



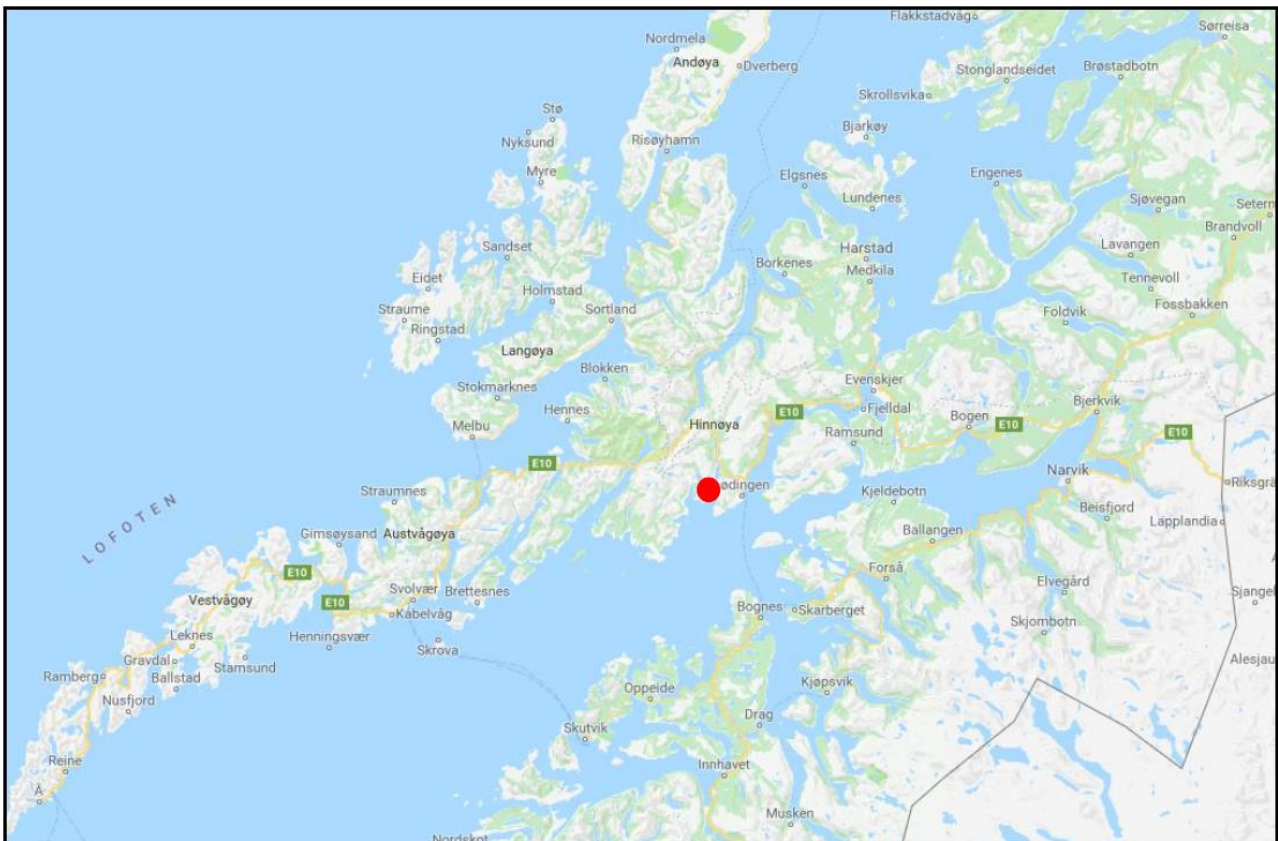
ANLEGG STORØYA NØ, 11298

Fortøyningsanalyse

Mortenlaks AS

Rapport nr.: FA-11298-Storøya NØ-2019.05-A001-2, Rev. 2

Dato: 07.05.19



Prosjekt navn:	Anlegg Storøya NØ, 11298	DNV GL BUSINESS ASSURANCE
Rapport tittel:	Fortøyningsanalyse	NORWAY AS
Kunde:	Mortenlaks AS, Erikstad, 8410 Lødingen Norge	Technical Aqua Services P.O.Box 7400 5020 Bergen Norge
Kunde kontakt:	Jostein Naustvik	Tel: +47 55 94 36 00
Utstedelses dato:	07.05.19	NO 959 627 606 MVA
Pålitelighetsklasse:	2	
Avdeling:	Technical Aqua Services	
Rapport nr.:	FA-11298-Storøya NØ-2019.05-A001-2, Rev. 2	

Avtale: Avrop på «Rammeavtale for Salmon Group og deres aksjonærer» 30.05.2018

Formål: Beregne lastene i fortøyningsarrangementet, slik at nødvendige kapasiteter til fortøyningskomponenter kan bestemmes med nødvendig sikkerhet mot havari iht. NS 9415:2009

Utført av:



Odd-Børre Eidnes
Teknisk inspektør



Tobias Bjerknes
Teknisk inspektør

Kontrollert:



Olve Vangdal
Teknisk leder



Odd-Børre Eidnes
Teknisk inspektør

Copyright © DNV GL 20188. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distribution:

- Unrestricted distribution (internal and external)
- Unrestricted distribution within DNV GL Group
- Unrestricted distribution within DNV GL contracting party
- No distribution (confidential)

Nøkkelord:

Fortøyningsanalyse

Rev. Nr.	Dato	Utgivelse	Utført av	Kontrollert
1	05.09.2018	Fortøyningsanalyserapport planlagt fortøyningssystem	Odd-Børre Eidnes	Olve Vangdal
2	07.05.2019	Representativ for utlagt fortøyningssystem	Tobias Bjerknes	Odd-Børre Eidnes

SAFER, SMARTER, GREENER

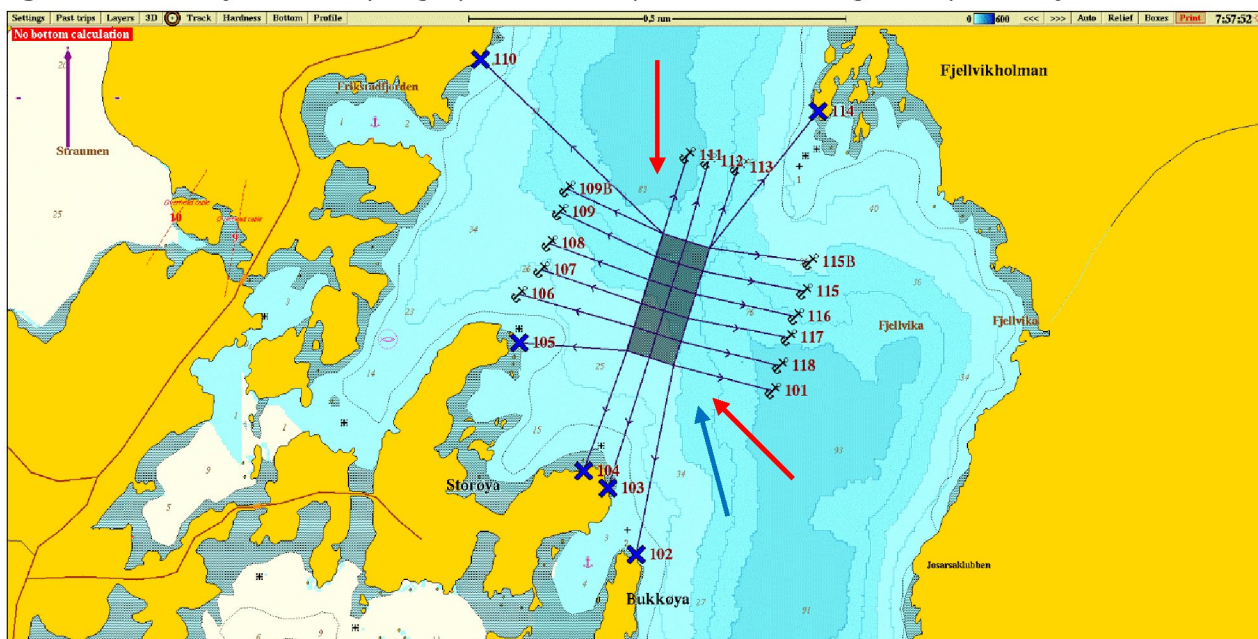
AKKREDITERT ENHET: DNV GL Business Assurance Norway AS, P.O. Box 7400, 5020 Bergen, Norway.
Tel: +47 55 94 36 00, informasjon@dnvgl.com.

Innhold

1	SAMMENDRAG:	3
2	GRUNNLAG I DESIGN OG ANALYSE FOR FORTØYNINGSSYSTEM.	4
2.1	Formål	4
2.2	Miljølaster som er benyttet i fortøyningsanalyse	4
2.3	Arrangement og analyse	4
2.4	Beregningsverktøy	4
2.5	Anlegg og fortøyningsssystem	4
2.6	Linelengder og bunnfester	6
2.7	Ulykkesgrensetilstand	9
2.8	Lastkombinasjoner	10
3	KOMPONENTKRAV TIL FORTØYNINGSSUTSTYR	11
3.1	Resultater intakt- og ulykkesgrensetilstand	11
3.2	Bøyer	14
3.3	Kapasitetskontroll flytekrage	15
3.4	Utmatting	15
3.5	Kommentarer	16
4	AQUASIM MODELLER	17
4.1	Intakt system	17
4.2	Ulykkesgrensetilstand	19
5	TIL KUNDE OG LEVERANDØR AV KOMPONENTER	22
6	REFERANSER	23
Appendix A	Programvare Aquasim	
Appendix B	Material - metodikk	

1 SAMMENDRAG:

Figur 1.1 Illustrasjon av fortøyningsystem. Piler representerer retning for høyeste miljølaster.



Det er utført en fortøyningsanalyse av anlegget til Mortenlaks AS ved lokaliteten Storøya NØ. Fortøyningssystemet består av rammefortøyning med 2 x 5 bur og 20 fortøyningslinjer. Analysen er basert på input som er mottatt fra kunde, se kapittel 2 for grunnlagsdata, og resultatene fremkommer i tabell 3.1- 3.5.

Fortøyningsanalysen er representativ for utlagt fortøyningsystem.

Kapasitetsvurdering på tau, kjetting og kjettingkomponenter, bunnfester, koblingsplater, stropper og bøyer er utført for konstruksjonsdeler benyttet i utlagt fortøyningsystem. Konstruksjonsdeler til fortøyning og flytekrager har tilstrekkelig kapasitet.

Tabell 1.1 Sammendrag høyeste laster og utnyttelse

Høyeste laster intakt tilstand	[tonn]
Fortøyningsline 112	11.1
Ramme K17-K18	7.9
Hanefot/innfestning til merd 10	4.5
Høyeste laster ulykkesgrensetilstand	[tonn]
Fortøyningsline 112	13.8
Ramme K17-K18	8.9
Hanefot/innfestning til merd 10	7.2
Høyest utnyttelse	[%]
Fortøyningsline 112	91
Ramme K17-K18	48
Hanefot/innfestning til merd 10	49

Det er analysert med brudd i flere komponenter. Risiko ved brudd er vurdert i [tabell 2.9](#). Utmatningsberegning dokumenterer at levetiden til kjetting, benyttet i analysen, er iht. kravene i NS 9415:2009 (se [kapittel 3.4](#)).

2 GRUNNLAG I DESIGN OG ANALYSE FOR FORTØYNINGSSYSTEM.

2.1 Formål

Analysen gjøres for å få frem lastene i fortøyningsarrangementet, slik at tverrsnittsdimensjoner og holdekraft i bunnfester kan fastlegges og kontrolleres med nødvendig sikkerhet mot havari iht. NS 9415:2009.

2.2 Miljølaster som er benyttet i fortøyningsanalyse

Det foreligger en akkreditert lokalitetsrapport som er utført av Akvaplan-niva AS. Miljølastene er i henhold til kravene i NS 9415:2009. De høyeste miljølastene (verdier og retninger) som påvirker fortøyningssystemet er vist i [figur 1.1](#) og oppgitt i tabell [2.10](#).

Vindhastighetsverdien er satt lik 10 min middel ved 10 moh, som representativ verdi for kastvinden ved 1 moh. Valgte lastdata og retninger er vurdert å være dekkende for de dimensjonerende lasttilfellene.

2.3 Arrangement og analyse

Fortøyningsarrangementet er designet av kunde. Linearrangement er vist i [figur 1.1](#) og [figur 2.1](#) og viser faktisk utlagt fortøyningsssystem. Fortøyningsystemet er analysert både i intakt- og ulykkesgrensetilstand og er utført i henhold til kravene i NS 9415:2009.

Rapport fra denne fortøyningsanalysen er representativ for utlagt fortøyningsssystem. Gyldigheten av akkreditert fortøyningsanalyse forutsetter at alle forbehold blir fulgt. DNV GL har fått tilbakemelding fra kunde om faktisk utlagte fortøyninger (NYTEK §19). Fortøyningsrapport og fortøyningsinspeksjonsrapport foreligger for utlagt fortøyningsssystem.

2.4 Beregningsverktøy

Analysen er gjort med beregningsprogrammet AquaSim. Se [Appendix A](#) for programbeskrivelse.

2.5 Anlegg og fortøyningsssystem

Tabell 2.1 Hjørneposisjoner til utlagt anlegg

Hjørne	Posisjon Nord	Posisjon Øst
K18	68.25.805	15.52.025
K6	68.25.786	15.52.194
K1	68.25.631	15.52.064
K13	68.25.650	15.51.896

Tabell 2.2 Posisjoner for utlagte bunnfester

Line nr.	Posisjon Nord	Posisjon Øst
Line 101	68.25.597	15.52.421
Line 102	68.25.380	15.51.927
Line 103	68.25.468	15.51.827
Line 104	68.25.491	15.51.739
Line 105	68.25.661	15.51.509
Line 106	68.25.725	15.51.509
Line 107	68.25.758	15.51.589
Line 108	68.25.792	15.51.616
Line 109	68.25.834	15.51.654
Line 109B	68.25.865	15.51.680
Line 110	68.26.035	15.51.369
Line 111	68.25.908	15.52.113
Line 112	68.25.901	15.52.189
Line 113	68.25.893	15.52.296
Line 114	68.25.967	15.52.585
Line 115B	68.25.768	15.52.556
Line 115	68.25.729	15.52.533
Line 116	68.25.696	15.52.504
Line 117	68.25.667	15.52.477
Line 118	68.25.630	15.52.448

Tabell 2.3 Anlegg som benyttes

Orientering (fra nord med klokken) [°]	Antall bur [stk]	Størrøse ramme [m]	Dybde ramme [m]	Innfestninger koblingsplate [stk]	Innfestninger flytekrage [stk]	Avstand ytterparter i innfestningstau [m]
17	2x5	60 x 60	8	12	8	11

Tabell 2.4 Flytekrager som skal benyttes

Type	Antall [stk]	Flyterør [stk]	Omkrets [m]	Gods-tykkelse [mm]	Rør-dimensjon [mm]	Innf.-punkt [stk]	SDR
Sirkel - plast	10	2	90	22.7	400	8	17.6

Tabell 2.5 Not og luseskjørt som skal benyttes

Type not	Antall [stk]	Dybde buntelne/spiss [m]	Halvmaske -vidde [mm]	Tråd diameter [mm]	Soliditet Ren/begrodd	Utspiling Antall / vekt i sjø
Sylinder med kon bunn ¹	10	20/29	15.5	1.783	0.230/0.345	16 x 80 kg + 80 kg i spiss
Luseskjørt	10	7	-	-	Tett duk	-

¹Det er analysert med denne type not da denne vil gi de største lastene i fortøyningssystemet.

Tabell 2.6 Ramme og innfestning/haneføtter som er benyttet i fortøyningssystemet

Komponent	Antall [stk]	Lengde [m]	Materiale	Dimensjon [mm]
Langsgående ramme	15	60	Tau	56
Tversgående ramme	12	60	Tau	56
Innfestningstau til flytekrager	8 x 10 merder	Tilpasset 7	Stropp mot flytekrage Tau Kjetting	40 19
Koblingpunkt	18	-	Stål	12 hull
Innf. av bøyer	18	8	Kjetting	19

Se tabell 2.8 for dimensjoner og materialegenskaper på alle komponenter.

2.6 Linelengder og bunnfester

Tabell 2.7 Fortøyningslinjer som er benyttet i analysen

Line	Type bunnfeste	Dybde bunnfeste [m]	Bunnkjetting		Tau		Toppkjetting		Retning liner [mot °]	Line stigning [°]
			Lengde [m]	Dim [mm]	Lengde [m]	Dim [mm]	Lengde [m]	Dim [mm]		
Line 101	Anker	79	27.5	36	233	48	-	-	104	16
Line 102	Bolt	0	27.5	36	447	56	-	-	191	-1
Line 103	Bolt	0	27.5	36	310	56	-	-	197	-1
Line 104	Bolt	0	27.5	36	288	56	-	-	199	-1
Line 105	Bolt	0	27.5	36	237	48	-	-	274	-2
Line 106	Anker	26	27.5	36	265	48	-	-	285	4
Line 107	Anker	26	27.5	36	231	48	-	-	288	4
Line 108	Anker	30	27.5	36	232	48	-	-	290	5
Line 109	Anker	35	27.5	36	233	48	-	-	294	6
line 109b	Anker	62	27.5	36	238	48	-	-	295	12
line 110	Bolt	0	27.5	30	590	48	-	-	313	-1
line 111	Anker	86	27.5	36	187	48	-	-	17	21
line 112	Anker	85	27.5	36	189	48	-	-	15	21
line 113	Anker	83	27.5	36	195	48	-	-	19	20
line 114	Bolt	0	27.5	36	401	48	-	-	38	-1
line 115b	Anker	43	27.5	36	224	48	-	-	97	8
line 115	Anker	46	27.5	36	229	48	-	-	101	9
line 116	Anker	64	27.5	36	231	48	-	-	102	13
line 117	Anker	79	27.5	36	233	48	-	-	100	16
line 118	Anker	84	27.5	36	235	48	-	-	103	17

Dimensjoner i tabellen er input i analysen. Konstruksjonsdeler til fortøying skal dimensjoneres etter resultat i tabell 3.1 – 3.4

Tabell 2.8 Materialdata for konstruksjonsdeler benyttet i fortøyningsystemet

Type	Diameter [mm]	MBL [t]	E-modul ¹⁾ [N/m ²]	Tverrnittsareal [m ²]	Vekt ²⁾ [kg/m]	Benyttet
Tau	56	55.4	2.0 E9	2.46E-3	2.2	Alle rammestrekk Line 102 - 104
Tau	48	36.6	2.0 E9	1.81E-3	1.6	Line 101 og line 105 – 118
Tau	40	29.6	2.0 E9	1.26E-3	1.1	Alle haneføtter
Kjetting	36	68.6	1.1 E11	2.04E-3	26.6	Mot bunnfeste line 101 – 109B og line 111 – 118
Kjetting	30	52.4	1.1 E11	1.41E-3	21.0	Mot bunnfeste line 110
Kjetting	19	37.0	1.1 E11	5.67E-4	7.9	Mot koblingsplate alle haneføtter All bøyekjetting
Stropp	-	56	-	-	-	Mot flytekrage alle fortøyningslinjer
Sjakkell	-	60	-	-	-	Sjakkell benyttet på alle fortøyningslinjer, rammestrekk, haneføtter og bøyekjetting
Løfteøye	-	42.7	-	-	-	Mellom sjakkell og kause på alle fortøyningslinjer og haneføtter
Løfteøye	-	32.8	-	-	-	Mellom sjakkell og kause på alle rammestrekk
Koblingsplate	-	> 80*	-	-	-	Alle koblingsplater på ramme * «Maks dimensjonerings kraft = 60 t»
Anker	-	68.6	-	-	1200 kg	Bunnfeste line 112
Anker	-	57.1	-	-	1000 kg	Bunnfeste line 101, 106 – 109B, 111 – 113 og 115B – 118
Øyebolt	-	60	-	-	-	Bunnfeste line 102 - 105, 110 og 114

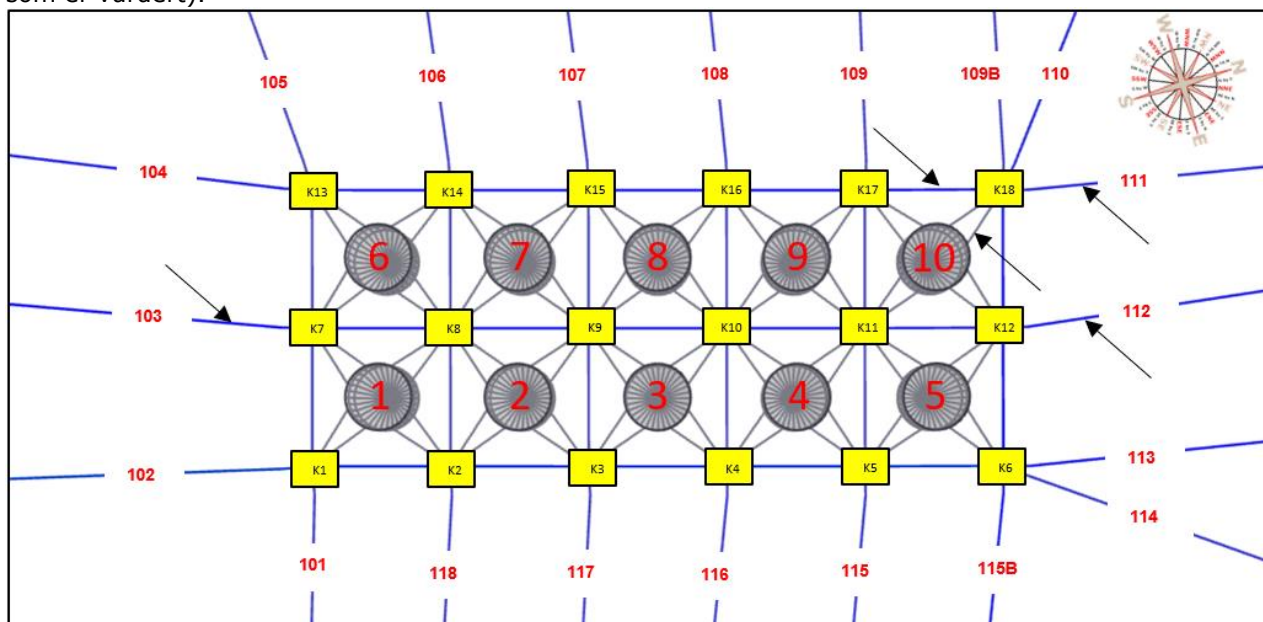
¹⁾Iht. DNV GL «Vurdering av stivhet på tau og kjetting».

²⁾Vekt for tau og kjetting er oppgitt som vekt i luft.

Se tabell [2.6](#), [2.7](#) og [figur 2.1](#) for nummerering

Komponenter som benyttes og skal benyttes fortøyningsystemet må dimensjoneres utifra laster i tabell 3.1 og 3.2, samt tilsvarende tverrnittsareal og e-moduler oppgitt i tabell 2.6.

Figur 2.1 Nummerering av fortøyningslinjer, ramme, koblingspunkt, flytekrager (se også tabell 2.6 og 2.7) og de vurderinger som er gjort av anlegget i ulykkesgrensetilstand (svarte piler angir bruddsteder som er vurdert).



2.7 Ulykkesgrensetilstand

Det er gjort vurderinger av ulykkesgrensetilstand i henhold til kap. 6.5.6 (NS 9415:2009). Tabell 2.9 inneholder de vurderingene som er gjort for fortøyningssystemet. Miljølaster for hver analysert ulykkestilstand er oppgitt i [tabell 2.10](#).

Tabell 2.9 Vurdering av ulykkestilstander.

Det skal vurderes og dokumenteres følgende ulykkestilstander:	Line nummer eller bruddsted (se figur 2)	*Risiko ved brudd (liten, middels, høy)	Vurdering
Brudd i line med størst last	Fortøyningssline 112 Ramme K17-K18	Liten	Dimensjonerende last i line 113 ved brudd i line 112 Dimensjonerende last i innfestning til merd 10 ved brudd i K17-K18
Brudd i line med høyest utnyttelsesgrad	Som over	Som over	Som over
Brudd i line som er kritisk for styrke i det flytende oppdrettsanlegget, spesielt flytekragene.	Ramme K17-K18	Som over	Som over
Brudd i koblingspunkt, for eksempel koblingsplate	Ramme K17-K18	Som over	Som over
Brudd i line som er kritisk for posisjonering av enkeltstående eller gruppe av merder med felles fortøyning, der forflytning kan føre til skade på tilstøtende merder.	Vurdert	Liten	OK
Før opp flere bruddsteder hvis dette er vurdert	Fortøyningssline 111 Fortøyningssline 103 Innfestning til merd 10	Liten	OK Dimensjonerende last i line 104 ved brudd i line 103 OK
Punktering, bortfall eller tap av flytedeler (bøyer, pongtonger)	Sjekket i rev. 2	Liten	OK
Progressivt brudd		Vurdert	
Båtanløp	Ikke vurdert i denne analysen. Kriterier for båtanløp må vurderes spesifikt.		
Vannstandsheving		Vurdert	
Nedising		Vurdert	
*Ref. NS9415:2009 tillegg F.			

2.8 Lastkombinasjoner

De gjeldende miljølastene på lokaliteten er analysert fra 8 retninger med kombinasjoner av 10 års bølger/50 års strøm (kombinasjon 1) og 50 års bølger/10 års strøm (kombinasjon 2). Tabell 2.10 angir lasttilfellene for intakt tilstand (kombinasjon 1 og 2), samt utvalgte lasttilfeller for ulykkesgrensetilstand og utmatting.

Tabell 2.10 Anlegget er analysert med følgende lastkombinasjoner og med sammenfallende laster som fremgår under:

Tilstand	Miljølast fra	Hs		Tp	U10	5 meter		15 meter	
		Retning	[m]			[s]	[m/s]	[m/s]	[grader]
Kombinasjon 1	N	15	0.8	2.5	23	0.50	180	0.27	195
"	NØ	30	0.7	2.4	23	0.33	210	0.11	210
"	Ø	105	0.5	1.8	23	0.18	285	0.31	285
"	SØ	150	1.0	3.7	26	0.28	315	0.50	315
"	S	165	1.2	4.5	23	0.26	0	0.40	345
"	SV	210	1.0	4.6	26	0.18	30	0.10	30
"	V	285	0.6	1.8	26	0.34	105	0.12	105
"	NV	330	0.6	2.1	23	0.43	150	0.23	150
Kombinasjon 2	N	15	0.9	2.5	26	0.45	180	0.24	195
"	NØ	30	0.8	2.7	26	0.29	210	0.09	210
"	Ø	105	0.6	2.0	26	0.16	285	0.27	285
"	SØ	150	1.1	4.1	29	0.25	315	0.45	315
"	S	165	1.4	5.0	26	0.23	0	0.35	345
"	SV	210	1.1	5.1	29	0.16	30	0.09	30
"	V	285	0.7	2.0	29	0.31	105	0.11	105
"	NV	330	0.7	2.3	26	0.38	150	0.20	150
Ulykkestilstander og utmatting									
Brudd line 112	N	15	0.8	2.5	23	0.50	180	0.27	195
Brudd ramme K17-K18	N	15	0.8	2.5	23	0.50	180	0.27	195
Brudd line 111	N	15	0.8	2.5	23	0.50	180	0.27	195
Brudd line 103	S	165	1.2	4.5	23	0.26	0	0.40	345
Brudd hanefot m10	N	15	0.9	2.5	26	0.45	180	0.24	195
Utmatting 19 mm kjetting	N	15	0.9	2.5	26	0.45	180	0.24	195
Utmatting 30 mm kjetting	SØ	150	1.0	3.7	26	0.28	315	0.50	315
Utmatting 36 mm kjetting	S	165	1.4	5.0	26	0.23	0	0.35	345

3 KOMPONENTKRAV TIL FORTØYNINGSUTSTYR

3.1 Resultater intakt- og ulykkesgrensetilstand

Tabell 3.1a Laster i intakt- og ulykkesgrensetilstand, dimensjonerende last i ramme

Ramme	Last statisk $\lambda_f = \lambda_m = 1$ [t]	Intakt tilstand				Ulykkesgrensetilstand				Utnyttet			Vurdering
		Last line $\lambda_f = 1.15$ [t]	MBL tau $\lambda_m = 3$ [t]	MBL Kjetting $\lambda_m = 2$ [t]	1.flyt kobl.pkt $\lambda_m = 1.5$ [t]	Last line $\lambda_f = 1$ [t]	MBL tau $\lambda_m = 2$ [t]	MBL Kjetting $\lambda_m = 1.33$ [t]	1.flyt kobl.pkt $\lambda_m = 1$ [t]	Tau [%]	Kjetting, sjakler og ring [%]	Kobl .pkt [%]	
Ramme tvers	1.5	3.4	10.1	6.7	5.1	3.5	7.1	4.7	3.5	18	21	8	OK
K1-K2	1.6	6.7	20.2	13.4	10.1	7.1	14.3	9.5	7.1	36	41	17	OK
K2-K3	1.6	5.4	16.1	10.7	8.0	5.7	11.3	7.5	5.7	29	33	13	OK
K3-K4	1.6	3.7	11.2	7.4	5.6	3.8	7.6	5.1	3.8	20	23	9	OK
K4-K5	1.6	3.9	11.7	7.8	5.8	4.7	9.4	6.2	4.7	21	24	10	OK
K5-K6	1.6	5.3	16.0	10.7	8.0	6.9	13.8	9.2	6.9	29	33	13	OK
K7-K8	1.2	6.5	19.4	12.9	9.7	0.4	0.9	0.6	0.4	35	39	16	OK
K8-K9	1.1	4.5	13.4	8.9	6.7	1.8	3.5	2.3	1.8	24	27	11	OK
K9-K10	1.1	3.0	9.0	6.0	4.5	3.0	6.1	4.0	3.0	16	18	7	OK
K10-K11	1.0	4.5	13.5	9.0	6.8	5.5	10.9	7.3	5.5	24	27	11	OK
K11-K12	0.8	6.3	18.8	12.5	9.4	7.9	15.9	10.6	7.9	34	38	16	OK
K13-K14	1.5	4.8	14.5	9.7	7.3	6.8	13.6	9.0	6.8	26	30	12	OK
K14-K15	1.6	3.9	11.7	7.8	5.9	4.9	9.8	6.5	4.9	21	24	10	OK
K15-K16	1.5	5.2	15.7	10.5	7.8	4.8	9.7	6.5	4.8	28	32	13	OK
K16-K17	1.5	7.4	22.2	14.8	11.1	6.7	13.4	9.0	6.7	40	45	19	OK
K17-K18	1.3	7.9	23.7	15.8	11.9	8.9	17.8	11.9	8.9	43	48	20	OK

Rød skrift er dimensjonerende last og krav til MBL for fortøyningskomponentene.

λ_f = lastfaktor

λ_m = materialfaktor

Fortøyningskomponenter benyttet i fortøyningsarrangementet skal ha tilstrekkelig kapasitet jmf. laster i tabell 3.1a (se også [tabell 2.6](#), [tabell 2.8](#) og [figur 1.1](#) og [2.1](#)) og dimensjonerende brukstid for komponentene skal være definert for hver fortøyningskomponent.

Tabell 3.1b Laster i intakt- og ulykkesgrensetilstand, dimensjonerende last i hanefot/innfestninger til flytekrager

Innfst.	Last statisk $\lambda_f = \lambda_m = 1$ [t]	Intakt tilstand				Ulykkesgrensetilstand				Utnyttet			Vurdering
		Last line $\lambda_f = 1.15$ [t]	MBL tau $\lambda_m = 3$ [t]	MBL Kjetting $\lambda_m = 2$ [t]	1.flyt kobl.pkt $\lambda_m = 1.5$ [t]	Last line $\lambda_f = 1$ [t]	MBL tau $\lambda_m = 2$ [t]	MBL Kjetting $\lambda_m = 1.33$ [t]	1.flyt kobl.pkt $\lambda_m = 1$ [t]	Tau [%]	Kjetting, sjakler og ring [%]	Kobl .pkt [%]	
Hanefot m1	0.1	2.2	6.7	4.5	3.4	2.9	5.8	3.8	2.9	23	12	6	OK
Hanefot m2	0.1	2.4	7.3	4.8	3.6	2.2	4.5	3.0	2.2	25	13	6	OK
Hanefot m3	0.1	2.3	7.0	4.7	3.5	2.3	4.5	3.0	2.3	24	13	6	OK
Hanefot m4	0.1	3.1	9.4	6.3	4.7	2.7	5.4	3.6	2.7	32	17	8	OK
Hanefot m5	0.1	3.1	9.4	6.3	4.7	4.1	8.2	5.5	4.1	32	17	8	OK
Hanefot m6	0.1	2.3	6.8	4.5	3.4	3.3	6.6	4.4	3.3	23	12	6	OK
Hanefot m7	0.1	2.8	8.4	5.6	4.2	2.6	5.3	3.5	2.6	28	15	7	OK
Hanefot m8	0.1	3.2	9.5	6.3	4.7	2.4	4.8	3.2	2.4	32	17	8	OK
Hanefot m9	0.1	3.4	10.1	6.8	5.1	3.7	7.4	4.9	3.7	34	18	8	OK
Hanefot m10	0.1	4.5	13.5	9.0	6.8	7.2	14.4	9.6	7.2	49	26	12	OK

Rødt skrift er dimensjonerende last og krav til MBL for fortløyningskomponentene.

λ_f = lastfaktor

λ_m = materialfaktor

Fortøyningskomponenter benyttet i fortøyningsarrangementet skal ha tilstrekkelig kapasitet jmf. laster i tabell 3.1b (se også [tabell 2.6](#), [tabell 2.8](#) og [figur 1.1](#) og [2.1](#)) og dimensjonerende brukstid for komponentene skal være definert for hver fortøyningskomponent.

Tabell 3.2 Laster i intakt- og ulykkesgrensetilstand og dimensjonerende last i fortøyningslinjer

Line	Last statistisk $\lambda_f = \lambda_m = 1$ [t]	Intakt tilstand				Ulykkesgrensetilstand				Utnyttet			Vurdering
		Last line $\lambda_f = 1.15$ [t]	MBL tau $\lambda_m = 3$ [t]	MBL Kjetting $\lambda_m = 2$ [t]	1.flyt kobl.pkt $\lambda_m = 1.5$ [t]	Last line $\lambda_f = 1$ [t]	MBL tau $\lambda_m = 2$ [t]	MBL Kjetting $\lambda_m = 1.33$ [t]	1.flyt kobl.pkt $\lambda_m = 1$ [t]	Tau [%]	Kjetting, sjakler og ring [%]	Kobl -pkt [%]	
Line 101	1.2	3.7	11.0	7.3	5.5	2.4	4.7	3.1	2.4	30	17	9	OK
Line 102	1.8	8.0	24.1	16.0	12.0	9.4	18.8	12.6	9.4	43	38	20	OK
Line 103	1.5	8.6	25.7	17.1	12.8	1.5	2.9	1.9	1.5	46	40	21	OK
Line 104	1.4	5.4	16.3	10.9	8.2	8.6	17.2	11.4	8.6	31	27	14	OK
Line 105	1.4	3.3	9.9	6.6	4.9	2.6	5.1	3.4	2.6	27	15	8	OK
Line 106	1.3	4.2	12.7	8.5	6.3	3.0	6.0	4.0	3.0	35	20	11	OK
Line 107	1.3	4.7	14.1	9.4	7.0	3.5	7.0	4.6	3.5	38	22	12	OK
Line 108	1.3	4.7	14.0	9.4	7.0	3.9	7.8	5.2	3.9	38	22	12	OK
Line 109	1.2	4.9	14.7	9.8	7.3	4.6	9.2	6.1	4.6	40	23	12	OK
line 109b	1.0	2.5	7.5	5.0	3.8	2.5	5.1	3.4	2.5	21	12	6	OK
line 110	0.7	2.7	8.0	5.4	4.0	3.6	7.3	4.8	3.6	22	13	7	OK
line 111	1.1	10.4	31.2	20.8	15.6	11.4	22.8	15.2	11.4	85	49	26	OK
line 112	1.1	11.1	33.3	22.2	16.6	13.8	27.6	18.4	13.8	91	52	28	OK
line 113	0.9	4.9	14.6	9.7	7.3	7.3	14.6	9.8	7.3	40	23	12	OK
line 114	0.8	3.0	8.9	5.9	4.4	4.4	8.8	5.9	4.4	24	14	7	OK
line 115b	1.4	3.8	11.3	7.5	5.7	3.8	7.7	5.1	3.8	31	18	9	OK
line 115	1.3	5.0	15.0	10.0	7.5	2.1	4.2	2.8	2.1	41	23	12	OK
line 116	1.3	5.3	16.0	10.6	8.0	2.2	4.4	2.9	2.2	44	25	13	OK
line 117	1.3	5.0	15.1	10.1	7.6	2.2	4.4	2.9	2.2	41	24	13	OK
line 118	1.3	4.9	14.8	9.9	7.4	2.5	5.0	3.3	2.5	40	23	12	OK

Rød skrift er dimensjonerende last og krav til MBL for fortøyningskomponentene.

λ_f = lastfaktor

λ_m = materialfaktor

Fortøyningskomponenter benyttet i fortøyningsarrangementet skal ha tilstrekkelig kapasitet jmf. laster i tabell 3.2 (se også [tabell 2.7](#), [tabell 2.8](#) og [figur 1.1](#) og [2.1](#)) og dimensjonerende brukstid for komponentene skal være definert for hver fortøyningskomponent.

Tabell 3.3 Krav til holdekraft i bunnfester og vertikale laster i fortøyningslinjer. Tabellen inneholder dimensjonerende laster

Line	Last i linen [t]	Linestigning [°]	¹ Vertikal last [t]	Holdekraft bunnfeste [t]	MBL bunnfeste [t]	Utnyttet [%]	Vurdering
Line 101	3.7	16	0.2	3.7	11.0	19	OK
Line 102	8.0	-1	0.0	8.0	24.1	40	OK
Line 103	8.6	-1	0.0	8.6	25.7	43	OK
Line 104	8.6	-1	0.0	8.6	17.2	29	OK
Line 105	3.3	-2	0.0	3.3	9.9	16	OK
Line 106	4.2	4	0.0	4.2	12.7	22	OK
Line 107	4.7	4	0.0	4.7	14.1	25	OK
Line 108	4.7	5	0.0	4.7	14.0	25	OK
Line 109	4.9	6	0.0	4.9	14.7	26	OK
line 109b	2.5	12	0.0	2.5	7.5	13	OK
line 110	2.7	-1	0.0	2.7	8.0	13	OK
line 111	10.4	21	0.4	10.4	31.2	55	OK
line 112	11.1	21	2.6	11.1	33.3	49	OK
line 113	7.3	20	0.8	7.3	14.6	26	OK
line 114	3.0	-1	0.0	3.0	8.9	15	OK
line 115b	3.8	8	0.0	3.8	11.3	20	OK
line 115	5.0	9	0.0	5.0	15.0	26	OK
line 116	5.3	13	0.4	5.3	16.0	28	OK
line 117	5.0	16	0.5	5.0	15.1	26	OK
line 118	4.9	17	0.6	4.9	14.8	26	OK

¹Vertikale laster er oppgitt uten lastfaktor (dvs. 1.0).

Ulykkestilstand

3.2 Bøyer

Metode er beskrevet i [Appendix B](#). Lastene i bøyer fremkommer som vertikal last i koblingspunkter. Resultatene fremgår i tabell 3.4.

Tabell 3.4 Vertikale laster i koblingspunkter.

Koblingspunkt til ramme (se figur 2)	Maks vertikale laster i kobl. pkt.		Bøystørrelse	
	Med strøm, vind og bølgelast	Med strøm og vindlast	Fjærstivhet	Oppdrift
	[t]	[t]	[N/m]	[l]
K1	1.0	0.5	1.14E+04	850
K2	0.9	0.5	1.14E+04	850
K3	1.0	0.4	1.14E+04	850
K4	0.8	0.4	1.14E+04	850
K5	0.8	0.8	1.14E+04	850
K6	1.0	0.8	1.14E+04	850
K7	0.5	0.2	1.14E+04	850
K8, K9, K10, K11	0.3	0.3	1.14E+04	850
K12	0.8	0.8	1.14E+04	850
K13	0.5	0.1	1.14E+04	850
K14	0.6	0.2	1.14E+04	850
K15	0.7	0.2	1.14E+04	850
K16	0.6	0.2	1.14E+04	850
K17	0.7	0.2	1.14E+04	850
K18	0.8	0.8	1.14E+04	850

Laster er oppgitt uten lastfaktor ($\lambda_f = 1$)

3.3 Kapasitetskontroll flytekrage

Det er gjort en kapasitetskontroll mellom laster i innfestninger mot kapasitet i flytekrage. Metode er beskrevet i [Appendix B](#).

Tabell 3.5 Kontroll av kapasitet i flytekrage.

Flytekrage	Last i innfestning inkl. 1.15 [t]	Last i innfestning uten 1.15 [t]	Min. kapasitet flytekrage [t]	Vurdering
90m – Ø400 Polarcirkel	4.5	3.9	9.7	OK

3.4 Utmatting

For å komme frem til laveste levetid på kjetting er utmattingsberegningen utført med de lasttilfellene som gir størst spenningsvidde. Resultater fra utmattingsberegning er gitt i Tabell 3.6. Det er også oppgitt dominerende vindretning med tilhørende årlig frekvens på nærmeste målestasjon. Se Appendix B.3 for en mer detaljert beskrivelse av metodikken.

Tabell 3.6 Levetid på komponentene.

Målestasjon	Offersøy			
Vindretning / frekvens [%]	ØNØ / 23.1			
Komponent	Plassering ¹	Levetid	² Bølgeretning	Summert delskade
19 mm kjetting	Hanefot	> 20 år	N	0.019
30 mm stolpekjetting	Mot bunnfeste line 110	> 20 år	SØ	3.72E-06
36 mm kjetting	Mot bunnfester	> 20 år	S	0.001

¹ Se tabell 1.7.
² Bølgeretning for høyeste spenningsvidde

Tabell 3.7 Levetidsberegning kjetting.

Kjettingdim [mm]		50 års Tz [s]	Linelast [t]	Spenningsvidde [Mpa]	Ant. lastcykler i 20 år	Akkumulert skade	Summert delskade
19	Str+Vnd+Blg	12*60*60	3.9	68	2.06E+04	0.005	0.079
	Blg	2.50	1.5	25	3.55E+08	0.074	
30	Str+Vnd+Blg	12*60*60	0.81	6	2.06E+04	1.49E-06	3.72E-06
	Blg	2.6	0.16	1	2.40E+08	2.23E-06	
36	Str+Vnd+Blg	12*60*60	6.89	33	2.06E+04	0.001	0.001
	Blg	3.6	0.45	2	1.78E+08	0.000	

S-N kurve: a = 6.00E+10 (Stolpe); a = 1.20E+11 (Stolpe); m=3
Weibull formfaktor h=1
Retningsfaktor b=1

Hvis det benyttes kjetting som har kortere levetid enn kravene i NS 9415:2009 må det utarbeides rutiner som ivaretar sikkerheten til fortøyningen mht. ettersyn og utskiftning. Årlig reduseres tykkelsen på kjetting i stål pga. tæring og levetiden er i praksis noe lavere. Hvis ikke kjettingen ettersees årlig, skal tykkelsen antas å minke 0.4 mm hvert år mellom hvert ettersyn (NS 9415:2009). Kjetting med øvrig utstyr må ettersees i henhold til brukerhåndbok. Forøvrig er det benyttet formler og konstanter for stolpeløs kjetting angitt i kap. 11.6 i NS 9415:2009.

Det er ikke utført analyser for utmatting på tau siden laster i liner ikke gir spenninger over 170 MPa. Se figur 4.3 som viser Von Mises spenninger i fortøyningssystemet.

3.5 Kommentarer

Anlegget er analysert både i intakt- og ulykkesgrensetilstand i henhold til kravene i NS 9415:2009. Vurderte ulykkesgrensetilstander er oppgitt i tabell [2.9](#) og [2.10](#). I ulykkesgrensetilstand vil det oppstå dimensjonerende laster i følgende komponenter/liner:

- Innfestning til merd 10
- Line 104
- Line 113

Øvrige komponenter i fortøyningsystemet skal dimensjoneres etter laster som fremkommer i intakt tilstand.

Komponenter som er benyttet i analysen er oppgitt i tabell [2.8](#). Resultater er oppgitt i tabell [3.1](#) – [3.5](#). Materialfaktorer for konstruksjonsdeler til fortøyning er hentet fra tabell 13 i NS9415, og inngår i [Appendix B](#) i denne rapporten. Tabell 3.1 – 3.5 er inkludert med materialfaktorer.

Høyeste laster og utnyttelser i fortøyningskomponenter for lokaliteteten er oppgitt i tabell nedenfor.

Tabell 3.8 Høyeste laster og utnyttelse i fortøyningsliner, ramme og innfestning/hanefot.

Høyeste laster intakt tilstand	[tonn]
Fortøyningsline 112	11.1
Ramme K17-K18	7.9
Hanefot/innfestning til merd 10	4.5
Høyeste laster ulykkesgrensetilstand	[tonn]
Fortøyningsline 112	13.8
Ramme K17-K18	8.9
Hanefot/innfestning til merd 10	7.2
Høyest utnyttelse	[%]
Fortøyningsline 112	91
Ramme K17-K18	48
Hanefot/innfestning til merd 10	49

Det er analysert med brudd i flere komponenter og nødvendig sikkerhet mot havari er vurdert som tilfredstillende (se tabell 2.9 for risikovurdering).

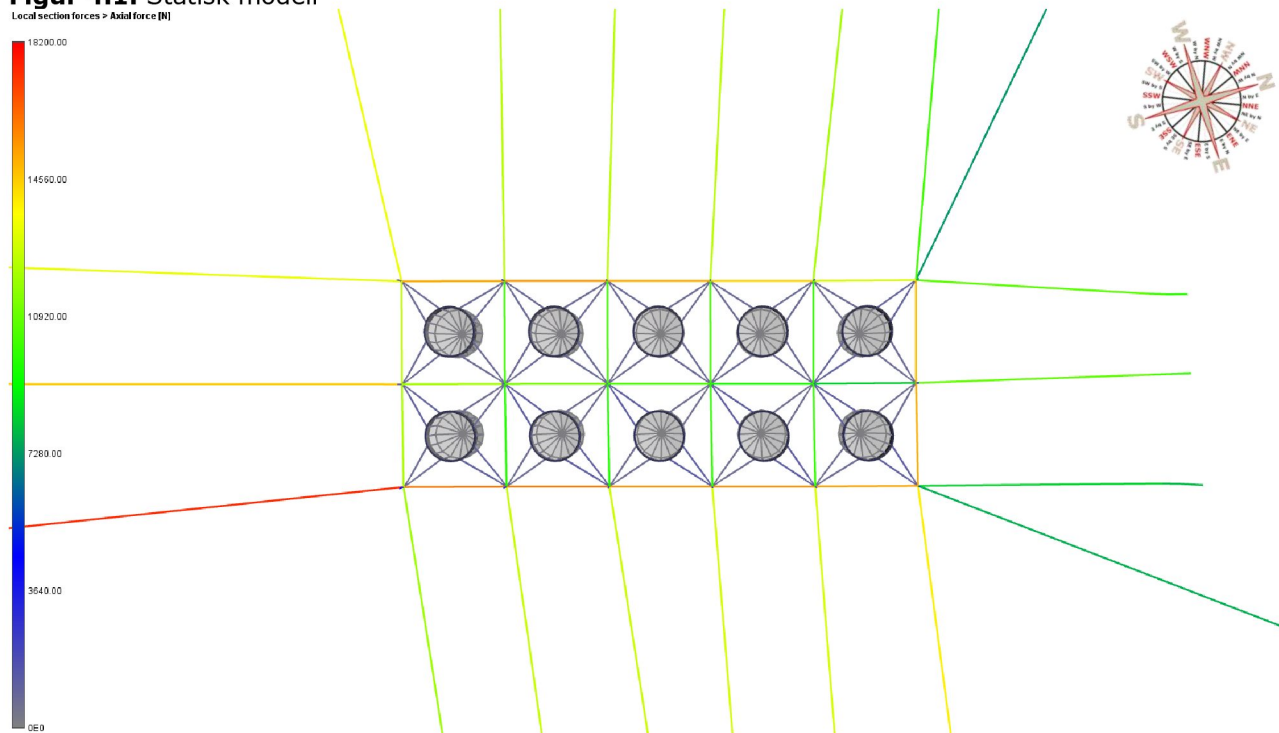
Kapasitetsvurdering på tau, kjetting og kjettingkomponenter, bunnfester, koblingsplater, stropper og bøyer er utført for konstruksjonsdeler benyttet i utlagt fortøyningsystem. Konstruksjonsdeler til fortøyning og flytekrager har tilstrekkelig kapasitet.

Det flytende oppdrettsanlegget er/ og skal dimensjoneres etter de laster som fremkommer i tabell 3.1 - 3.5.

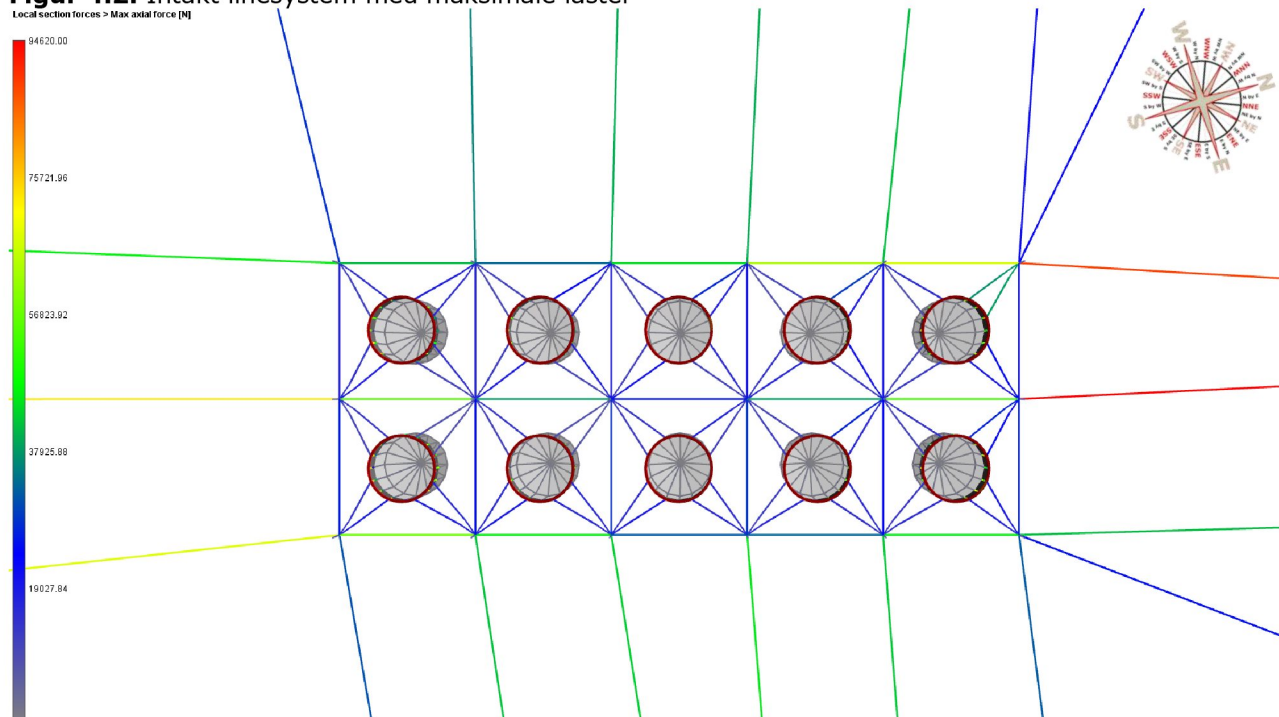
4 AQUASIM MODELLER

4.1 Intakt system

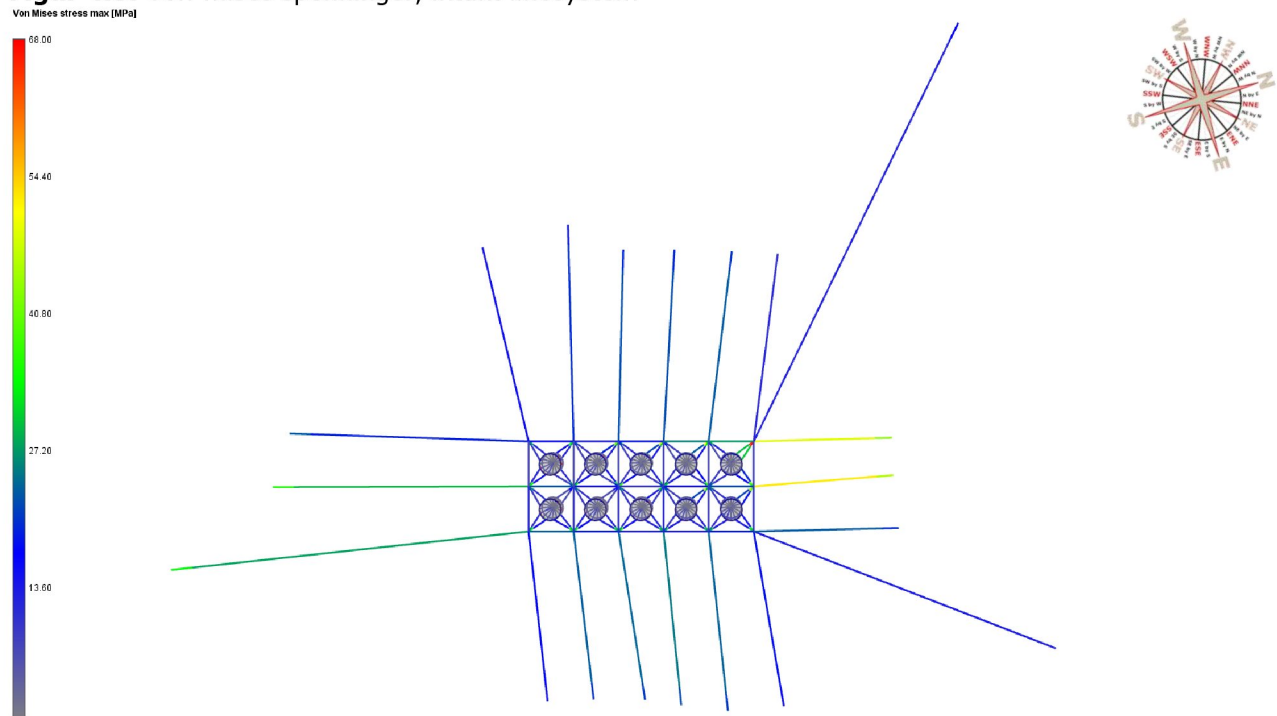
Figur 4.1. Statisk modell



Figur 4.2. Intakt linesystem med maksimale laster

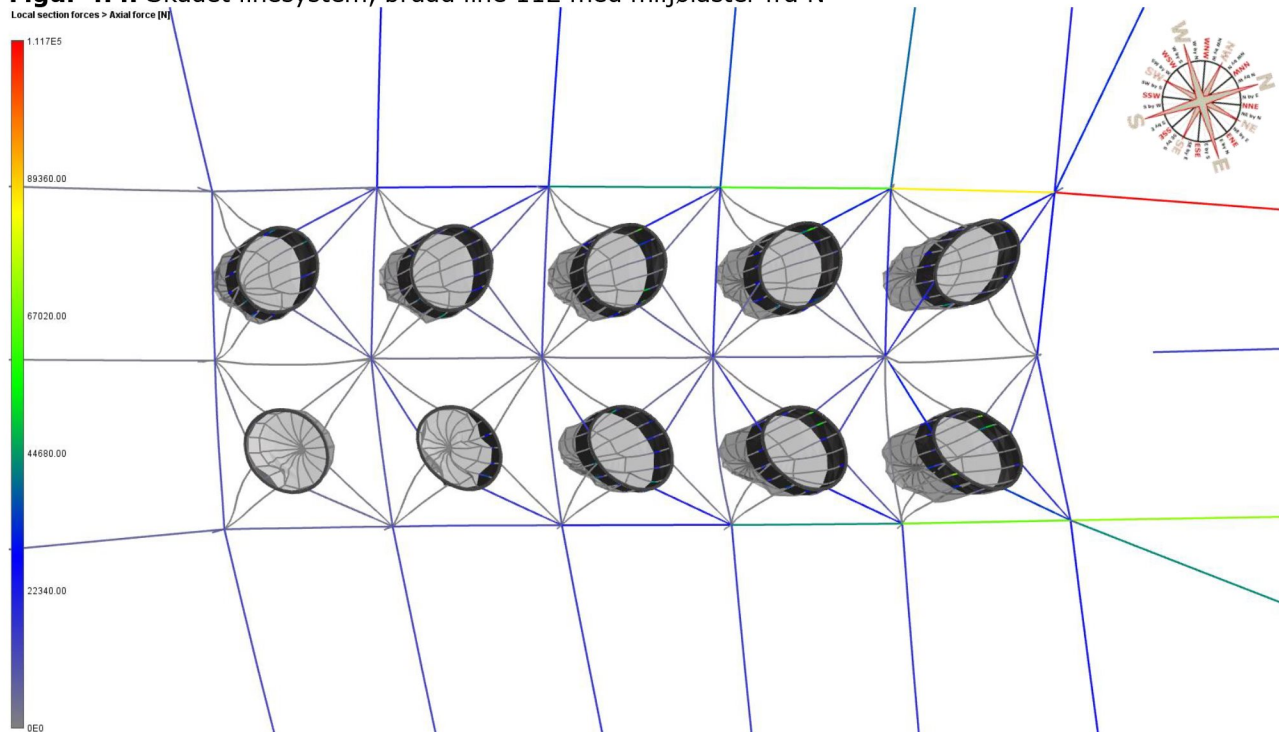


Figur 4.3. Von-mises spenninger, intakt linesystem

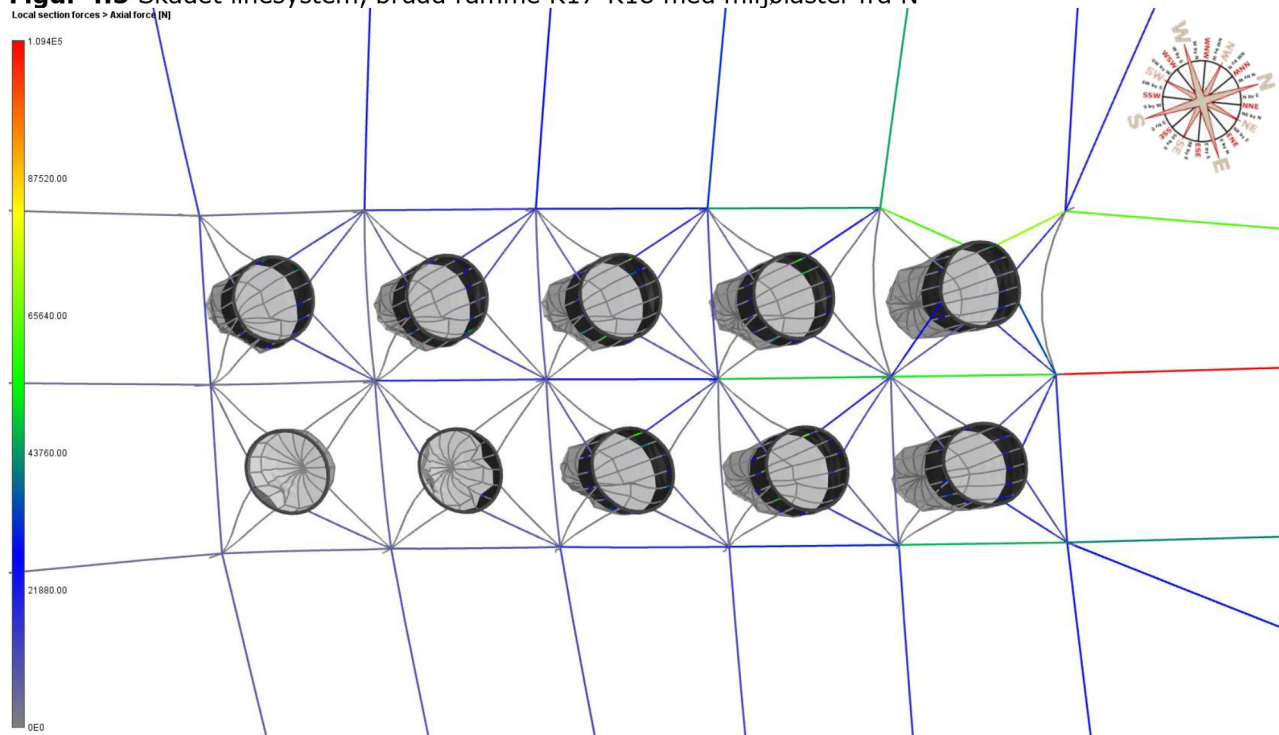


4.2 Ulykkesgrensetilstand

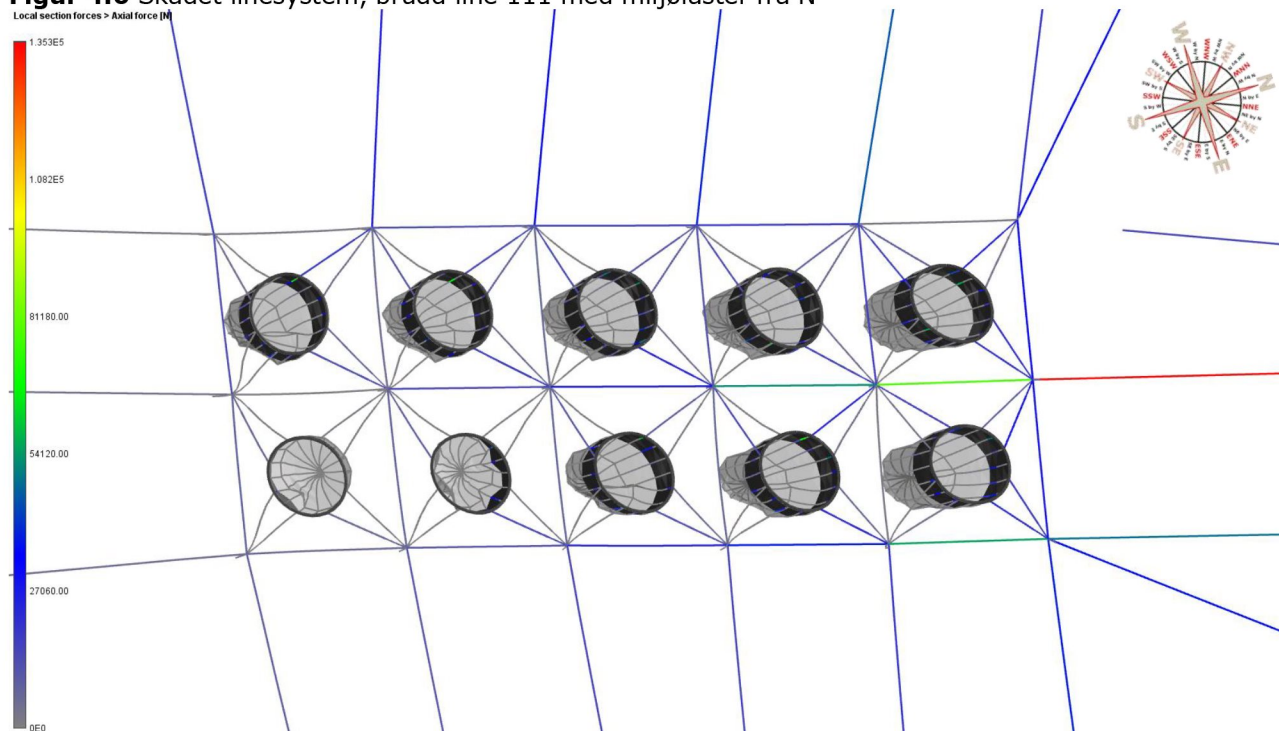
Figur 4.4. Skadet linesystem, brudd line 112 med miljølaster fra N



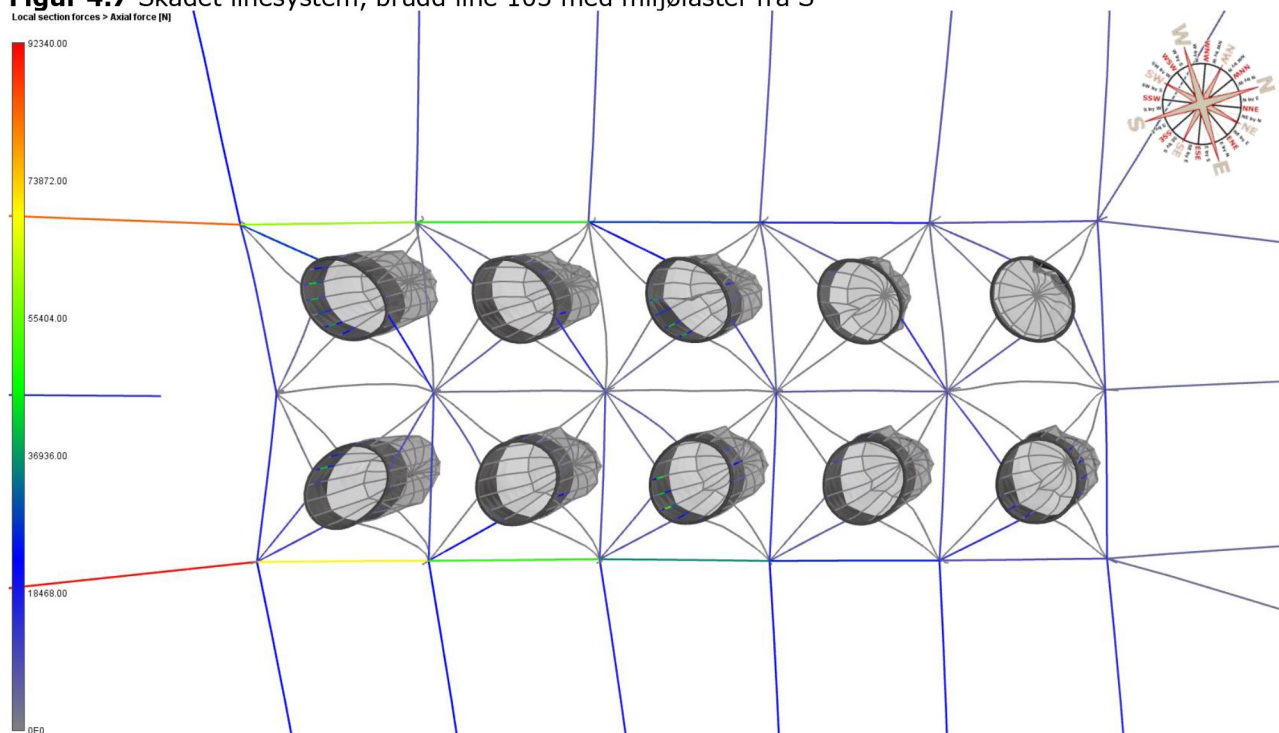
Figur 4.5 Skadet linesystem, brudd ramme K17-K18 med miljølaster fra N



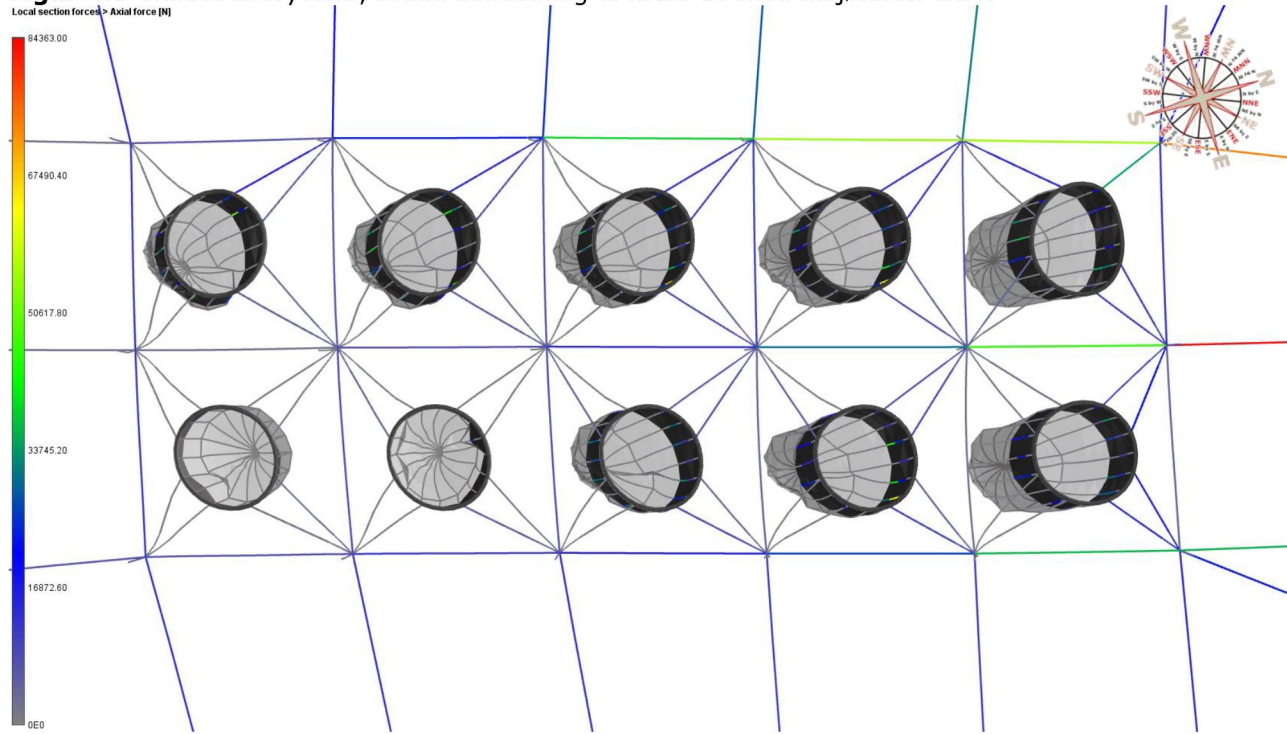
Figur 4.6 Skadet linesystem, brudd line 111 med miljølaster fra N



Figur 4.7 Skadet linesystem, brudd line 103 med miljølaster fra S



Figur 4.8 Skadet linesystem, brudd innfestning til merd 10 med miljølaster fra N



5 TIL KUNDE OG LEVERANDØR AV KOMPONENTER

Sertifikater og dokumentasjon på komponenten

Alle sertifikater, dokumentasjon og brukerhåndbøker som følger med komponentene i beskrevet fortøyningsanalyserapport, skal samles og oppbevares på et egnet sted for gjennomføring av vedlikehold. Alle sertifikater, dokumentasjon og brukerhåndbøker skal legges til grunn for drift og vedlikehold av fortøyningssystemet. Konstruksjonsdeler som inngår i fortøyning og kan ha betydning for rømmingsfaren, skal være produktsertifisert og i samsvar med krav fastsatt i NS 9415:2009. Dette gjelder kun for konstruksjonsdeler som leveres ny fra leverandør og tas i bruk etter 1. januar 2013.

Representativ for utlagt fortøyningsystem

Ansvarlig utlegger plikter å ha montert fortøyningsutstyr iht. leverandørens manualer og sertifikater. Denne plikter også å oppgi korrekte produktsertifikater, brukerhåndbøker, fortøyningsrapport og fortøyningsinspeksjonsrapport etter utsett av nye fortøyninger og fortøyningsystem, iht. NYTEK §19. Denne dokumentasjonen inngår i vurdering om fortøyningsanalyserapport er representativ for utlagt fortøyningsystem. DNV GL er ikke ansvarlig for feil i underlagsdokumentasjon eller opplysninger om faktisk utlagt fortøyningsystem.

6 REFERANSER

- /1/ NS 9415: "Marine fish farms. Requirements for site survey, risk analyses, design, dimensioning, production, installation and operation", Standard Norge, 2009
- /2/ "Analyse av merder med rettvegget not, med og uten luseskjørt", Aquastructures, rapport nr. TR-30723-1998-1.2, rev. 01, 08.03.13
- /3/ "Årsvind for lokalitet", Windsim
- /4/ "Tidevann", www.sehavniva.no
- /5/ "Kart", Olex, i DNV GL sitt arkiv.
- /6/ "Brukermanual", Hovedkomponenter
- /7/ "Teknisk rapport / stabilitetsrapport", Hovedkomponenter
- /8/ "Benchmarking and validation of Aquasim 2006", Aquastructures rapport nr. 01, 22.08.06
- /9/ "Lokalitetsrapport", Akvaplan-niva AS, Rapport: 6115.02, 17.01.2013
- /10/ "Produktsertifikat not":
 - Vonin Refa: Proforma sertifikat. Refa.C-90 2029 32-UK24x15.5mmsq
- /11/ "Produktsertifikat flytekrage":
 - Akva Group: PS 192-1
- /12/ "Produktsertifikat konstruksjondeler", foreligger
- /13/ "Produktsertifikat luseskjørt":
 - Nortech aqua: LiceFence 140
- /14/ "Fortøyningsrapport":
 - Mortenlaks AS - Ankerliner 1-18, K punkt 1-18, mære innfestning 1-10
 - Komponenter benyttet i rammestreck oversent på epost 06.05.2019
- /15/ "Fortøyningsinspeksjonsrapport", Mortenlaks AS, ROV-kontroll fortøyningsline 101 - 118

APPENDIX A

Programvare, Aquasim

AquaSim er en programpakke bestående av primært to deler: AquaEdit og AquaView. I AquaEdit tegnes modeller i 3D og legges i ulike komponentgrupper med mål angitt fra prosjekteringen. Modeller blir koblet sammen av noder og elementer. De ulike komponentgrupper defineres med material karakteristikker fra prosjekteringen. Videre angis miljølaster i henhold til lokalitetsrapport for gitt lokalitet og analysen kan starte. Etter at analysen er ferdig, åpnes kjørefiler i AquaView hvor nødvendige maks verdier tas ut fra hver komponentgruppe og lastkombinasjon. Konvergensfilen (Conv.txt) blir rutinemessig gjennomgått for å få oversikt over alle stegene som er kjørt i analysen. Fra første til siste steg kan man lese av hvor mange iterasjoner som har blitt brukt før man går til neste steg. Alle resultater oppsummeres i tabeller i kapittel 3.

For øvrig informasjon om programvare/system henvises det til brukermanualer til AquaSim, se referenser.

Tabell A.1 AquaSim - input

Versjon		2.14.0-2169	
Bølger	Antall steg, påføring av strøm	Antall fullt utviklet bølger	Antall steg per bølge
Regulære	5	2	20
Irregulære	5	2	100

APPENDIX B

Material - metodikk

Tabell B.1 Materialfaktorer (ref. NS 9415:2009 Tabell 13)

Type tau/komponenter	Materialfaktor
Syntetisk tau	3.0
Syntetisk tau med knute	5.0
Kjetting og kjettingskomponenter	2.0
Brukt kjetting	5.0
Koblingsplater og andre koblingspunkter av stål	1.5 ¹⁾
Sjakler	2.0
Klumpfester, se kap. 11.3.6.4 NS 9415:2009	2.0 x dimensjonerende last
Anker, se kap. 11.3.6.2 NS 9415:2009	Overstige den dimensjonerende kraft
Fjellbolter og andre bunnfester	3.0
¹⁾ I ulykkestilstand deles materialfaktoren på 1.5	
²⁾ Første flyt	

B.1 Bøyer

Nødvendige bøyestørrelser kan være utfordrende å beregne og ofte har det vist seg at bøyene som benyttes ved slike typer fortøyningssystemer har for mye oppdrift. Dette kan forårsake at bøyene slites raskere slik at oppdriften på sikt kan reduseres (f.eks. utrivning i plasten som kan føre til punktering). For å beregne minimumsstørrelser på bøyer blir det derfor gjort en beregning hvor strøm og vindlasten er isolert bort fra bølgelasten. Netto oppdrift på koblingspunktene til bøyene bør overskride vertikal last i koblingspunktene, ellers så kan bøyene neddykkes. Lastene i rapporten fremkommer som vertikal last i koblingspunkter.

B.2 Kapasitet innfestningspunkt

Kapasiteter i innfestningspunkt vurderes i intakt tilstand, uten lastfaktor. Kapasiteten i innfestningspunkt på hovedkomponent er beregnet med egen lastfaktor i styrkeanalyser som inngår i en sertifisering eller hovedkomponentbevis. Lastfaktor 1.15 er for fortøyninger spesifikt. Lastfaktorer er i henhold til NS 9415 kap. 6.6 og tabell 3, 4 og 5.

B.3 Ising - ulykkeslast

Vannstandsheving og nedising skal vurderes i ulykkestilstand (lastfaktor 1.0 istedenfor 1.15 i intakt tilstand) og blir generelt vurdert til ikke å føre til økning av dimensjonerende laster i fortøyningssystemet. Ved nedising av flytekragene blir disse tyngre i havet og de rykklastene som kan oppstå når flytekragene blir påvirket av bølger blir mindre enn når flytekrager uten is beveger seg. Den evt. økning i vindlast på anlegget pga. gjenising av hoppenett i not vil i fleste tilfeller ikke bidra til økning i dimensjonerende laster. Sannsynligheten for progressivt brudd er liten hvis fortøyningskomponentene dimensjoneres etter de laster og spesifikasjoner som oppgis i rapporten.



About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.