

NOTAT

Consult as
Nyvoll

Prosjekt nr:	15043	Prosjekt:	Flytende Cruisekal i Validal				
Notat nr.:	N-001	Utgave:	1	Dato:	12.11.15	Utarbeidet av:	Svein Ove Nyvoll
Sak:	Sammenstilling og plassering						

DISTRIBUSJON:

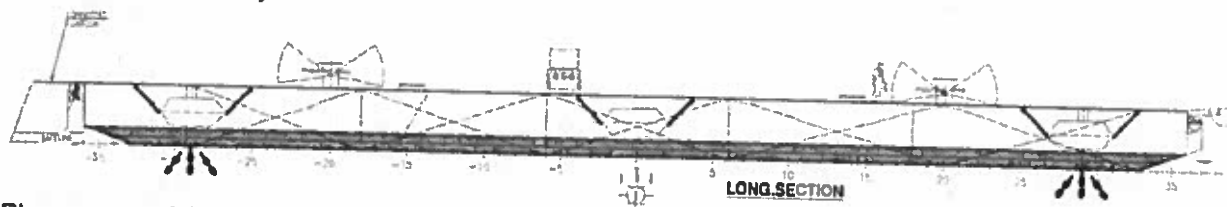
Til	Kopli	Firma	ID	Kontaktperson	Mail
X		Fiord Pontoon Norway AS		Aslak Lefdal	

1. Generelt

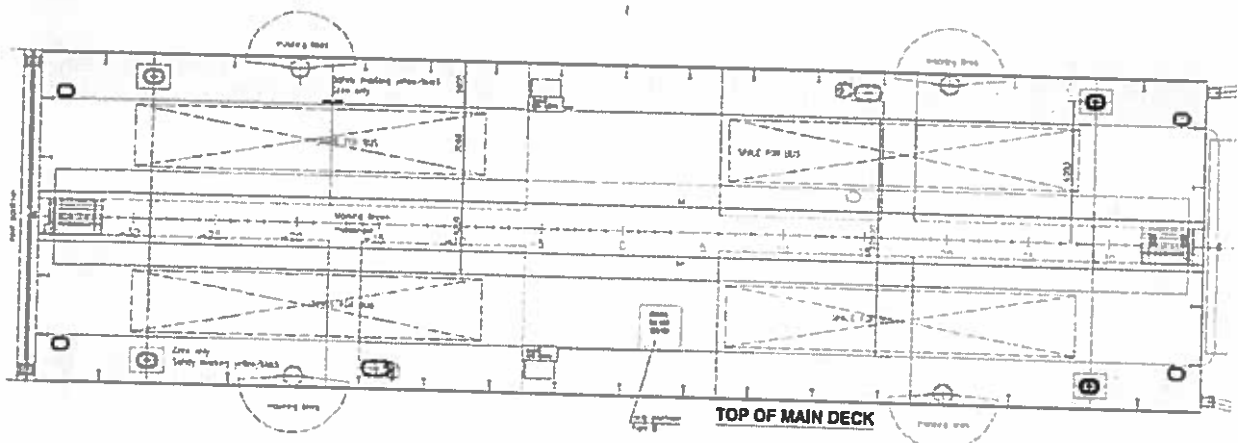
Fiord Pontoon Norway AS har utviklet et konsept med seriekoblede flytebrygger i stål som en alternativ løsning til en kal som er fundamentert på sjøbunn. Det benyttes 50m lange moduler som seriekobles til en sammenhengende kaikonstruksjon. Disse forankres med tversgående moringer med lodd og ankere, samt et fast landfeste med roteringsmulighet og langsgående moringer med ankere i kaiens forlengelse. Det er tatt utgangspunkt i godt utprøvde løsninger som den russiske marinen benytter og modifisert modulene til sivilt formål.

Flytemodulene i stål har alle følgende dimensjoner:
Lengde: 50,40m (Lengde 51,23m mellom koblinger)
Bredde: 14,00m
Høyde: 2,70m
Draft: 0,50m uten nyttelast.
Avstand mellom forankringer: 40,60m

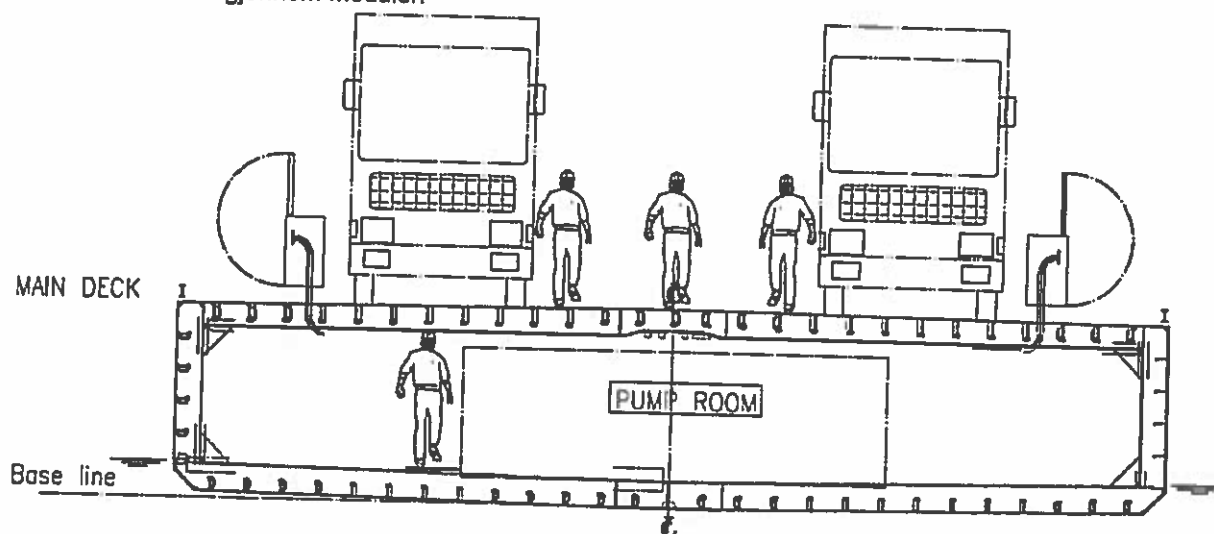
Lengdesnitt gjennom flytemodul



Plan av en modul



Orienterende snitt gjennom moduler:

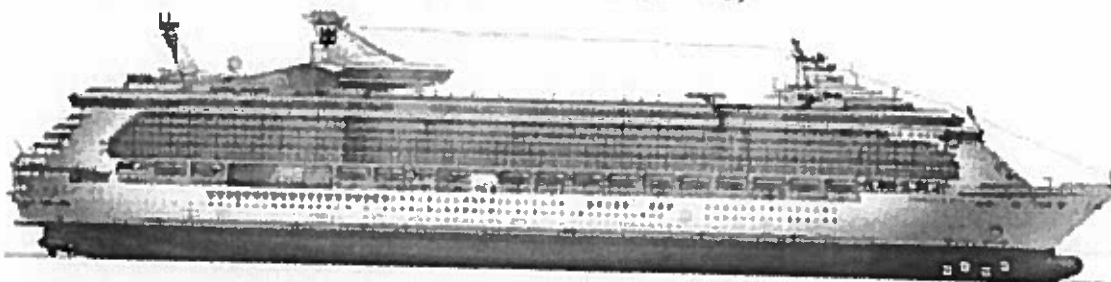


Designmessig tas det utgangspunkt i en Cruisebåt i "Freedom"-klassen som tilsvarer følgende mål:

Liberty of the Seas

Nøkkeldata:

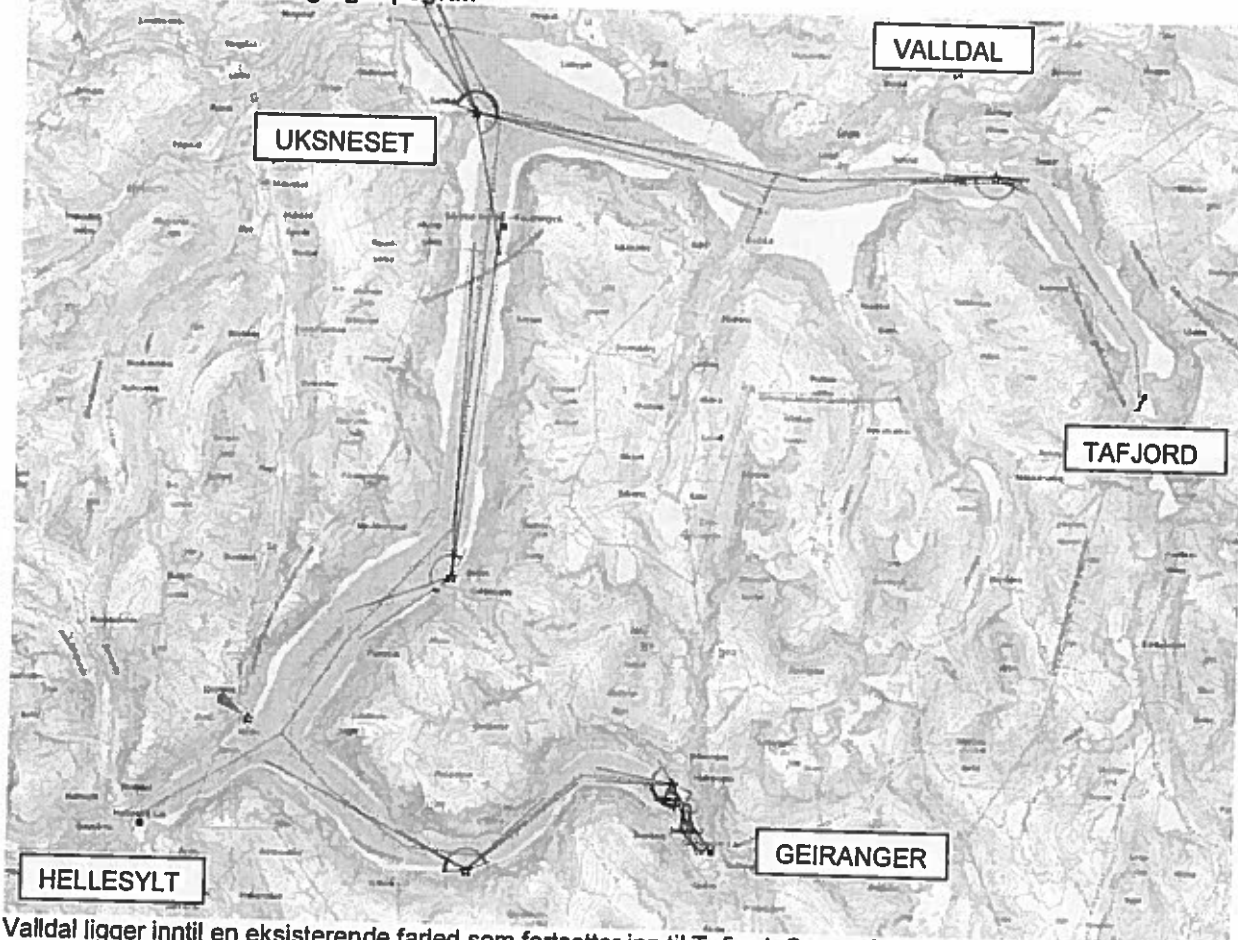
Vekt: 160.000 bruttolonn
 Lengde: 339 meter
 Bredder - vannlinje: 38,6 meter
 Bredder - topp: 56 meter ved sun-deck
 Høyde over vannflate: 63,7 meter
 Dybde under vannflate: 8,5 meter
 Passasjerdekk: 15
 Lugarer: 1.817. Seks ulike typer familjelugarer. Den største er Presidentsuiten på 113 kvm, sengeplass til 14 og med fire bad, samt eget utendørsområde med boblebasseng
 Antall passasjerer totalt: 4.375
 Antall ansatte om bord: 1.365
 Motorstørrelse: 6 Wartsila-maskiner (Finland) V-12 maskiner som samlet yter 102.500 HK
 Propeller: 3 propeller bak som er 5,60 meter i diameter, samt 4 baugpropeller som er 3,30 meter i diameter (laget på Ulsteinvik på Sunnmøre)
 Marsjart: 21,6 knop
 Toppfart: 23,5 knop
 Pris: Skipets verdi ved levering: EUR 840 millioner (tilsvarende ca. 6,7 milliarder norske kroner)



Antatt displacement: 64.000 tonn.
 Vindareal mot skuteside ca. 15.250m².
 Areal under vann i lengdesnitt ca. 2500m².

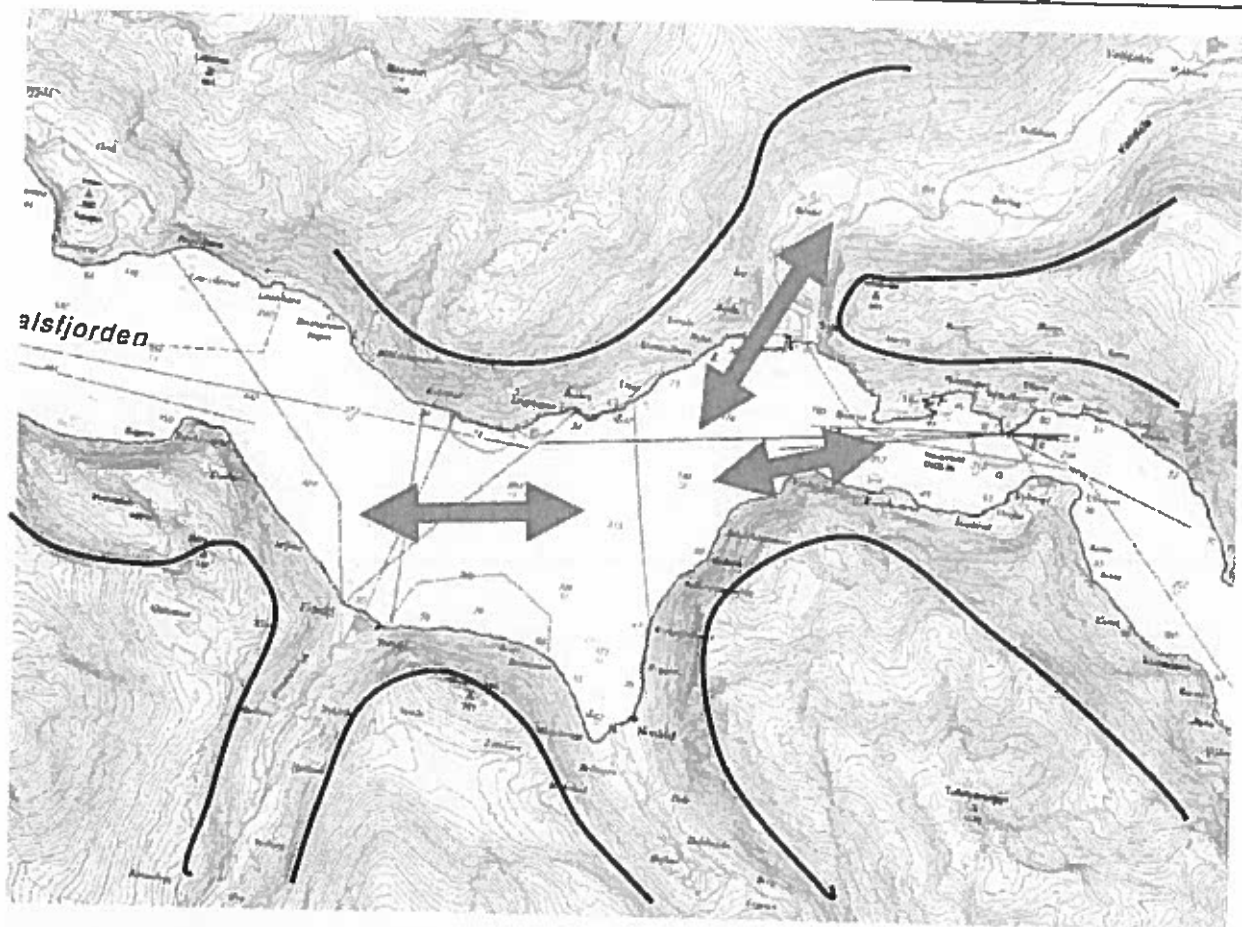
Vindareal mot front/akter ca. 2400m².
 Areal under vann i tverrsnitt ca. 300m².

2. Navigasjon, Innselling og topografi



Valldal ligger inntil en eksisterende farled som fortsetter inn til Tafjord. Oppe på kartet fortsetter farleden ut Storfjorden mot åpent hav. Nede på kartet finnes eksisterende cruisehavner som Geiranger og Hellesylt. Navigasjon inn til Valldal regnes ikke å by på problemer. Fjorden har mer enn tilstrekkelig dybde alle steder i naturlig avstand fra land.

På strekningen fra Uksneset og ut mot åpent hav trafikkeres årlige av et betydelig antall cruiseskip, mens strekningen fra Uksneset inn mot Valldal primært trafikkeres av mindre skip. På den siste strekningen må eventuelle luftstrekk kartlegges og alle luftspenn med mindre frihøyde enn 75m bør spesielt merkes på innsellingskart.



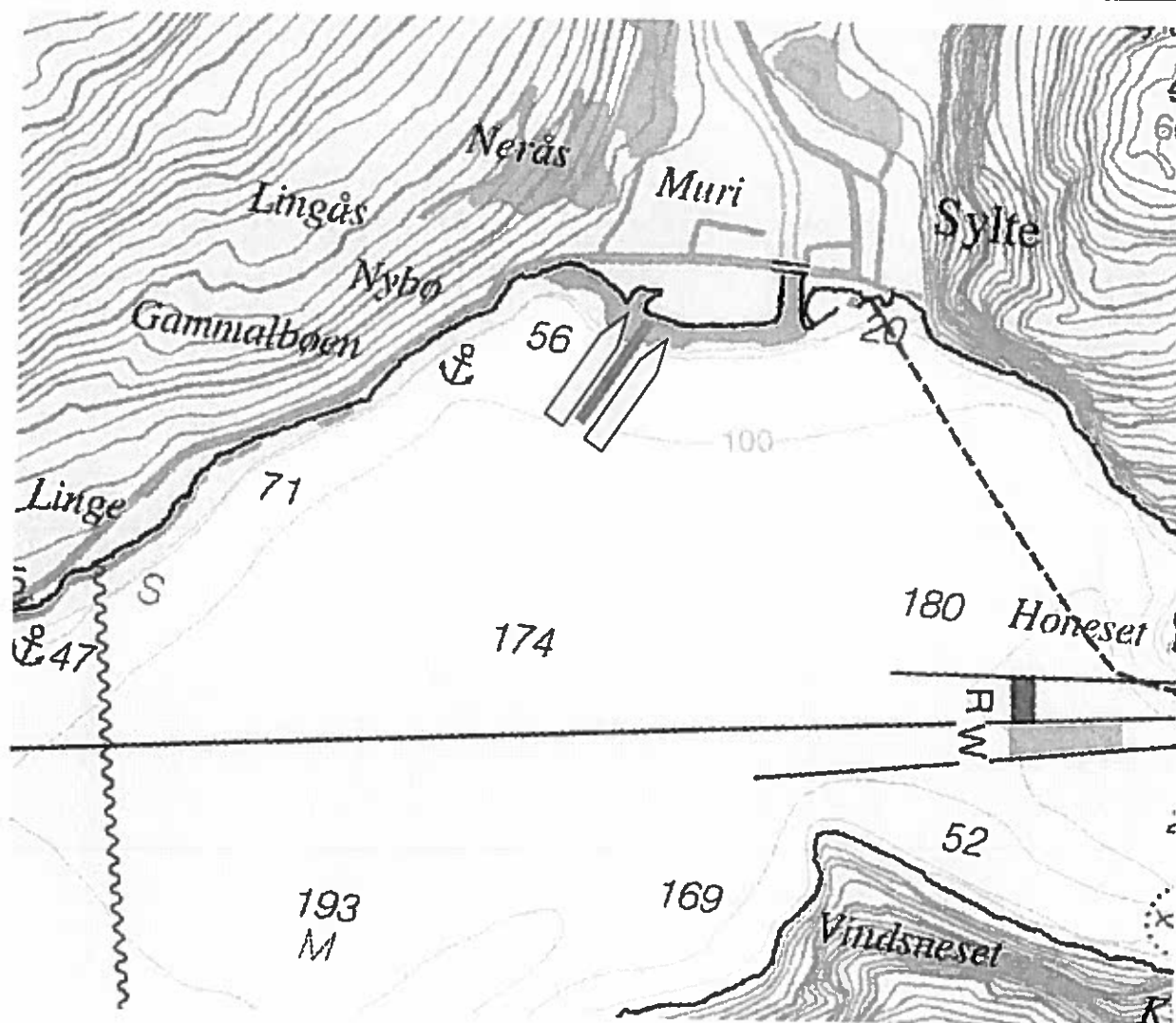
Topografisk formasjon gir et viktig bidrag til valg av anbefalte regninger for kaianlegg slik at naturiaster med lavest mulig intensitet vil kunne påvirke de fortøyde skipene eller skape utfordringer ved anløp. For cruiseskip dreier det seg i første rekke om vind og sekundært om strøm. Røde streker på kartet over angir i hovedsak topografiske skillelinjer i terrenget.

Vind:

Vind er den største naturiasten som vil påvirke et cruiseskip. I så måte er det viktig at retningen av et havneanlegg i størst mulig grad legges parallelt med vindretningen. Det tas hensyn til bruk av kaianlegget gjennom året slik at høysesong har prioritet foran lavsesong. Den sannsynligvis mest markante vindretningen er også angitt på kartet med blå pil slik at et kaianlegg anbefales plassert parallelt med den øverste pilens retning.

Strøm.

I Valldal har Valldøla sitt utløp i den østre delen av sentrum. Et kaianlegg plasseres slik at større vannføringer i elva gir lite bidra til forankringslaster. Det er også vassdrag med utløp lenger inne i fjorden og på motsatt side av fjorden. Disse regnes å ha neglisjerbar påvirkning på et havneanlegg i Valldal. Det er også noe areal på fjorden Innenfor Valldal slik at tidevann kan skape noe strømninger. Dette regnes å påvirke et havneanlegg, men ikke i vesentlig grad.



Grønn linje viser anbefalt trase for flytekaia, mens skip med størrelse ca. 300m er angitt med gult.

Flytekaia:

Det legges opp til at denne kaia kan ta imot Cruisebåter med lengde opptil 340m. Båter skal legge til med baugen mot land. Ved avgang bakker båten ut bak flytekalen før den dreier og fortsetter ut fjorden.

3. Løsning med flytebrygger



Tegning viser plassering av flytebrygger (7 stk pontonger) med ett skip i Freedom-klassen (L=339m, BRT=160.000tonn) og ett skip i Vision-klassen (L=264m, BRT=70.000tonn) fortøyd til flytebryggen.

Skip som ligger inntil ny cruisekai på høyre side:

Skipet som skal fortøyes til flytekai mot sørvest fortøyes på følgende måte:

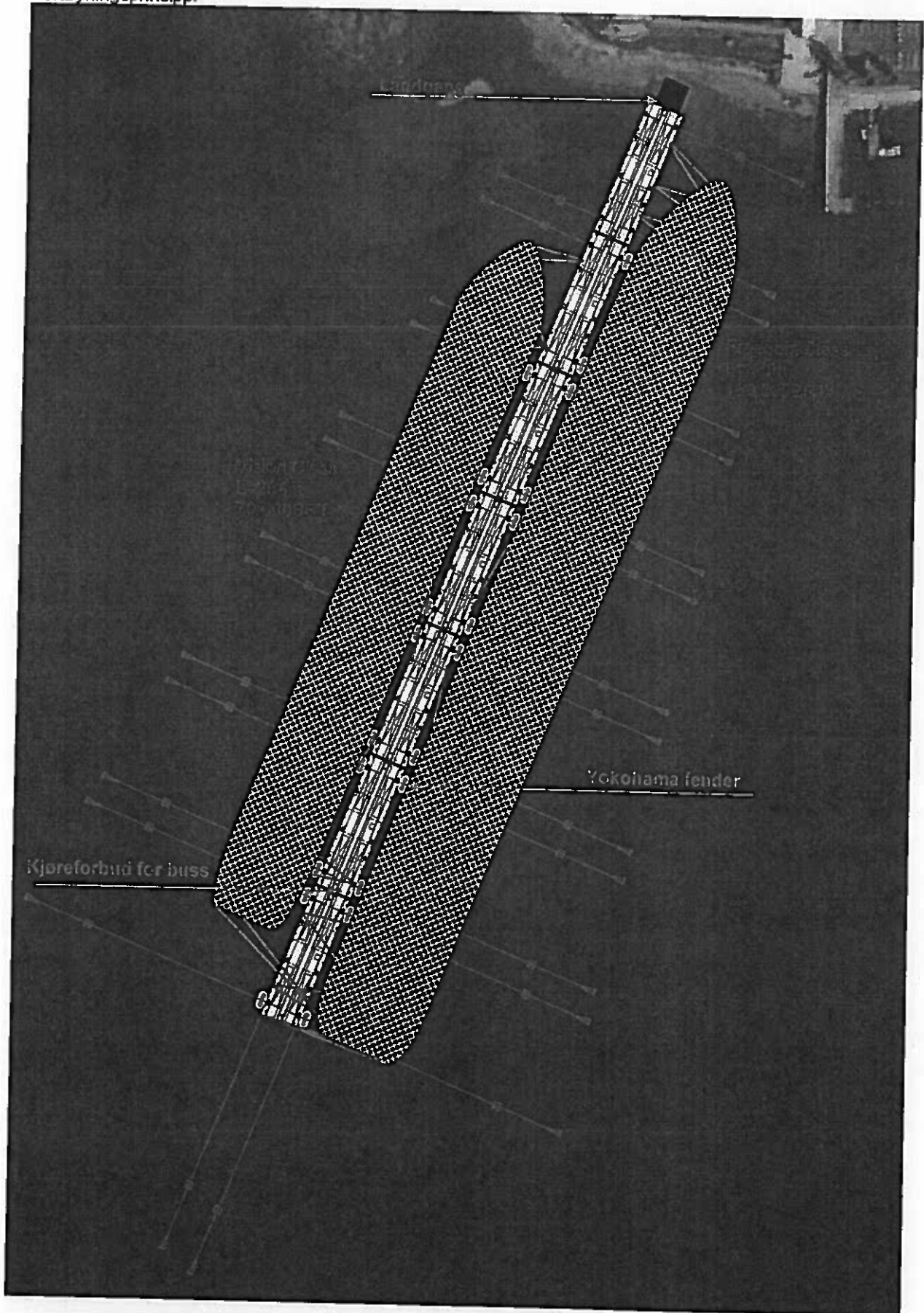
- Stern line: Opptak av tversgående laster. Innfestet i ytre pollere på flyteelement nr 7.
- After brest line: Opptak av tversgående laster. Innfestet i indre pollere på flyteelement nr 7.
- Spring line: 2-4 stk liner forankret i pollere på kaifront av flytekai for opptak av langsgående laster.
- Forward brest line: Opptak av tversgående laster. Innfestet i nærmeste poller på flyteelement nr 1/2.
- Head line: Opptak av tversgående laster. Innfestet i nærmeste poller på flyteelement nr 1/2.

Skip som ligger inntil ny cruisekai på indre side:

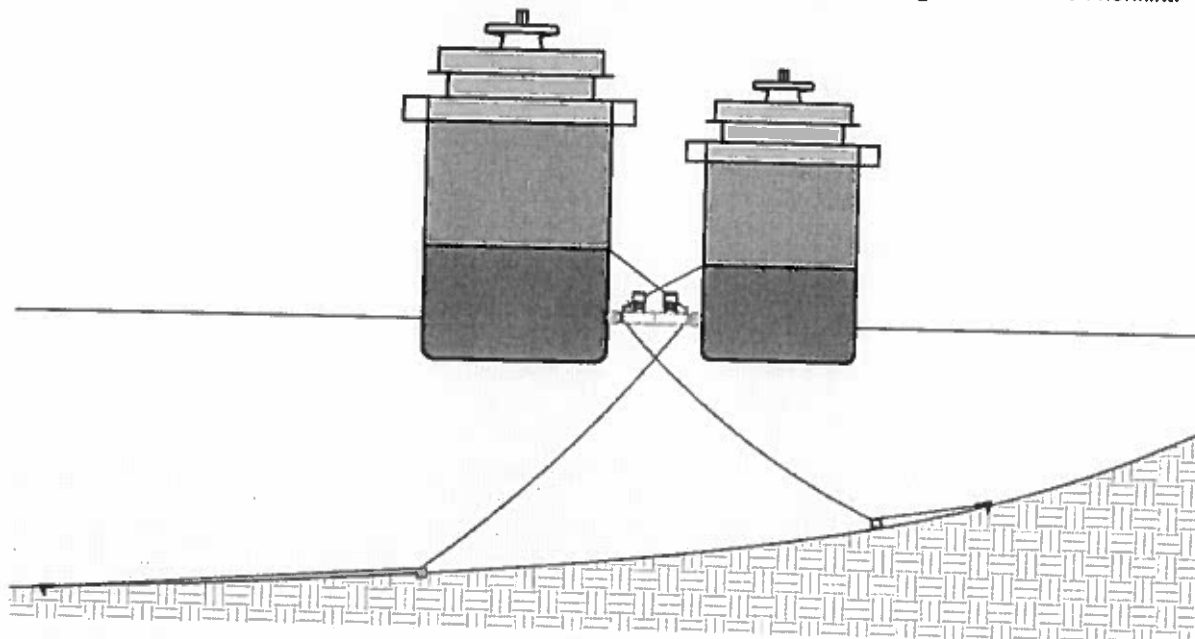
Skipet som skal fortøyes til flytekai mot nordøst fortøyes på følgende måte:

- Stern line: Opptak av tversgående laster. Innfestet i ytre pollere på flyteelement nr 7.
- After brest line: Opptak av tversgående laster. Innfestet i indre pollere på flyteelement nr 7.
- Spring line: 2-4 stk liner forankret i pollere på kaifront av flytekai for opptak av langsgående laster.
- Forward brest line: Opptak av tversgående laster. Innfestet i nærmeste poller på flyteelement nr 2.
- Head line: Opptak av tversgående laster. Innfestet i nærmeste poller på flyteelement nr 2.

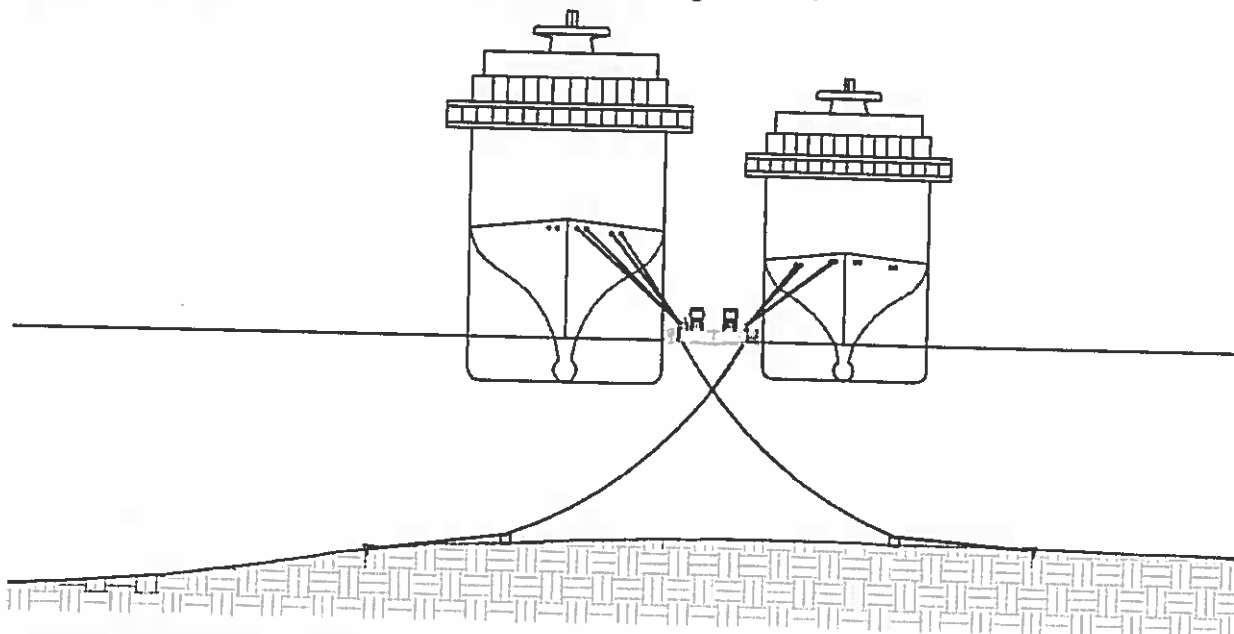
Fortøyningsprinsipp.



Snitt som viser prinsipp for fortøyning av after brest line og stern line. Fortøyningslinjer er innfestet i element nr 6 som ikke benyttes til parkering av busser. Linene ligger således bak bussene og kommer ikke i konflikt.



Snitt som viser prinsipp for fortøyning av forward brest line og head line.



Oppsummering av forankring.

Båten forankres med bruk av trosser på vanlig måte. Strekklaster på tvers av flytekaia opptas av pollere som er montert på kaia. Strekklaster i båtens lengdeakse overføres via springlinene til kaia og kaia forankres for å oppta disse lastene. Trykk Inn mot kaia overføres via fendere direkte til flytekaia samt dennes ankere som dimensjoneres for å oppta disse lastene.

Fendring.

Det benyttes flytende Yokohama fendere langs hele flytekaia med en stk fender montert rett foran hver anker på hvert element. Dette vil gi en c/c på 40,60m/10,63m mellom hver fender. Hvert enkelt element med lengde 50,4m er forankret med 1 til 3 ankerkjettinger i hvert ankerpunkt. Valg av en fender pr element er gjort for å redusere kraftoverføring mellom elementene. Dette betyr at hvert enkelt flyteelement må forankres for en trykkraft fra en fender i hver ende.

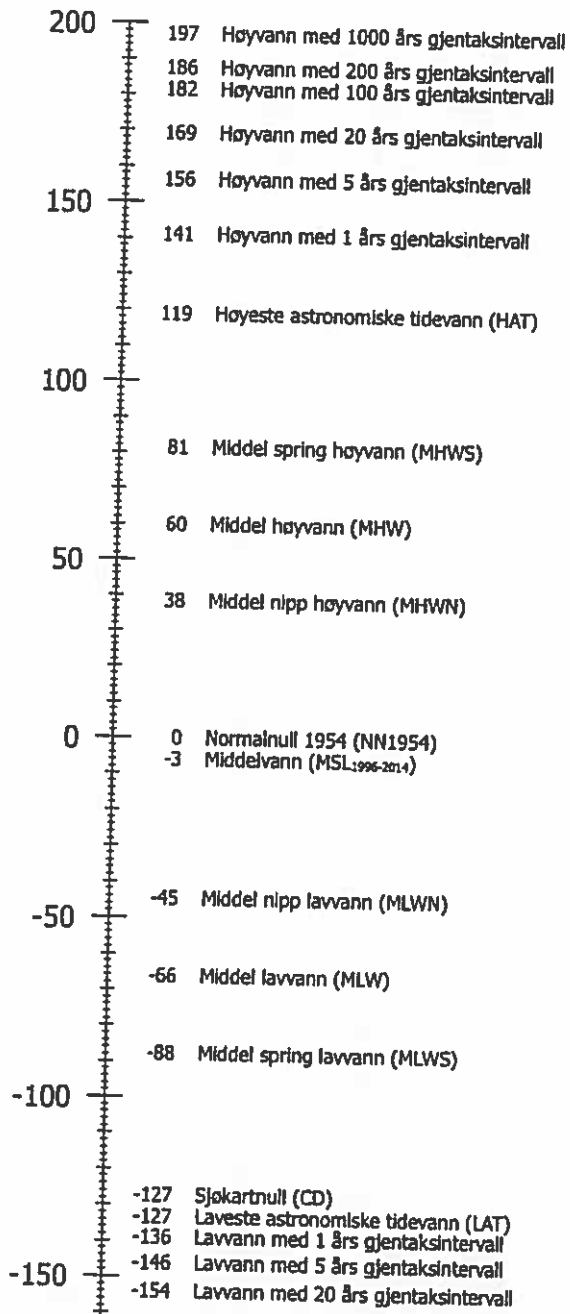
4. Vannstand og tidevann

et

Valdal

Nivåskisse med de viktigste vannstands nivåene og ekstremverdier

Nivå er hentet fra ÅLESUND og Justert med faktor 1,02.



Tidevannsforskjell med årlig gjentakintervall = 2,77m

Tidevannsforskjell med 20 år gjentakintervall = 3,23m

5. Laster fra vind

Dette er en cruisekai som benyttes i sommerhalvåret i perioden april – oktober som er utenfor sesongen for de verste stormene i området. Det settes en øvre grense for tillatt vind når skipet kan legge til kai og en øvre grense for vindstyrke før skipet må legge fra kai. Dette er en vanlig fremgangsmåte for olje/gassterminaler. Dette betyr at forankringer for flytekaien dimensjoneres for å oppta maksimale laster som vil oppstå innenfor den tidsperioden som skipet ligger til kai. Som en foreløpig øvre grense benyttes vindstyrke inntil 8m/s under anløp og 15m/s som en øvre grense hvor skipet er nødt til å legge fra kai ved langsgående vind og 12m/s for tversgående vind. Ved mindre skip kan tillatte vindstyrker økes uten at man behøver å gjøre tiltak, mens store skip kan kompensere for større sideveis laster ved bruk av thrustere både foran og bak.

$$\begin{aligned} \text{Fralandsvind} \leq 10\text{m/s (streck i bresttrosser)} &= 10^2 \cdot 1,25/2 = 0,063 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Langsgående vind/pålandsvind} \leq 15\text{m/s (streck i springtrosser/trykk i fendere)} &= 15^2 \cdot 1,25/2 = 0,141 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Fralandsvind på tvers av båten (lastopptak i trosser):

$$\text{Gust faktor} = 1,31$$

$$\text{Formfaktor} = 1,30$$

$$\text{Vindlast sideveis} = 1,31 \cdot 1,30 \cdot 0,063 \cdot 15 \cdot 250 = 1\,636 \text{ kN.}$$

Pålandsvind på tvers av båten (lastopptak som trykk i fendere):

$$\text{Gust faktor} = 1,31$$

$$\text{Formfaktor} = 1,30$$

$$\text{Vindlast sideveis} = 1,31 \cdot 1,30 \cdot 0,141 \cdot 15 \cdot 250 = 3\,662 \text{ kN.}$$

Vind på langs av båten (lastopptak i trosser):

$$\text{Gust faktor} = 1,31$$

$$\text{Formfaktor} = 0,90$$

$$\text{Vindlast langsetter} = 1,31 \cdot 0,9 \cdot 0,14 \cdot 2\,400 = 396 \text{ kN.}$$

6. Laster fra strøm

Vi har ikke mottatt målinger av strømforhold i området slik at strømninger basert på erfaringer med bakgrunn i topografi, tidevann og elver legges til grunn. Det er til dels betydelig tidevannsforskjell i området, men Valldal ligger langt inne i Storfjorden og således vil strømninger fra tidevann være beskjedne.

Skipet og flytekaien er plassert med anslagsvis 25° helning i forhold til strandsonen i området som også sammenfaller med naturlig strømretningen i området. Av ovennevnte betraktninger dimensjoneres flytebrygge med forankringer for en strøm på 0,5 m/s. Gjennomsnittlig dybde langs flytekalen anslås til 50m. Klaring under kjølen til båten er gjennomsnittlig 5 - 6 ganger draft til skipet som gir en formfaktor $C_c=1,2$ på tvers av skipet og $C_c=0,3$ langsetter skipet.

$$\text{Tverrlast fra strøm} = 1,2 \cdot 10,34 \cdot (0,5^2/2 \cdot 9,81) = 0,16 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Langsgående last fra strøm} = 0,3 \cdot 10,34 \cdot (0,5^2/2 \cdot 9,81) = 0,04 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sideveis last fra strøm på skipet} = 0,16 \cdot 2\,500 \cdot \cos(25) = 362 \text{ kN}$$

$$\text{Langsgående last fra strøm på skipet} = 0,04 \cdot 300 \cdot \sin(25) = 5 \text{ kN}$$

7. Laster fra bølger

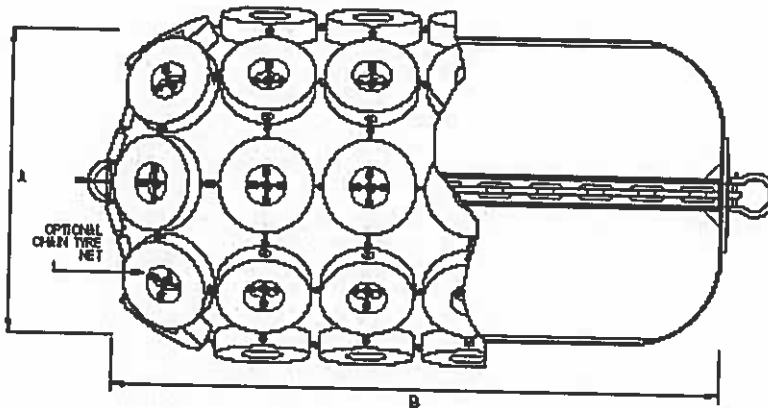
Vi har ikke mottatt bølgemålinger i området, men området vurderes godt skjermet og bølgehøyden blir relativt beskjeden. Det beregnes ikke tilleggslaster fra bølger.

8. Støt fra skip under anløp

NS-EN1991-7 angir støtlast på 230.000kN fra skip masse > 100.000t som tilsvarer et cruiseskip i Freedom-klassen. Konstruksjonen som bygges er imidlertid en seriekoblet flytebrygge med gode deformasjonsmuligheter og ikke en fastmontert kaikonstruksjon. Ved støt fra båter, vil fender sammen med sideveis deformasjon (strekk i forankring) dempe støtet.

NS-EN1991-7.4.6.1(6) "Konstruksjoner som dimensjoneres for å tåle støt fra skip under normale driftsforhold (for eksempel kaivegger og fenderverk) omfattes ikke av denne delen av NS-EN1991".

Flytebryggene dimensjoneres for støtlast fra skip med "normal" anløpshastighet inntil 0,125 m/sek i bruksgrensetilstand) og ikke for påkjørsels last fra skip (ulykkesgrensetilstand).



Horisontalkraften som påføres ved skipsanløp kan beregnes etter energiformelen:

$$E = F \cdot s = \frac{1}{2} \cdot c \cdot m \cdot \delta v^2, \quad c = \text{anløpskoeffesient}$$

Et skip i Freedom-klassen har displacement ~ 64.000 tonn ved maks draft og i tillegg medregnes hydrodynamisk masse.

Hydrodynamisk masse:

$$C_b = M_{disp} / (\rho \cdot L \cdot B \cdot D) = 64.000 / (1,035 \cdot 339,0 \cdot 38,6 \cdot 8,50) = 0,556$$

$$C_H = 1 + (\pi \cdot D) / (2 \cdot C_b \cdot B) = 1 + (3,14 \cdot 8,50) / (2 \cdot 0,695 \cdot 38,6) = 1,62 \quad (\text{Ueda, 1981})$$

Eksentrisitetsfaktor, (regner med en vinkel på 3° mellom skip og kai ved første berøring, samt at skipet kun anløper sideveis). $\phi = 90 - 3 - \arcsin(38,6 / (2 \cdot 120)) = 78^\circ$

$$K = (0,19 \cdot C_b + 0,11) \cdot L_{BP} = (0,19 \cdot 0,56 + 0,11) \cdot 310 = 67\text{m}$$

$$R = \text{avstand massesenter skip - fender} = 0,25 L_{OA} = 85\text{m}$$

$$C_E = (K^2 + R^2 \cdot \cos(\phi)^2) / (K^2 + R^2) = (67^2 + 85^2 \cdot \cos(78)^\circ) / (67^2 + 85^2) = 0,41.$$

Dempeeffekter fra skrog og kal.

Båten og kalen gir til sammen et mykt anløp tilsier at C_s lik 0,9 kan benyttes i videre beregninger.

Dempeeffekt fra vannet.

Åpen struktur tilsier $C_s = 0,9$.

$$C = 1,62 \cdot 0,41 \cdot 0,90 \cdot 0,90 = 0,54$$

Øvre anløpshastighet = 0,15m/s.

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 0,54 \cdot 64.000 \cdot 0,15^2 = 389 \text{ kNm}$$

$$E_d = 1,5 \cdot 389 = 583 \text{ kNm}$$

Ved å ta utgangspunkt i 60 % deformasjon ved anløp velges en Yokohama fender med diameter 2,0m og lengde 4,0m. Reaksjonslast blir 1319 kN.

Diameter (mm)	Length (mm)	Weight (kg)	80% DEFLECTION		50% DEFLECTION	
			Reaction Force (kn)	Energy Absorption (knm)	Reaction Force (kn)	Energy Absorption (knm)
300	1000	10	49.4	3.1	27	1.4
400	1000	15	65.9	5.5	36.1	2.5
500	1000	20	82.4	8.6	45.1	3.9
600	1500	29	123.6	12.9	67.6	5.8
600	1200	30	116.7	14.9	65	6.8
600	2000	75	197.8	24.8	108.3	11.3
750	1500	60	185.5	29.2	101.6	13.3
1000	1500	100	247.4	51.9	135.4	23.6
1000	2000	150	329.8	69.2	180.6	31.6
1000	3000	215	494.7	103.8	270.9	47.4
1200	2000	290	395.8	99.7	216.7	45.5
1200	2400	325	475	119.7	260.1	54.6
1200	3000	375	593.7	149.5	325	68.2
1250	2500	380	515.4	135.2	282.2	61.7
1500	2500	450	618.5	194.8	338.7	88.9
1500	3000	500	742.2	233.7	406.4	106.6
1500	4500	1000	1113.3	350.5	609.6	159.9
1520	2440	500	612	195	335.1	88.9
1800	3000	775	890.6	336.6	487.7	153.6
1800	3600	880	1068.7	403.9	585.2	184.3
2000	3000	880	989.6	415.6	541.9	189.6
2000	3500	970	1154.5	484.8	632.2	221.2
2000	4000	1100	1319.4	554.1	722.5	252.8
2500	4000	1700	1649.3	865.8	903.2	395.1
2500	5000	2100	2061.6	1082.3	1129	493.9
2500	5500	2290	2267.7	1190.5	1241.9	543.2
2700	5400	2600	2404.7	1363.4	1316.8	622.1
3000	6000	3400	2968.8	1870.3	1625.7	853.4

9. Opptak av vind og strøm

Som et hovedprinsipp dimensjoneres flytebryggene ikke for ulykkeslast, kun for opptredende fortøyningslaster og anløpslast i bruddgrensetilstand. Begrunnelsen for dette er at flytebrygger ikke er en statisk konstruksjon, men en bevegelig konstruksjon hvor skadede elementer relativt lett kan erstattes.

Det tillates kun at personell fra havnen oppholder seg på flytebryggene når båter større enn 100m skal legge til eller fra kaia. Skipet skal være forankret til kai eller minst 200m fra kaia for at øvrig personell kan oppholde seg på flytekalen.

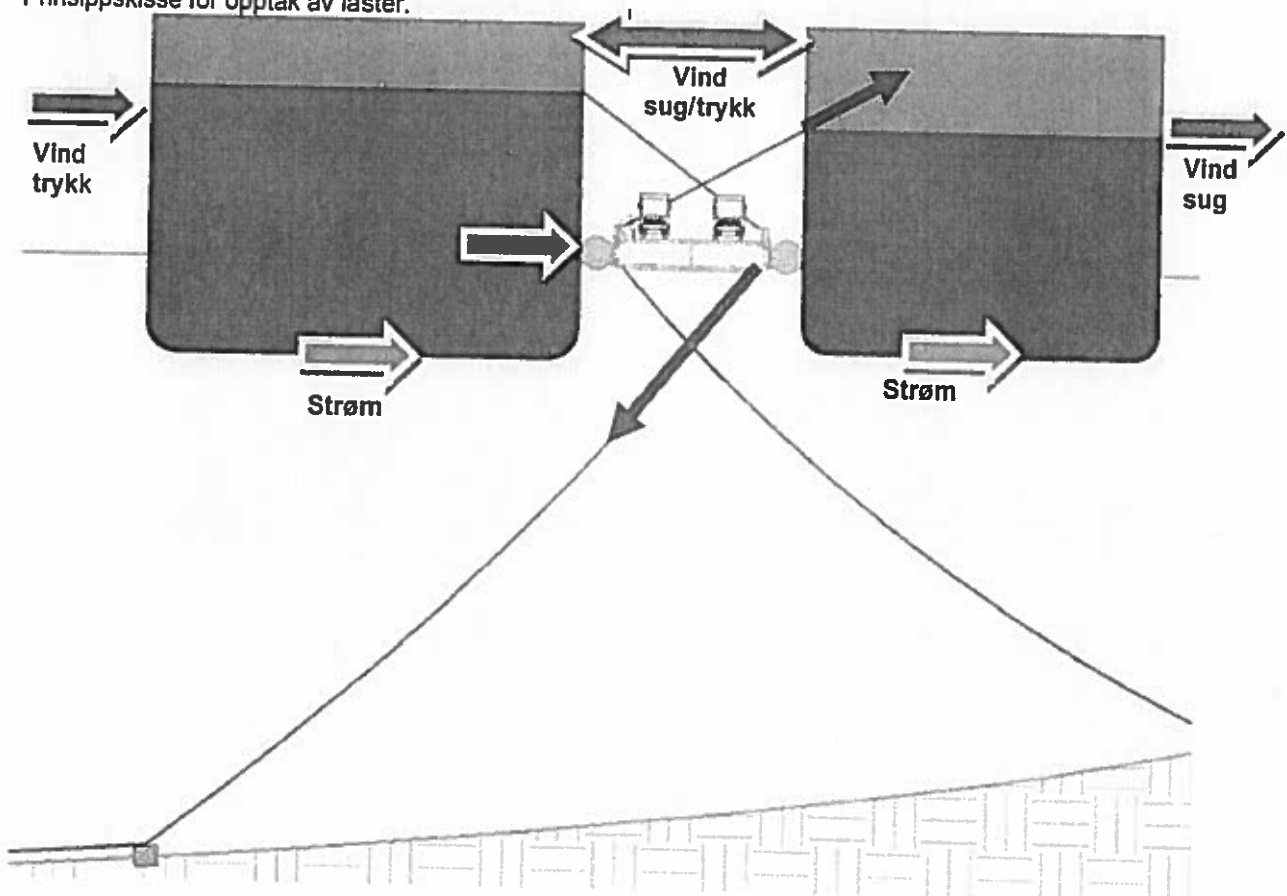
Laster og lastkombinasjoner i.h.t NS-EN1990:

Lastfaktorer for fortøyningslaster/støt fra ferger er 1,5 i lign 12 og 1,0 i lign 13

Definisjon av variable laster med tilhørende samtidighetsfaktorer

T =	Trafikklast	$\Psi_0 = 0,7$	$\Psi_1 = 0,7$	$\Psi_2 = 0,2$
NL =	Nyttelast	$\Psi_0 = 0,7$	$\Psi_1 = 0,7$	$\Psi_2 = 0,2$
S =	Snølast	$\Psi_0 = 0,6$	$\Psi_1 = 0,5$	$\Psi_2 = 0,2$
TL =	Temperaturlast	$\Psi_0 = 0,6$	$\Psi_1 = 0,6$	$\Psi_2 = 0,0$
B =	Laster fra bølger/strøm	$\Psi_0 = 0,6$	$\Psi_1 = 0,0$	$\Psi_2 = 0,0$
V =	Vindlast	$\Psi_0 = 1,0$	$\Psi_1 = 0,5$	$\Psi_2 = 0,0$

Prinsippskisse for opptak av laster.



Som skissen viser vil laster fra vind og strøm påføres skipet som viderefører lastene til bryggene. Bryggene er igjen forankret til havbunnen med ankere og lodd. Trykklaster fra skipet overføres via fendere horisontalt inn i bryggene, mens strekklaster overføres via trosser i en vinkel opp til 45° vertikalt. Bryggene forankres til sjøbunn og ankere via kjettinger med helning inntil 45° vertikalt.

Beregningsmessig er det ikke betydelig forskjell på å fortøye ett eller to skip for å oppta laster vinkelrett sideveis på skipene, mens lastene må adderes når lastene påføres i retning langs skipene.

Ugunstigste tilfelle for sideveis belastning oppstår når kun det største skipet er fortøyd til kaien slik at skipet skyves fra kai. Trossene vil da "løfte" kaien på motsatt side av skipet, mens kjettingforankringen vil "senke" kaien mot skipet. Dette vil igjen påføre kalene krenkning som må ivaretas med en stabilitetsberegning slik at helning kontrollregnes.

Tilfelle 1 Belastning fra vind og strøm fra siden (fraandslaster) med 1 skip fortøyd til kai.

Fortøyning av skipet tilsier at element nr 1/7 blir de mest påkjente med opptak av ca. 1/2 lastandel av totalt sideveis laster. Forankring av element nr 1/7 legges til grunn for øvrige pontonger. Laster overføres fra skipet til flytekalen som strekk i tversgående fortøyninger foran og akter.

$$F_y = 1,6 \cdot 1\,636/2 = 1\,309 \text{ kN} \quad (\text{Vind alene})$$

$$F_y = 1,6 \cdot 1\,636/2 + 1,6 \cdot 0,6 \cdot 362/2 = 1\,483 \text{ kN} \quad (\text{Vind i kombinasjon med strøm})$$

Dimensjonerende forankringslast blir 1483 kN (148 Tonn) horisontalt som fordeles på 2 stk forankringer.

Med en vertikalhelning på ankerkjettinger på inntil 45° blir strekklast i kjettinger inntil:

$$1\,483/(\cos(45^\circ) \cdot 2) = 1\,048 \text{ kN. For de øvrige elementene kan forankring reduseres noe om ønskelig.}$$

Tilfelle 2 Belastning fra vind og strøm fra siden (påandslaster) med 1 skip fortøyd til kai.

Laster overføres fra skipet til kalen som trykk flytefendere og laster fordeles jevnt over hele skipets lengde. Laster fordeles jevnt over 6 stk flyteelementer med 2 stk forankringer i hver.

$$F_y = 1,6 \cdot 3\,662/6 = 977 \text{ kN} \quad (\text{Vind alene})$$

$$F_y = 1,6 \cdot 3\,662/6 + 1,6 \cdot 0,6 \cdot 362/6 = 1\,034 \text{ kN} \quad (\text{Vind i kombinasjon med strøm})$$

Dimensjonerende forankringslast blir 1 034 kN (103 Tonn) horisontalt som fordeles på 2 stk forankringer.

Med en vertikalhelning på ankerkjettinger på inntil 45° blir strekklast i kjettinger inntil:

$$1\,034/(\cos(45^\circ) \cdot 2) = 731 \text{ kN.}$$

Tilfelle 3 Belastning fra vind og strøm langsetter kai med 2 skip fortøyd.

$$F_y = 1,6 \cdot 396 \cdot 2 = 1\,267 \text{ kN} \quad (\text{Vind alene})$$

$$F_y = (1,6 \cdot 396 + 1,6 \cdot 0,6 \cdot 5) \cdot 2 = 1\,277 \text{ kN} \quad (\text{Vind i kombinasjon med strøm})$$

Total bruddlast langsetter kaien blir 1 277 kN i begge retninger.

Den benyttes 2 stk ankerkjettinger i kaiens lengderetning utover sjøen, samt at kaien forankres i landkar.

Med en vertikalhelning på ankerkjettinger på inntil 45° blir strekklast i kjettinger inntil $1\,277/(\cos(45^\circ) \cdot 2) = 903$ kN som også er en minste konstante strekklast som må etableres gjennomgående i flytekalen.

10. Fortøyninger

Beregningsmessig er største tversgående last i trosser 1 483 kN til som fordeles på forward og after brest lines. Kapasitet til fortøyningsliner varierer, men en gjennomsnittlig kapasitet ligger i størrelsesorden 50-80T. Beregninger baseres på 50T-liner med vertikal helning inntil 45°:

Antall = $1\,483/(2 \cdot \cos(45^\circ) \cdot 500) = 2,1$ stk, dvs. 3 stk liner å 50T. Alternativt benyttes færre liner med større kapasitet.

Langsgående last = $1\,277/2 = 639$ kN for hvert skip. Beregninger baseres på 50T-liner med vertikal helning inntil 45°: Antall = $639/(\cos(45^\circ) \cdot 500) = 1,04$ stk dvs. 2 stk liner å 50T i hver retning

11. Stabilitet av flyteseksjoner

Ugunstigste tilfelle er last sideveis med strekk i hhv skipets trosser og ankerkjettinger. Begge disse lastene vil prøve å krenge flyteseksjonen i samme retning. Oppløft/ nedadrettet på sidekant = $1\ 483/2 = 742\ \text{kN}$

Drafft_{midjel} = 0,5m (pontong uten balast).

Ankerkjettinger er innfestet ca. 1,0m fra kant lekter med c/c 12,0m

Egenvekt av flyteseksjon = $0,50 \cdot 50,4 \cdot 14,0 = 352,8\ \text{tonn}$.

Lektor		Valldal		Totalelekter og krengeving									
Det forutsettes at kran er utstyrt med GYRO som ivaretar krengeving av base													
Lengde	50,40 [m]	Areal 1		[m ²]									
Brekke	14,00 [m]	Areal 2	705,6	[m ²]									
Høyde	2,70 [m]	Totalvekt	852,7	[t]									
Egenvekt	352,70 [tonn]	Drafft	1,208	[m]									
		B	0,804	[m] Avstand fra kjel									
		G	0,384	[m] Avstand fra kjel									
B = Oppdriftsenler		L _y	149381,4	[m ²]									
M = Metasenter		BM _{yy}	175,183	[m]									
G = Tyngdepunktsenler		M _{yy}	175,787	[m] Avstand fra kjel									
Kranlast		I _{xx}	11,525	[m ⁴]									
Utlegg		BM _{xx}	13,516	[m]									
Lengde bom		M _{xx}	14,120	[m] Avstand fra kjel									
Σ Mom X	0,0 [kNm]	Σ Mom X	0,0	[kNm]									
Σ Mom Y	-1 780,8 [kNm]	Σ Mom Y	-1 844,0	[kNm]									
Krengeving X	0,0000 [rad]	Krengeving X	0,0000	[rad]									
Krengeving Y	0,1533 [rad]	Krengeving Y	0,1671	[rad]									
Drafft VB	2,282 [m]	Drafft VB	2,378	[m]									
Drafft HB	0,135 [m]	Drafft HB	0,039	[m]									
Posisjon av vektsenler i forhold til senter bak/uk på lekter		Posisjon i forhold til o/c lekter											
Ballast	[m ³]	Lengde	Bredde	Høyde	Pos X	Pos Y	Pos Z	Fyllingsandel [%]	Mom Y-Y [Tm]	2-ordens [Tm]	Mom X-X [Tm]	2-ordens [Tm]	
Ledig	500,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100 %	0,0	0,0	0,0	-46,0	
Ledig	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0 %	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ledig	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0 %	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ledig	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0 %	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ledig	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0 %	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ledig	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0 %	0,0	0,0	0,0	0,0	
Sum	500,0							0 %	0,0	0,0	0,0	-46,0	
Posisjon av vektsenler i forhold til senter bak/uk på lekter		Medvirk				Mom Y-Y		2-ordens		Mom X-X		2-ordens	
Last	[tonn]	Arm x	Arm y	Høyde	Pos X	Pos Y	Pos Z	andel [%]	[Tm]	[Tm]	[Tm]	[Tm]	
Trosse 1	74,2	20,30	8,00	2,70	20,30	8,00	2,70	100 %	1 508,3	0,0	445,2	23,7	
Trosse 2	74,2	-20,30	8,00	2,70	-20,30	8,00	2,70	100 %	-1 508,3	0,0	445,2	23,7	
Anker 1	74,2	20,30	-8,00	3,70	20,30	-8,00	3,70	100 %	-1 508,3	0,0	445,2	34,9	
Anker 2	74,2	-20,30	-8,00	3,70	-20,30	-8,00	3,70	100 %	1 508,3	0,0	445,2	34,9	
Ledig	0,0	20,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0 %	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ledig								0 %	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ledig								0 %	0,0	0,0	0,0	0,0	
Sum	0,0							0 %	0,0	0,0	1 780,8	117,2	

Krengeving = 8,8° med sideveis vind og strøm som skyver det største skipet fra kai. Dersom vind og strømretning er motsatt, vil tilsvarende last fra skipet påføres kaien horisontalt og krengeving kan halveres. For øvrig ligger Metasenter betydelig høyere enn massesenter slik at stabilitet er ivarettatt.

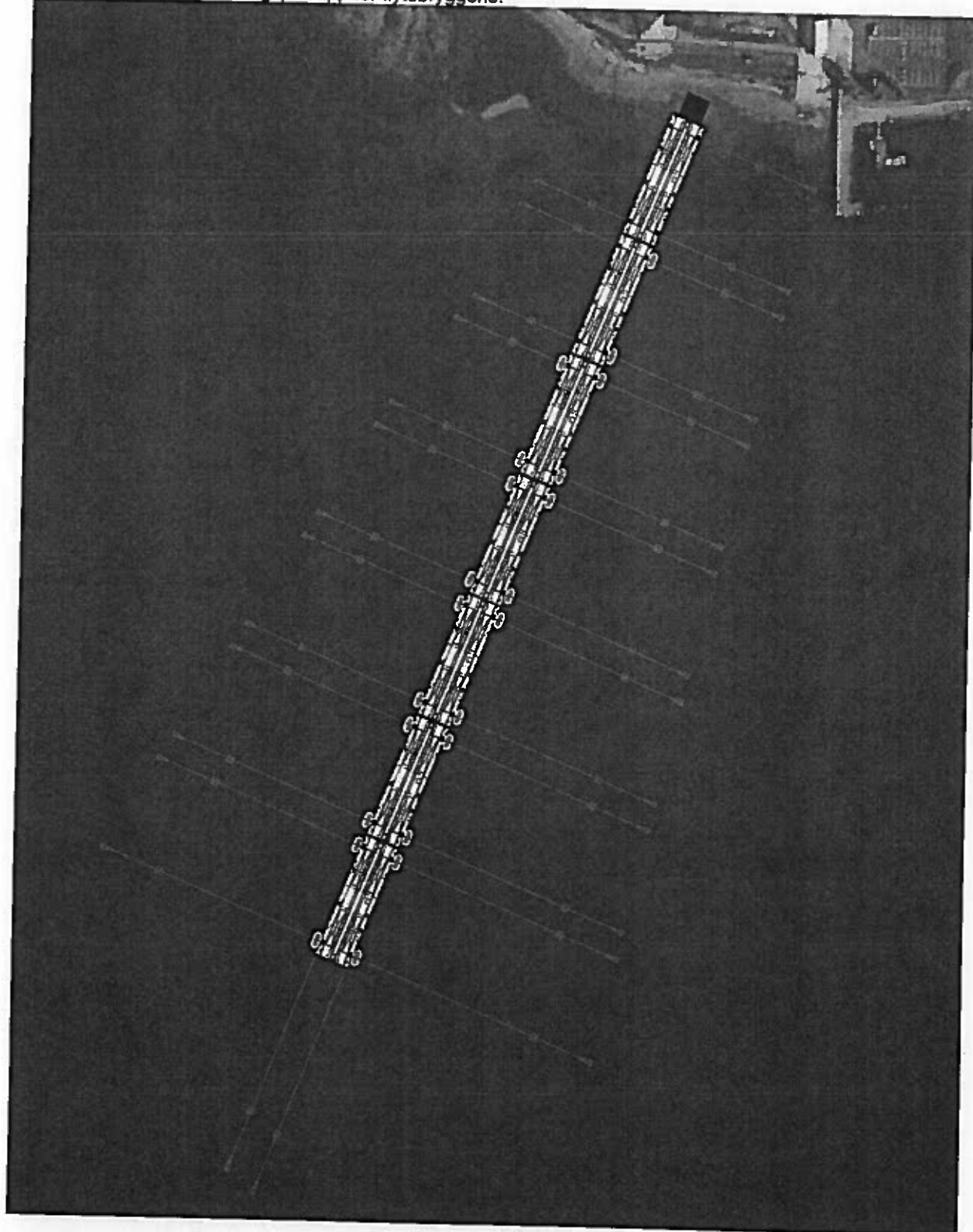
Det er verdt å merke seg at med de angitte lastene og vekt av flyteseksjonen alene vil denne løfte seg på motsatt side av skipet. Beregninger viser at pontongen må fylles med 500tonn ballast for at motsatt side ikke skal løfte seg over vannlinjen. Gjenstående fribord blir 0,122m.

Stabilitet vil bli videre håndtert i detaljdesignfasen.

12. Konklusjon

Det er mulig å benytte flytebrygger til å etablere cruisekai for skip i størrelse inntil Freedom-klassen i Valldal med de begrensninger på vind/strøm som er medtatt i dette notatet. Mindre skip kan benytte kalen under røffere forhold, men grenseverdier for dette er ikke beregnet enda.

Skisse som viser forankringsprinsipp for flytebryggene:



Forankring av flytekai for tverrlaster:

Ankere får en horisontallast på inntil 104 tonn. Denne lasten er det mulig å oppta, men ankere bør prøvetrekkes for å verifisere kapasitet. Det er mulig å fordele denne laster på flere ankerkjettinger.

Ved å benytte en kjetting med helning 45° ned fra flytebryggen vil loddene få en oppadrettet last på inntil 1025 kN som tilsvarer 49,4m³ neddykket betong eller 10,8m³ neddykket massivt stål. Alternative utførelser i kombinasjon med steinfylling vil sannsynligvis være økonomisk gunstig.

Forankring av flytekai for langsgående laster

Dimensjonerende langsgående laster er totalt på 128 tonn horisontalt. Flytekaien må ha en forankring med dreiemulighet på land som sikrer horisontal forankring av kaien. Det er naturlig å bygge en kombinert friksjonsplate og landkar som også er opplegg for kjørebrot mot land. Ytterst på flytekaien etableres 2 stk ankere i forlengelsen av denne med tilsvarende kapasitet som de øvrige ankerene til flytekaien.

Begrensninger:

Flytekaien har en begrensning på strøm i vilkårlig retning inntil 0,5m/s i kombinasjon med frailandsvind på inntil 10 m/s eller pålandsvind/samt langsgående vind på 15m/s for det største cruiseskipet. Ved mindre skip kan øvre grense på vind og strøm økes.

Skipet kan ligge til kai ved større naturilaster enn angitt ovenfor dersom thrustere og/eller siepebåter bistår. Alternativt må skipet gå fra kai.

Dette notatet verifiserer gjennomførbarheten i prosjektet med øvre grensebetingelser, men er ikke et fullstendig designdokument. Det må etableres klare retningslinjer for operative forhold for ulike skipstørrelser. Dette er arbeid som utføres i en senere fase fortrinnsvis etter beslutning om igangsetting.

Hilsen
Svein Ove Nyvoll