

**SINTEF****SINTEF Fiskeri og havbruk AS**
Kyst og havteknikkPostadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse:
SINTEF, Forskningscenteret på Rotvoll
Arkitekt Ebbellsvei 10
Besøksadresse Havnelaboratorium:
Kløbuveien 153
Telefon: 73 59 56 50
Telefaks: 73 59 56 60
E-post: fish@sintef.no
Internet: www.fish.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 980 478 270 MVA

ARKIVKODE	GRADERING
	Fortrolig

ELEKTRONISK ARKIVKODE
Larsneset.doc

PROSJEKTNR.	DATO
880152.01	2002-10-31

NOTAT

SJEKLISTE

Larsneset, Harstad kommune
Bølgeforhold ved ny hurtigbåtkai

GÅR TIL

Harstad havnevesen

BEHANDLING

UTTALELSE

ORIENTERING

ETTER AVTALE

X

SAKSBEARBEIDER/FORFATTER

Sverre Bjørdal og Martin Mathiesen

ANTALL SIDER

8

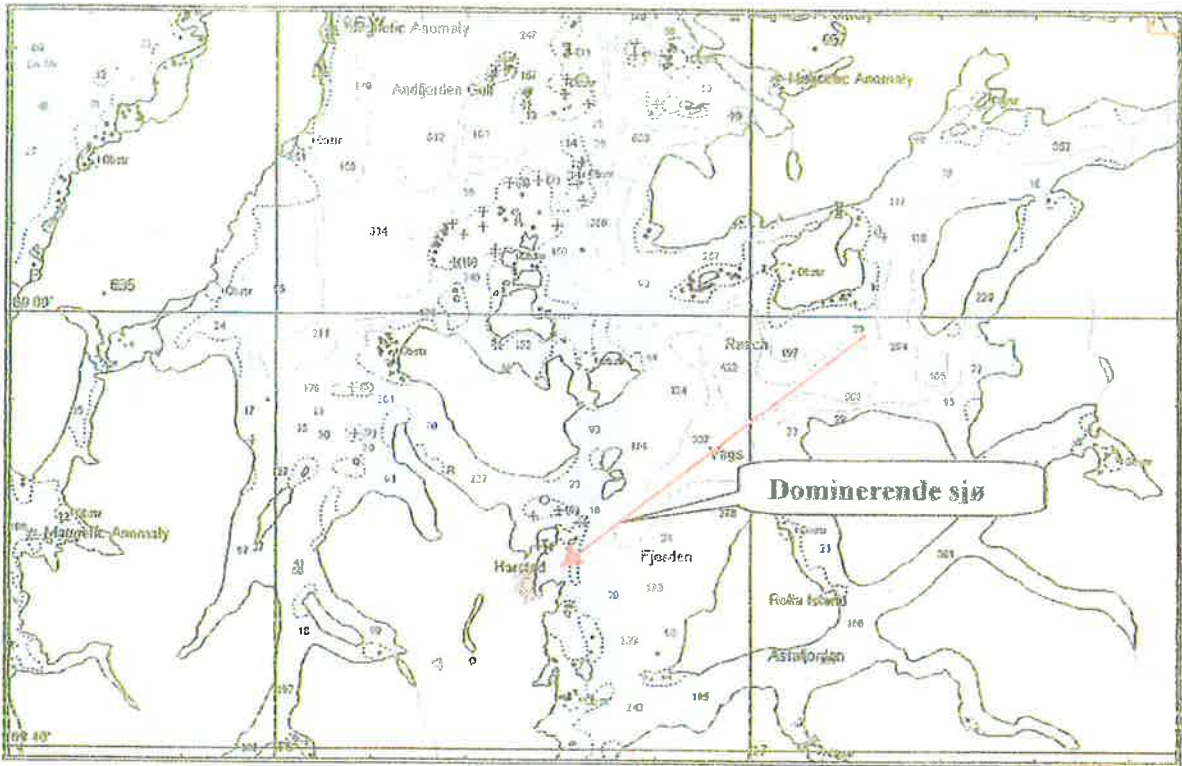
1 INNLEDNING

Harstad kommune gjennomfører forstudien "Sentral terminalløsning for reisende med båt til Harstad sentrum" med havnesjefen i Harstad som prosjektleder. En løsning for terminalen kan være utfylling i sjøen kombinert med en flytende kai for å betjene hurtigbåttrafikken.

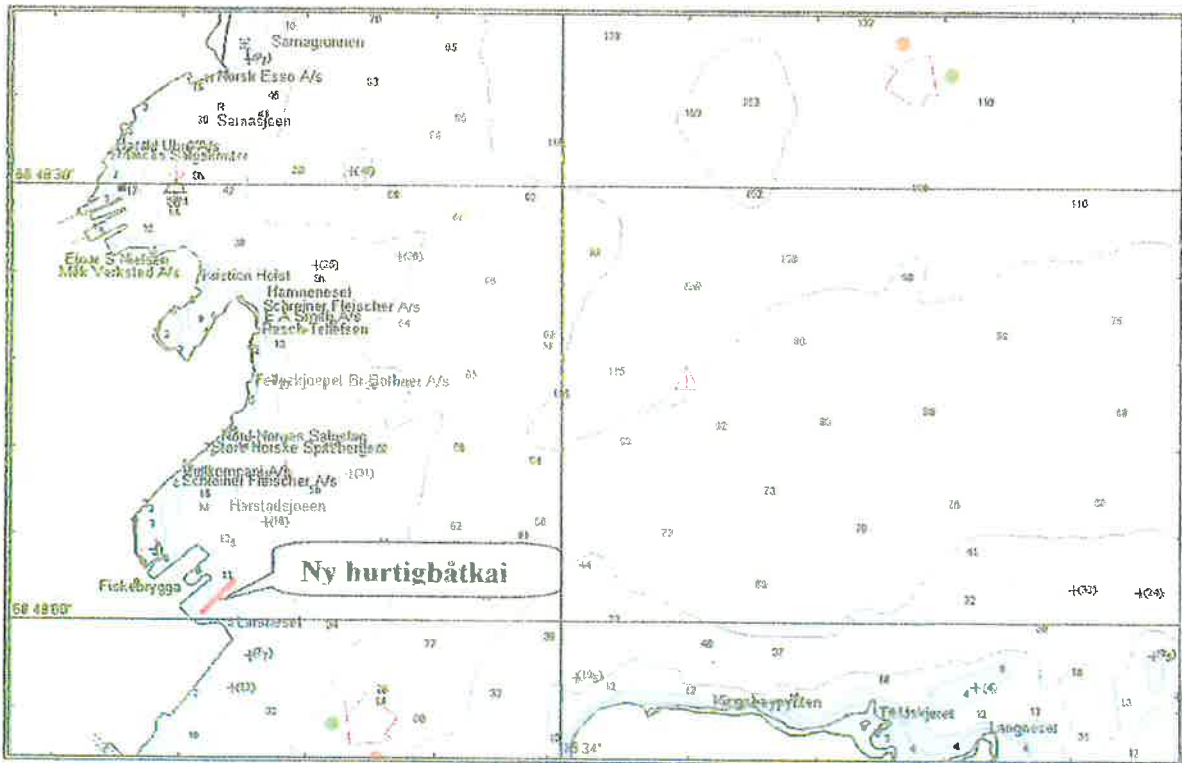
For bedre å kunne vurdere egnetheten av en flytende kai for anløp av hurtigbåt ble SINTEF Fiskeri og havbruk, avdeling Kyst og havteknikk, engasjert av Harstad havnevesen for å gjennomføre en bølgeanalyse for kaiområdet, og for å vurdere eventuelle skjermingstiltak mot bølgene.

I notatet vurderes bølgeforholdene i havneområdet opp mot internasjonale anbefalinger for akseptabel bølgeuro i havner. Det gis en kort beskrivelse av forventet oppførsel av den flytende kaja. Likeledes anbefales det en utforming av fyllingsfronten for å redusere opptreden av refleksbølger.

Alternative tiltak for å skjerme kaiområdet mot bølger vurderes, og fortøyningssystemet omtales. Til slutt oppsummeres arbeidet i form av noen konklusjoner.



Figur 1 Oversiktskart over fjordområdet nordøst for Harstad.



Figur 2 Detaljert kart over sjoområdet utenfor den nye hurtigbåtkaien i Harstad.

2 BØLGEANALYSE

Kaiområdet på Larsneset ligger åpent til for bølgepågang fra nordøst over Vågsfjorden. Vi kjenner ikke til at det er gjennomført bølgemålinger i dette området. Forventet bølgepågang mot den nye hurtigbåtkaien må derfor bestemmes ut fra teoretiske beregninger.

Den beregningsmetoden vi benytter bygger på at en sjøtilstand er fullstendig bestemt av vindhastigheten, varigheten av vinden og utstrekningen av det sjøområdet vinden blåser over (strøklengden). Strøklengden er avstanden fra det punktet bølgehøyden beregnes for til nærmeste land regnet i vindretningen.

Det var tidligere en værstasjon på Sandsøy rundt 16 km nord for Harstad. Data fra denne værstasjonen er tilgjengelige fra Meteorologisk Institutt.

Vinddata for nordøstlige vinder ved værstasjonen på Sandsøy antas å være representative for nordøstlige vinder over Vågsfjorden. Vi har gjennomført en statistisk analyse av vinddataene fra Sandsøy for perioden 1966 – 1977. Resultatene av denne analysen for vind fra nordøst er presentert i Tabell 1. En vindfart med returperiode på for eksempel 10 år er den mest sannsynlige høyeste vindfarten som en forventer i løpet av 10 år.

Tabell 1 Forventet vindfart ved fra vind fra nordøst over Vågsfjorden.

Hyppighet / Returperiode	Vindfart fra nordøst	Betegnelse
5 ganger per år	12.4 m/s	Liten kuling
1 år	15.1 m/s	Stiv kuling
10 år	18.5 m/s	Sterk kuling
100 år	21.8 m/s	Liten storm

Nærmeste eksisterende værstasjon ligger på Evenskjær rundt 24 km sør for Harstad. Denne værstasjonen er imidlertid skjermet for østlige vinder slik at data herfra ikke kan benyttes i bølgeanalysen.

Signifikant bølgehøyde (H_{m0}) og tilsvarende pikperiode (T_p , den periode der energien i bølgespekteret er størst) er beregnet for vind med retning fra 30° og 60°. Resultat fra disse beregningene er presenter i Tabell 2. Dersom bølgene skal bli så høye som angitt i tabellen må vinden ha en varighet på (minst) 4 timer. Sjøtilstanden sies da å være fullt utviklet.

Tabell 2 Beregnet signifikant bølgehøyde (H_{m0}) og tilsvarende pikperiode (T_p) i området for ny hurtigbåtkai på Larsneset.

Vindfart (m/s)	Vindretning			
	30°		60°	
	H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_p (s)
10	0.58	3.88	0.76	4.14
11	0.66	4.04	0.85	4.30
12	0.73	4.19	0.95	4.46
13	0.81	4.33	1.05	4.61
14	0.89	4.46	1.15	4.76
15	0.97	4.60	1.26	4.90
16	1.05	4.72	1.37	5.04
17	1.14	4.85	1.48	5.17
18	1.23	4.97	1.59	5.30
19	1.32	5.09	1.71	5.43
20	1.41	5.20	1.82	5.55
21	1.50	5.32	1.95	5.67
22	1.59	5.42	2.07	5.78
23	1.69	5.53	2.19	5.90
24	1.79	5.64	2.32	6.01
25	1.89	5.74	2.45	6.12

3 KRAV TIL ROLIGHET I HAVNER

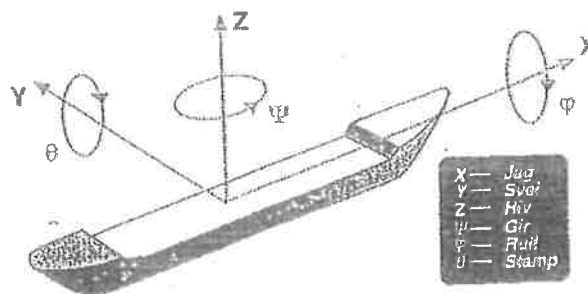
For å legge til rette for effektiv og sikker lasting/lossing både for last og personell settes det ofte krav til rolighetsforholdene ved kai. I litteraturen, blant annet i PIANC 1995, foreligger det anbefalinger om hvor (bølgemessig) rolig en havn bør være for at den skal være funksjonell. Kriteriene er gitt for forskjellige fartøystørrelser og lasttyper. Tabell 3 og Tabell 4 angir akseptable skipsbevegelser for noen fartøytyper i laste- og lossesituasjonen. Definisjon av bevegelser er vist i Figur 3

Tabell 3 Akseptable skipsbevegelser i laste- og lossesituasjonen. Kriterier for skipsbevegelser (laste/losse-operasjoner). Bevegelsens art er maksimale peak-peak (totalt utslag) bevegelser.

Skipstype	Jag (m)	Svai (m)	Hiv (m)	Gir (grader)	Stamp (grader)	Rull (grader)
<i>Fiskebåter:</i> (Lengde, 25-60 m)						
LO-LO	1.0-1.5	1.0-1.5	0.4-0.6	3-5	4	3-5
Automatkran	0.15	0.15				1.5
Sugepumpe	2.0-3.0					
<i>Fraktebåter:</i> (Lengde, 65-130 m)						
Skipskran	1.0-2.0	1.2-1.5	0.6-1.0	1-3	1-2	2-3
Kaikran	1.0-2.0	1.2-1.5	0.8-1.2	2-4	1-2	3-5
<i>Ferger:</i> (Lengde, 100-150 m)		0-8	1.0	1.0	1.0	2.0
<i>Containerskip:</i> (Lengde, 100-200 m)						
90-100 % effekt	0.6-1.0	0.6-0.8	0.6-0.9	0.5	1.5	3.0
50 % effekt	2.0	2.0	1.2	1.5	2.0	5.0

Tabell 4 Akseptable hastigheter i skipsbevegelsen ved kai.

Skipsstørrelse (DWT)	Jag (m/s)	Svai (m/s)	Hiv (m/s)	Gir (grader/s)	Stamp (grader/s)	Rull (grader/s)
1.000	0.6	0.6	-	2.0	-	2.0
2.000	0.4	0.4	-	1.5	-	1.5
3.000	0.3	0.3	-	1.0	-	1.0



Figur 3 Definisjon av skipsbevegelse.

Bruk av de angitte kriterier betinger imidlertid modellforsøk og vil i denne utredningen kun nyttes som grunnlagsmateriale i våre vurderinger. Et annet og enklere kriterium for akseptable rolighetsforhold er bølgehøyden. Høya som kan aksepteres av bølgehøyde i et havneområde varierer med fartøystørrelse, last osv. For større fartøy settes gjerne grensen for akseptabel bølgehøyde til $H_s = 0.4 - 0.5$ m. Maksimal bølgehøyde vil da være $0.8 - 1.0$ m. For mindre fartøy, småbåter i marina etc. er ofte grensen satt til $H_s = 0.2 - 0.3$ m, med $H_{\text{maks}} = 0.4 - 0.5$ m. For krapp fjordsjø, bølger med periode $T_p = 4 - 6$ s er det vår oppfatning at disse grensene er fornuftige. Bølgehøyden av nevnte størrelse bør ikke opptre oftere enn 2 - 3 ganger per år.

For hurtigbåter og passasjertrafikk er det ikke satt opp spesifikke anbefalinger, men etter vår erfaring bør bølgehøyden ikke overskride $0.4 - 0.5$ m når bølgene treffer fartøyene i baug eller akter. For bølger sideveis eller på skrå akter bør strengere krav settes. Hyppigheten av nevnte bølger bør ikke være oftere enn 2 - 3 perioder i året.

I Tabell 1 er det angitt hyppighet av vind fra nordøst i fjordområdet utenfor Harstad. Vindhastigheten som opptrer 2 - 3 ganger per år er ca 14 m/s. Ifølge Tabell 2 gir denne vinden bølgehøyde på $H_s = 0.89$ m med periode $T_p = 4.5$ s. Rolighetsforholdene i det aktuelle området av Harstad havn tilfredsstiller således ikke de anbefalte verdier for en funksjonell havn. De gitte kriteriene refererer til faste kaikonstruksjoner. Ved flytende kaier vil situasjonen kunne være annerledes. Fartøy og kai vil kunne ha forskjellig bevegelse i bølgene. Dette vil spesielt kunne skape problemer med hensyn til rulling og stamping, mens det kan være gunstig for andre bevegelser som hiv og svai. Totalt sett mener vi at det bør settes strengere krav til bølgehøyden ved en flytende kai enn til en fast kai. Fortøyningsarrangementet av kai såvel som fartøy vil i en slik sammenheng være av stor betydning.

4 UTFORMING AV FYLLINGSFRONT

Bølgeanalysen viser at bølgehøyden i havna i NØ var relativt ofte overskrider de verdier som anbefales for en funksjonell havn. Den planlagte utfyllingen som vil få NØ-bølger rett i fronten bør derfor utformes slik at refleksjon av bølger fra fyllingen reduseres. Fyllingen bør ha en porøs front som absorberer mest mulig bølgeenergi. Vi vil derfor foreslå at fyllingen bygges med en front av 4 lag blokker på ca 1 m^3 .

5 FLYTEKAIENS OPPFØRSEL I BØLGER

Den skisserte flytekai har dimensjonene $20 \text{ m} \times 80 \text{ m}$, så langt vi kan se av tilsendte tegninger, og ligger med lengste akse i bølgeretningen. Selv om vi ikke kjenner, eller har data nok til å beregne, flytekaiens egensvingeperioder i frøtflytende eller i fortøyd tilstand, vil disse ligge utenfor bølgeperioden på $T_p = 4 - 5$ s. Det skulle således ikke være fare for resonans mellom bølger og kai.

Flytekaia vil som et annet fortøyd fartøy i utgangspunktet ha 6 frihetsgrader og bevegelsene jag, svai, hiv, gir, rull og stamp. Bevegelsene hiv og stamp vil følge bølgebevegelsen, men være dempet i forhold til denne. Bevegelsene jag, svai og gir vil foregå langsommere enn bølgebevegelsen og være styrt av fortøyningen som velges. Rullebevegelsen vil også følge bølgefrequensen. Utslaget av rullebevegelsen vil være avhengig av bølgenes retning.

Hovedretning av bølgene er langs flytekaia og vil ikke initiere vesentlige rullebevegelser. Refleksbølger fra det grunne området, skjæret syd for flytekaia, kan imidlertid treffe flytekaia på skrå og initiere rullebevegelser. Hvor stor rotasjon dette vil medføre er vi usikker på, men vi antar at det er rullebevegelsen i kombinasjon med stampebevegelsen som er mest sjenerende for passasjerene.

Det er relativt bråe bevegelser, fra ytterstilling til ytterstilling tar det ca 4 – 5 s. Fortøyningene bør settes slik at rullebevegelsen dempes mest mulig.

Forholdet mellom flytekaiens bevegelser og fartøyets bevegelser er komplisert siden de også i fortøyd tilstand har forskjellig respons på bølgeforskjellene. Vi må regne med at det i kraftig uvær vil kunne oppstå spesielle situasjoner der det er større relative forskjeller i bevegelsene mellom fartøy og kai for den flytende kaia enn for den faste kaia.

Vindkrefter vil påføres både flytekai med overbygg og fartøyet. Til tross for en viss variasjon av vindstyrken vil vinden forspenne de fortøyningene som ligger opp mot vinden og virke stabiliserende.

6 TILTAK FOR Å SKJERME KAISIDENE MOT BØLGER

Å skjerme kaisiden hvor fartøyene legger til kan i utgangspunktet gjøres både ved å ha en konstruksjon festet i selve flytekaia og/eller ved å ha en frittstående konstruksjon, flytende eller faststående NØ for flytekaia.

En aktuell frittstående og fast konstruksjon vil være en vertikal bølgeskjerm på peler. Den vertikale skjermen bør være bortimot tett og gå ned til en ca 0,15 ganger dybden, eller ca 2 – 3 m under middelvann dersom bølgehøyden skal halveres. Konstruksjonen bør ha en bredde som minst tilsvare kaibredden pluss 2 skipsbredder forutsatt at konstruksjonen settes nær lantil kaia.

En flytende bølgedemper utenfor selve kaienden er en annen løsning. Med bølger med periode $T_p = 4 - 5$ s bør den flytende konstruksjonen ha en bredde (i bølgeretningen) på 15 – 20 m dersom bølgehøyden skal halveres. Lengden på den flytende bølgedemperen bør være lenger enn for den faste bølgeskjermen da denne må fortøyres et stykke ut fra kaienden.

En annen løsning vil være å bygge en bølgeskjerm fast i den flytende kaia. Skjermen bør ha dimensjonene som beskrevet for den frittstående konstruksjonen. En slik løsning vil påføre flytekaia større krefter og bevegelser. Dessuten vil flytekaiens bevegelse kunne generere bølger idet den beveger seg. Både jag og stamp vil kunne introdusere ekstra bølger. En del av den skjermende effekten vil således gå tapt.

I stedet for å skjerme kaiinjen vil vi foreslå at det legges arbeid i å finne et godt fortøynings-system for flytekaia, slik at denne holdes mest mulig i ro. Med et godt fortøynings-system vil vi tro at en kan oppnå en regularitet som er akseptabel, men ikke så god som for en fast kai.

7 TILTAK FOR Å MINSKE BEVEGELSEN AV FLYTEKAIA

Jagebevegelsen av kaia kan minimaliseres ved enten bruk av stram kjetting i kombinasjon med fender, eller ved stagforbindelse. En slik løsning vil også redusere stampebevegelsen og girbevegelsen noe.

I begge tilfeller må forbindelsen tillate rotasjon og bevegelse for de andre 5 frihetsgradene. Rulling kan dempes med kjettingfortøyning og ekstra vekt hengt opp i fortøyningene. Hivbevegelsen er det lite å gjøre med fortøyningsmessig sett.

8 KONKLUSJONER

- Bølgeanalysen viser at det mot kaiområdet må forventes bølger fra NØ med høyde $H_s = 0.9$ m og periode $T_p = 4.5$ s med hyppighet 2 – 3 perioder per år. Denne bølgepågangen overskrider de verdier som anbefales for en funksjonell havn.
- For krapp vindsjø som i Harstad havn burde ikke bølgehøyden ved kai overskride $H_s = 0.4 - 0.5$ m oftere enn 2 – 3 ganger per år i henhold til internasjonalt anbefalte kriterier.
- Den planlagte utfyllingen bør utformes med et porøst lag av stein i fronten. Det anbefales at dette porøse laget består av 1 m^3 stein i 4 lag.
- Den flytende kaia vil ha hiv- og stampebevegelser som følger bølgefrequensen. Rullebevegelsen vil også følge bølgefrequensen, men graden av rulling er noe usikker og avhengig av refleksbølgene fra skjæret syd for kaia. Jag, gir og svai er bevegelser som går langsommere og vil være av mindre betydning for passasjerene.
- For å dempe bølgene langs kaisidene vil vi foreslå å benytte en frittstående bølgeskjerm eller en flytende bølgedemper. Vi vil ikke anbefale en løsning der bølgeskjermen knyttes fast til selve kaia.
- En bølgeskjerm eller en bølgedemper av det omfang som vil være nødvendig for å oppnå god effekt representerer en relativ stor kostnad. Vi er av den oppfatning at det kan oppnås en relativ god regularitet av flytekaia uten avskjerming av bølgene. Dette betinger at det etableres et godt fortøyningsystem for flytekaia og at det benyttes et egnet fendersystem mellom fartøy og kai.
- Det bør opprettes klare rutiner for når værforholdene er slik at flytekaia ikke kan anløpe med passasjerer, og en alternativ kai må tas i bruk.