	0.33	1.13	0.20	0.85	
10	Cc	225	315	184500	51000	40860	218400	218400	166600	1.58	0.39	0.68	2.49	0.56	1.66	
11	Cb	225	315	64450	30580	17910	64200	64200	34510	0.55	0.23	0.30	0.73	0.11	0.49	

Tabell 5
Uttrytelsegrad (Justerte bruddsikkerhet)