

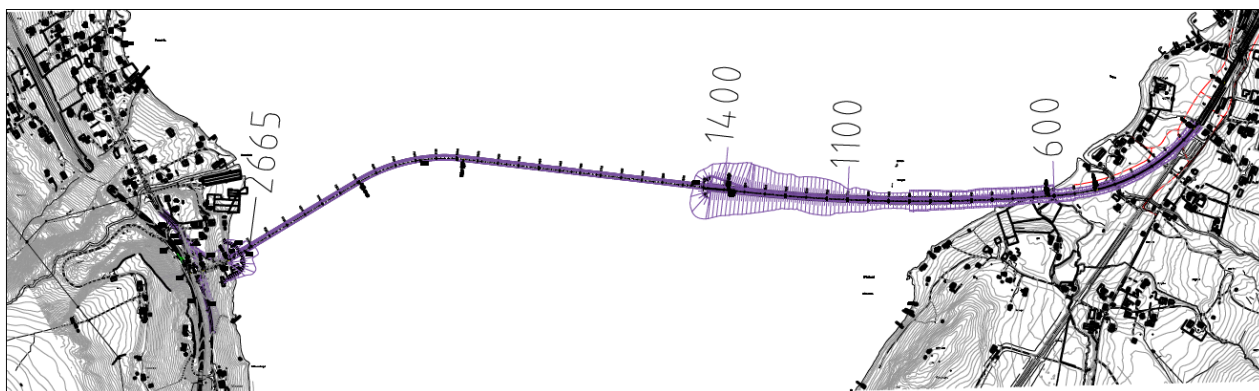
 SINTEF SINTEF Byggforsk AS Kyst og havnelaboratoriet Postadresse: 7465 Trondheim Besøk: Klæbuveien 153 Telefon: 73 59 61 88 Telefaks: 73 59 23 76 Foretaksregisteret: NO 989 015 540 MVA		NOTAT						
		GJELDER Bølgeførhold ved ny vegfylling/bru over Tresfjorden			BEHANDLING	UTTALELSE	ORIENTERING	ETTER AVTALE
		GÅR TIL Asplan viak Arnt Martin Eide						X
ARKIVKODE	GRADERING							
ELEKTRONISK ARKIVKODE								
Notat01_Tres.doc								
PROSJEKTNR.	DATO	SAKSBEARBEIDER/FORFATTER	ANTALL SIDER					
	2011-05-06	Arne E. Lothe	6					

Revisjon : 2011-05-06

1 Bakgrunn

Asplan viak utreder en ny kryssing av Tresfjorden for Statens Vegvesen. Kryssingen vil skje med en kombinasjon av fylling og hevet brubane på pilarer, se Figur 1. I forbindelse med dimensjonering av fyllinger, brukar og pilarer er det behov for et estimat på de mulige bølgehøyder som kan forekomme på stedet.

Dette notat inneholder en analyse av bølgene i traseens vestre, midtre og østre del.



Figur 1 Skisse av kryssingstrase

2 METODE

Tresfjorden vender mot nord, og det er kun ved vindretning 0° og 30° at det vil komme bølger direkte inn mot kryssings-stedet. Imidlertid utgjør Moldefjorden, Karlsøyfjorden, Ytre Romsdalsfjorden og Midfjorden et et større og komplekst basseng der det vil forekomme bølger i flere retninger. Ved vestlige og østlige vindretninger vil ikke bølgene komme direkte inn mot

brustedet, men en del av bølge-energien vil likevel finne veien inn mot ytre del av Tresfjorden. For å ta hensyn også til den energien som kommer indirekte inn mot stedet beregnes bølgene på følgende måte.

1. Vi tar utgangspunkt i en vindmålestasjon i nærheten og beregner ekstremverdier (10 år, 100 år etc) fra denne.
2. Bølgene utenfor Tresfjorden beregnes i et eller flere punkt som ligger slik at vi fanger opp bølger fra både vest, nord og øst. I tillegg beregnes bølger fra sør.
3. Vi foretar en beregning av hvor stor andel av bølge-energien i disse punktene som har en retning som gjør at energien kan komme inn mot kryssings-stedets tre punkter (vest, midt, øst). Dette gir et sett med bølgedempingskoeffisienter for hver punkt og ulike retninger.
4. Ekstremverdien av bølgene i kryssingspunktet er nå gitt som den bølgehøyden som oppstår utenfor Tresfjorden ved den gitte ekstreme verdi av vindhastigheten multiplisert med den aktuelle bølgedempingskoeffisienten.

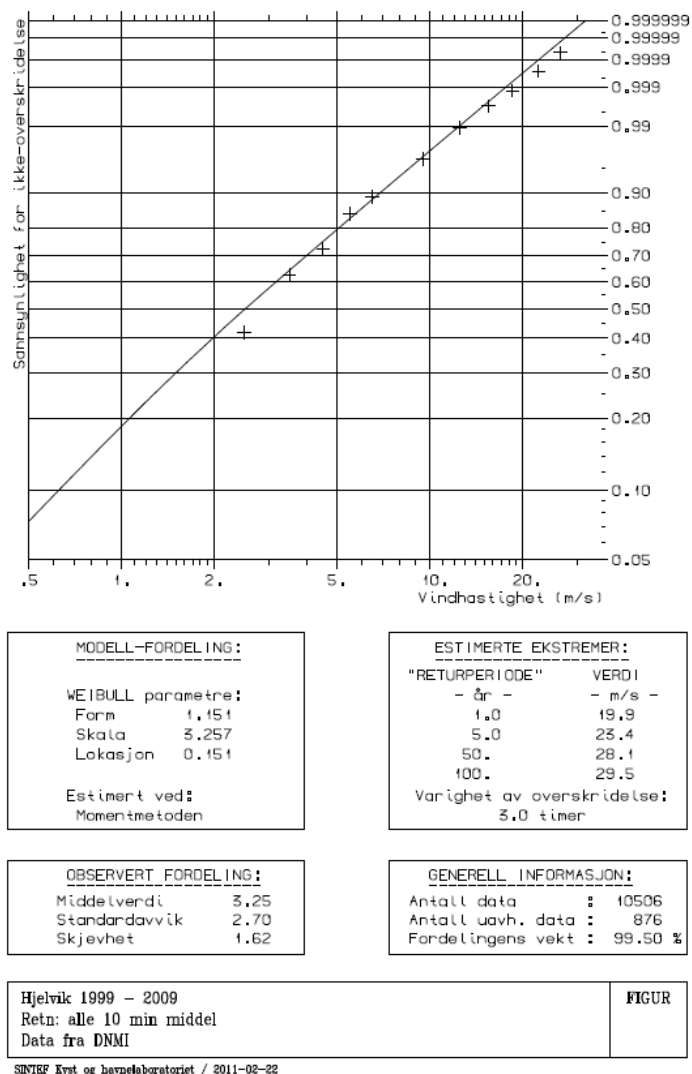
3 DATAGRUNNLAG

Hjelvik er den nærmeste vindmålerstasjonen. Hjelvik ligger ca 5 km øst for kryssingstedet og er eksponert for vind over sjøen fra nord. Øvrige stasjoner som kunne være aktuelle er Ona, Vigra og Molde, men de to første er kyst-stasjoner og Molde har sin eksponering mot sjøen fra sør.

Figur 2 viser observasjoner av 10 min middelvind (alle retninger) fra Hjelvik 1999 – 2009 målt 4 x/døgn. Observasjonene er modellert med en 3-parameter Weibull-fordeling. En tabell over tilsvarende verdier fordelt på retninger er vist i Tabell 1. Figuren som viser alle retninger ser rimelig ut, men tabellen viser at ekstremverdiene for retning 0° er høyere enn for samtlige retninger, noe som er åpenbart urimelig. Denne urimeligheten skyldes en dårlig tilpasning av modellen til observerte data sammen med få datapunkter. Både modellen og observasjonene viser imidlertid en dominans av sørlig og nordlig vind, og det er sannsynlig at en ekstrem vindhastighet i både Hjelvik og Tresfjord vil ha retning enten fra nord eller fra sør. Fordi vi ser at tilpasningen til samtlige data er god, kan vi derfor anta at det vil være et konservativt valg å benytte ekstremverdiene for alle retninger samlet for hver individuelle retning.

Benytter vi dette, får vi følgende verdier for ekstrem vind i samtlige retninger:

- ☐ Returperiode 10 år : 24.8 m/s
- ☐ Returperiode 50 år : 28.1 m/s
- ☐ Returperiode 100 år : 29.6 m/s.



Figur 2 3-parameter Weibull-modell for vindobservasjoner, alle retninger ved Hjelvik 1999 - 2009

Tabell 1 Beregnede returperioder for 10 min middel vind ved Hjelvik

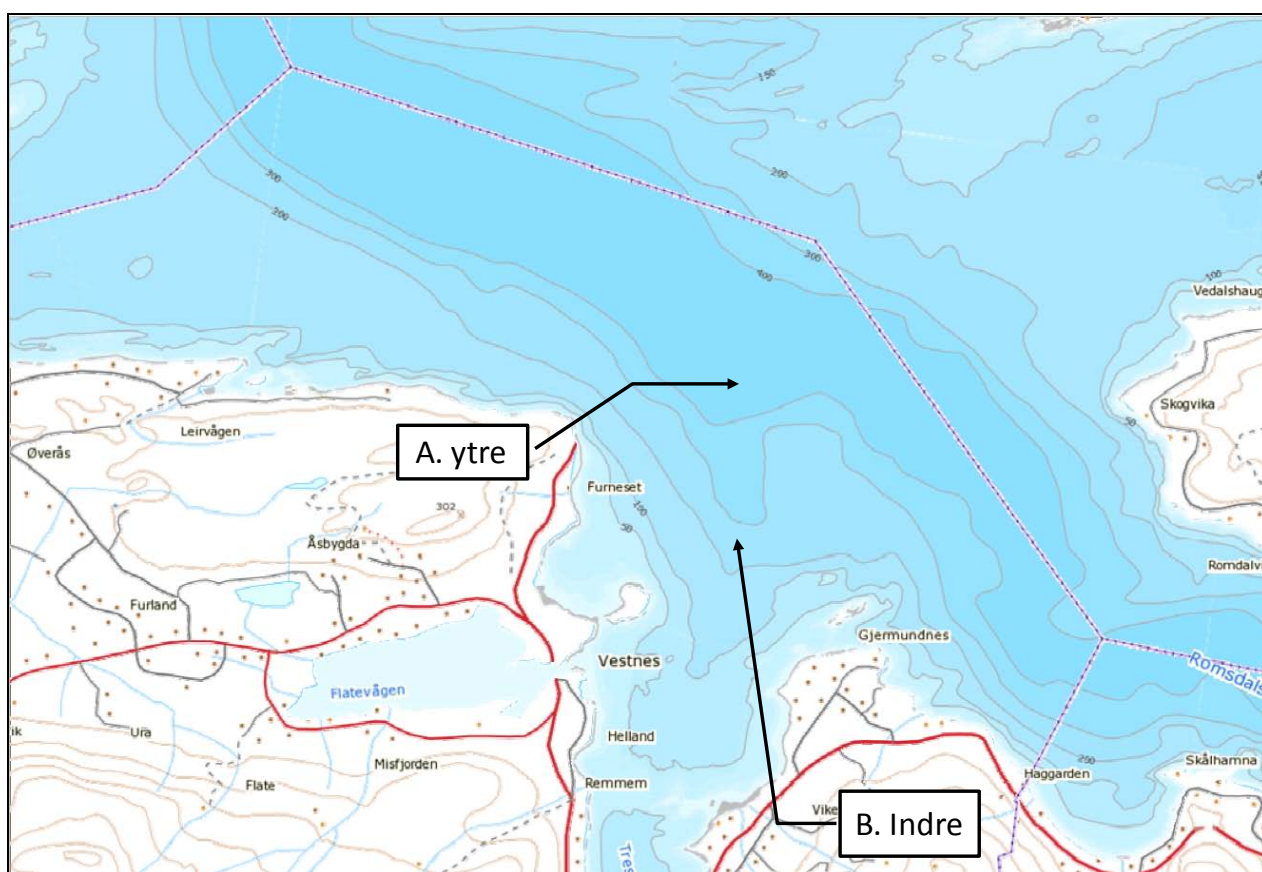
Retur- periode år	Retning °												
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Alle
0.04	0.0	3.5	5.7	2.6	0.0	6.5	8.5	10.0	7.8	6.8	5.2	6.0	12.8
0.2	10.2	6.3	8.6	7.3	5.9	9.8	12.4	13.6	11.6	10.6	9.1	10.8	16.4
1	16.8	8.7	11.3	11.5	10.0	12.5	16.3	17.1	15.0	13.8	12.5	15.1	19.9
5	23.2	11.0	14.0	15.5	13.3	14.9	20.0	20.4	18.2	16.7	15.6	19.2	23.4
10	25.9	11.9	15.1	17.1	14.6	15.9	21.6	21.9	19.5	17.9	16.8	20.8	24.8
25	29.4	13.1	16.5	19.3	16.1	17.2	23.8	23.7	21.2	19.4	18.5	23.0	26.7
50	32.0	14.0	17.6	20.9	17.2	18.1	25.4	25.1	22.4	20.5	19.7	24.6	28.1
100	34.6	14.9	18.7	22.5	18.3	19.0	26.9	26.5	23.6	21.6	20.9	26.2	29.6

4 BØLGEBEREGNING

Bølgehøyde utenfor Tresfjorden ved vind fra nordlig sektor er beregnet i to punkter, se Figur 3:

- A. En ytre posisjon midt i Tresfjorden ca på en linje mellom Furneset og østre enden av Sekken.
- B. En indre posisjon midt i Tresfjorden ca på høyde med Feøy ved Vestnes

I begge tilfeller er det tatt hensyn til at bølgehøydene vil øke noe fra beregningspunktet og inn til kryssingspunktet som følge av at vinden fortsatt blåser over sjøen. Generelt vil imidlertid den totale bølge-energien reduseres som følge av at kryssingspunktet ligger helt eller delvis skjermet for direkte innkommende bølger, slik at det bare er bølger innenfor spesielle retningssektorer som kan komme helt fram. Den andelen av bølge-energien som ligger innenfor de aktuelle retningssektorene kan bestemmes ved å anta at bølge-energien er normal fordelt omkring en middelretning (som er lik vindretningen) med et standardavvik σ (her antatt lik 30°).



Figur 3 Beregningspunkter for innkommende fjordsjø

Resultatet av disse beregningene er vist i Tabell 2. Tabellen viser at for de sentrale retningen omkring nord gir den indre posisjonen høyest bølgehøyde, mens den ytre posisjonen har et større bidrag av bølger fra øst og vest. Vi velger derfor å benytte den indre posisjonen i det videre arbeidet.

Tabell 2 Beregning av signifikant bølgehøyde i **Indre og Ytre posisjon** for returperioder 10, 50 og 100 år (øvre del) for bølger fra *nordlig sektor*; beregnede bølgedempingskoeffisienter for hhv vestre, midtre og østre del av traseen (nedre del)

	Retur- periode år	Signifikant bølgehøyde H_s m ved vindretning °						
Indre posisjon (Feøy)		300	330	0	30	60	90	120
	10	1.50	1.95	2.05	2.00	1.88	1.70	1.13
	50	1.74	2.27	2.39	2.33	2.29	1.98	1.32
	100	1.91	2.49	2.62	2.56	2.40	2.18	1.45
Ytre posisjon (Fur- neset)	10	2.00	2.06	1.98	1.92	1.99	2.01	1.59
	50	2.32	2.40	2.30	2.24	2.31	2.34	1.86
	100	2.55	2.63	2.53	2.46	2.54	2.57	2.04
	Posisjon							
Bølge- koeffi- sient	vest	0.12	0.33	0.59	0.68	0.51	0.25	0.07
	midt	0.21	0.48	0.7	0.69	0.44	0.18	0.05
	øst	0.26	0.54	0.73	0.65	0.38	0.14	0.03

Tabell 3 viser resultatet av bølgeberegningen ved vind fra nordlig sektor. De høyeste bølgene kommer ved vind fra retningene 0° og 30°, som gir noe ulike utslag på hhv øst og vestsiden av traseen. Tilhørende bølgeperioder er 4.0 – 5.5 s.

Ved vind fra sørlig sektor er bølgene mye lavere (Tabell 4), og her er det beregnet direkte angrep av bølger uten demping midt på traseen, og en dempingskoeffisient på 0.71 i hhv vest og øst. Tilhørende perioder er 3 – 4 s.

Tabell 3 Bølger mot brutraseen ved vind fra **nordlig sektor**: Signifikant bølgehøyde i m for vest, midt og øst i kryssingstrasee for returperioder 10, 50 og 100 år.

Retur- periode	Posisjon	Bølgeretning °						
		300	330	0	30	60	90	120
10 år	vest	0.18	0.64	1.21	1.36	0.96	0.43	0.08
	midt	0.32	0.94	1.44	1.38	0.83	0.31	0.06
	øst	0.39	1.05	1.50	1.30	0.71	0.24	0.03
50år	vest	0.21	0.75	1.41	1.58	1.17	0.50	0.09
	midt	0.37	1.09	1.67	1.61	1.01	0.36	0.07
	øst	0.45	1.23	1.74	1.51	0.87	0.28	0.04
100 år	vest	0.23	0.82	1.55	1.74	1.22	0.55	0.10
	midt	0.40	1.20	1.83	1.77	1.06	0.39	0.07
	øst	0.50	1.34	1.91	1.66	0.91	0.31	0.04

Tabell 4 Bølger mot brutraseen ved vind fra **sørlig sektor**: Signifikant bølgehøyde i m for vest, midt og øst i kryssingstrasee for returperioder 10, 50 og 100 år.

Retur- periode	Posisjon	Bølgeretning °						
			120	150	180	210	240	
10 år	vest		0.28	0.58	0.69	0.51	0.23	
	midt		0.39	0.82	0.98	0.72	0.32	
	øst		0.28	0.58	0.69	0.51	0.23	
50år	vest		0.32	0.67	0.81	0.59	0.27	
	midt		0.45	0.95	1.14	0.84	0.38	
	øst		0.32	0.67	0.81	0.59	0.27	
100 år	vest		0.35	0.74	0.88	0.65	0.29	
	midt		0.50	1.05	1.25	0.92	0.41	
	øst		0.35	0.74	0.88	0.65	0.29	

5 KOMMENTARER

Beregningen av bølgehøyder er gjort uten sikkerhetskoeffisienter. Der hvor det er naturlig, er det gjort konservative valg uten at dette kan karakteriseres som sikkerhetskoeffisienter. Metoden for bestemmelse av vindhastighet er så nøyaktig som det tilgjengelige datamaterialet tillater, og selv om det er en tilnærming å benytte den samme ekstreme vindhastigheten for alle retningene, så regner vi med at vindhastighetene gir et realistisk bilde av de faktiske forhold. For nordlig og sørlig retning vil de benyttede hastighetene være realistiske. For de øvrige retningene er de benyttede hastighetene høyere enn det som tallmaterialet tilsier, men samtidig vil vindhastighetene over Romsdalsfjorden/Moldefjorden ved øst-vest vind sannsynligvis være betydelig høyere enn det som blir målt i Hjelvik.

For konstruksjoner i sjøen anbefales generelt å benytte 100 års returperiode for dimensjonering fordi det vanligvis ikke benyttes sikkerhetskoeffisienter. For konstruksjoner som ikke er essensielle for menneskeliv eller miljø, og der skader raskt kan detekteres og repareres kan 50 år benyttes.