

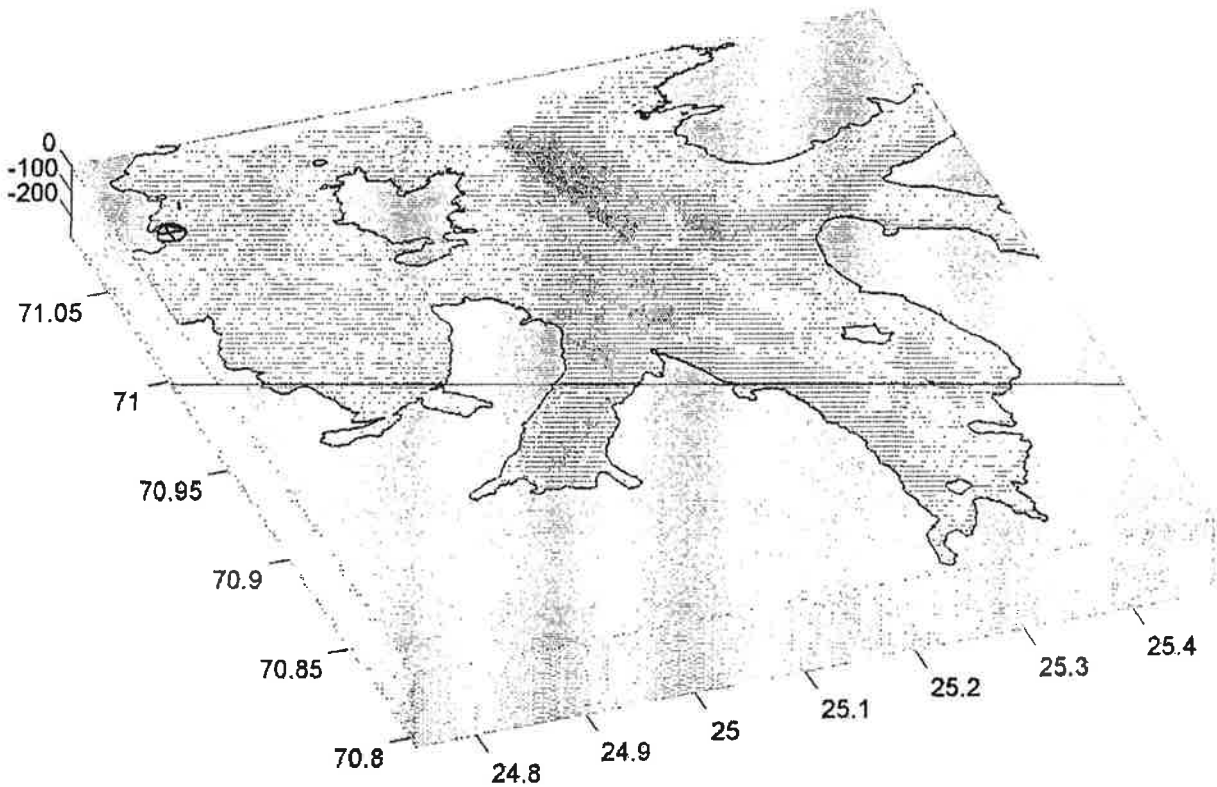
# RAPPORT

OPPDRAKSGIVER NRS Finnmark

EMNE Bølgeberegning Kobbefjorden, Måsøy kommune

DATO / REVISJON: 16. Januar 2015 / 00

DOKUMENTKODE: 712721-RIMT-RAP-001



# Multiconsult



Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

# Multiconsult

## RAPPORT

OPDRAG	712721 - NRS Finnmark miljøundersøkelser Kobbefjorden Børfjorden Sandøyfjorden	DOKUMENTKODE	712721-RIMT-RAP-001
EMNE	Bølgeberegning Kobbefjorden, Måsøy kommune	TILGJENGELIGHET	Konfidensiell
OPDRAGSGIVER	NRS Finnmark	OPDRAGSLEDER	Øyvind Nilsen
KONTAKTPERSON	Kåre Aas	UTARBEIDET AV	Øyvind Nilsen
		ANSVARLIG ENHET	4042

### Sammendrag

Det er utført bølgeberegning av lokaliteten Kobbefjorden, Måsøy i henhold til krav i NS 9415. Følgende miljøparametere er undersøkt:

- beregning av stedvind
- beregning av sjøtilstand
  - vindbølger
  - havdønninger
  - kombinerte vind- og havbølger

Lokalitetens eksponering for disse miljøparametere er listet opp nedenfor.

		Returperiode		Retning
		10 år	50 år	
Største vindbølge	$H_s$ [m] / $T_p$ [s]	2.3 / 9.5	2.6 / 10	fra 331°
Største havbølge	$H_s$ [m] / $T_p$ [s]	1.2 / 14.6	1.3 / 15.7	fra 345°
Største kombinertbølge	$H_s$ [m] / $T_p$ [s]	2.5 / 14.6	2.8 / 15.8	fra 332°
Vindhastighet	$v_{b,0}$ [m/s]		30	
	$v_m$ [m/s]	32	35	fra 180° - 315°

### Nomenklatur

- $H_s$  signifikant bølgehøyde
- $T_p$  topperiode
- $v_{b,0}$  referansevindhastighet (NS-EN 1991-1-4)
- $v_m$  stedvindhastighet (NS-EN 1991-1-4)

0	16.01.2015	Bølgeberegning Kobbefjorden	<i>ORW</i>	<i>JVL</i>	<i>ORW</i>
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

# 1 INNHOLDSFORTEGNELSE

1	INNHOLDSFORTEGNELSE.....	4
2	Bakgrunn .....	5
2.1	Områdebeskrivelse .....	5
2.2	Bakgrunnsinformasjon .....	6
3	Fastsettelse av 10-års og 50-års vindhastighet .....	7
4	Fastsettelse av 10-års og 50-års vindbølgetilstand .....	8
4.1	Beregningsgrunnlag .....	8
4.2	Resultat av vindbølger .....	10
5	Fastsettelse av 10-års og 50-års havbølgetilstand og kombinert bølgetilstand .....	13
5.1	Havbølger.....	13
5.2	Resultat havbølgeberegning .....	13
5.3	Fastsettelsen av 10-års og 50-års kombinert sjøtilstand .....	15
5.4	Bølgekart.....	17
6	Vurdering av andre bølgeforhold .....	18
7	Konklusjon: Bølgeberegning .....	19
8	Litteratur og referanser .....	20
	Appendiks A Vind og vindretning.....	21
	Appendiks B Bølgekart .....	22
	Appendiks C Definisjoner .....	39

## 2 Bakgrunn

NYTEK-forskriften (en forskrift med mål om å begrense rømming av fisk fra oppdrettsanlegg) krever undersøkelse av lokaliteter som skal brukes til oppdrettsvirksomhet. Norsk standard for flytende oppdrettsanlegg, NS 9415, angir hvilke parametere som inngår og hvilke metoder som skal brukes i forbindelse med disse undersøkelsene. Undersøkelsene skal omfatte:

- **Vind:** maksimal vindhastighet med 10-års og 50-års returperiode for åtte retninger
- **Bølger:** maksimal opptredende signifikant bølgehøyde med 10-års og 50-års returperiode for åtte retninger
- **Strøm:** maksimal strømhastighet med 10-års og 50-års returperiode for åtte retninger
- **Nedising:** akkumulert nedising over tre dager
- **Drivis:** vurdering av fare for drivis
- **Topografi:** kartlegging av bunnarealet som dekkes av oppdrettsanlegget med fortøyning, minimum oppløsning på 10 x 10 m

Alle oppdrettsanlegg skal være produktsertifisert og inneha anleggssertifikat (NYTEK). Det skal dokumenteres at alle hovedkomponenter til et oppdrettsanlegg (fortøyning, notposer, flytekrage og flåte) tåler miljøpåkjenningene som framkommer av lokalitetsrapporten.

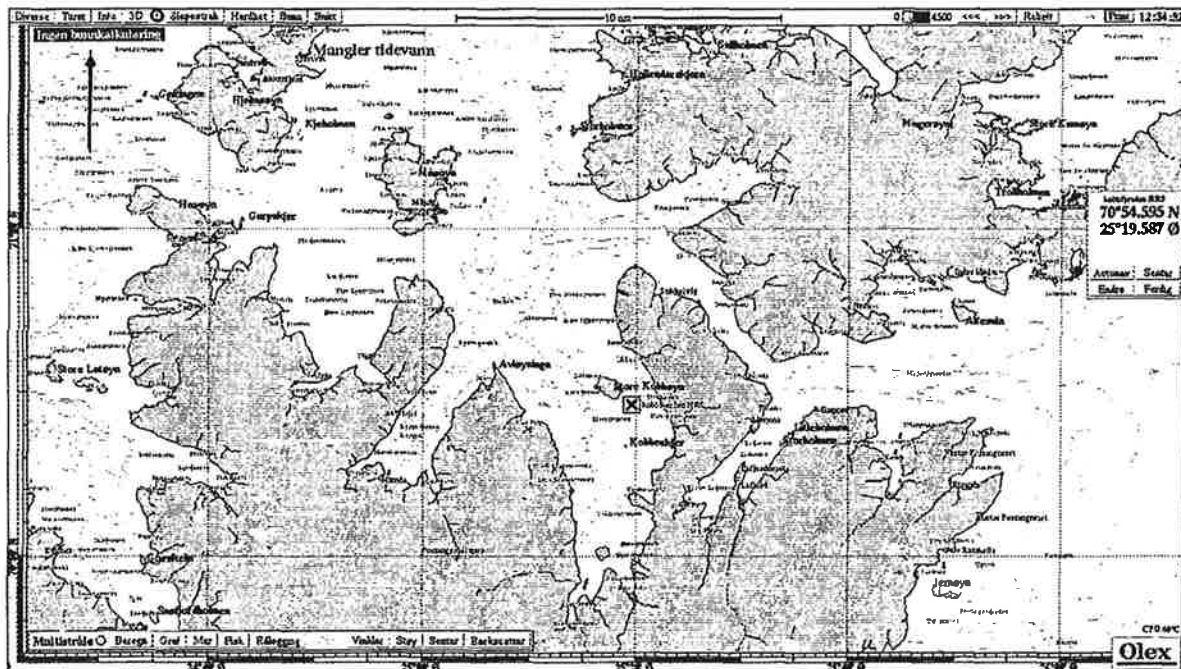
Denne rapporten beskriver vind og bølger ved Kobbefjorden, Måsøy kommune i henhold til NS 9415.

### 2.1 Områdebeskrivelse

Lokalitetsopplysninger er gitt i Tabell 1 og området rundt lokaliteten er gitt i Figur 1.

**Tabell 1:** Lokalitetsopplysninger

Lok. Nr.	Lokalitet	Geografiske koordinater	Datum	Kommune	Art
	Kobbefjorden	70°54.595 N 25°19.587 Ø	WGS84	Måsøy	



Figur 1: Oversiktskart over området rundt Kobbefjorden, Måsøy kommune. Lokalitetens beliggenhet er avmerket med et rødt kryss

## 2.2 Bakgrunnsinformasjon

Vinden som er brukt i bølgeberegningene er beregnet med utgangspunkt i NS-EN 1991-1-4:2005/NA:2009. (Kapittel 3).

### 3 Fastsettelse av 10-års og 50-års vindhastighet

10-års og 50-års vindhastighet for bruk i vindbølgeberegninger er bestemt i henhold til NS-EN 1991-1-4:2005/NA:2009. For nærmere beskrivelse av input og metode vises det til Appendiks A.

#### Referansevindhastighet $v_{b,0}$

Referansevindhastighet er gjennomsnittlig vindhastighet over 10 minutter, 10 meter over et flatt landskap med terrengkategori I (flatt og horisontalt område med lite vegetasjon) med returperiode på 50 år. Verdiene for referansevindhastighet  $v_{b,0}$  er basert på ekstremverdianalyse av vindmålinger og er ikke knyttet til noen spesiell årstid eller vindretning. Data for hver kommune er gitt i NS-EN 1991-1-4:2005/NA:2009. Referansevindhastighet ( $v_{b,0}$ ) for Måsøy er 30 m/s (Tabell 2).

#### Sannsynlighetsfaktor, $c_{prob}$

Sannsynlighetsfaktor bestemmer årlig sannsynlighet for overskridelse.  $c_{prob} = 1.0$  tilsvarer årlig sannsynlighet for overskridelse på 0.02, dvs. en returperiode på 50 år.  $c_{prob} = 0.90$  tilsvarer årlig sannsynlighet for overskridelse på 0.1, dvs. en returperiode på 10 år.

#### Retningsfaktoren, $c_{dir}$

Verdiene for retningsfaktoren er bestemt ved retningsavhengig analyse av observasjonsdataene for en rekke vindobservasjonsstasjoner eller referansestasjoner. Basert på lokalitetens beliggenhet har man valgt dataserie for området "Finnmark, vest" som basis for beregninger, se Tabell 2.

#### Årstidsfaktor, $c_{season}$

Ekstremverdier for basisvindhastigheten avhenger av årstiden. Anlegget ligger ute hele året og faktoren settes derfor til  $c_{season} = 1.0$ .

#### Basisvindhastighet, $v_b$

Basisvindhastighet er midlere vindhastighet over 10 minutter, 10 meter over et flatt landskap med terrengkategori I justert for retningsfaktor, årstidsfaktor og sannsynlighetsfaktor.

#### Terrengruhetsfaktor, $c_r$

Lokaliteten defineres å ha terrengkategori I (NS-EN 1991-1-4). Vindbølgeberegningene baseres på vindhastighet 10 m over bakken. I beregningene av  $C_r$  settes  $Z$  derfor lik 10. Terrengruhetsfaktor blir da  $c_r = 1.17$ .

#### Stedsvindhastighet, $v_m$

Stedsvindhastighet er 10-års og 50-års midlere vindhastighet over 10 min ved 10 m høyde ved lokaliteten.

Tabell 2 viser 10-års og 50-års vindhastigheter for forskjellige retninger.

Tabell 2: Fra referansevindhastighet ( $v_{b,0}$ ) til stedsvindhastighet ( $v_m$ ) for Kobbefjorden

Retning (fra)	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
$v_{b,0}$ [m/s]	30	30	30	30	30	30	30	30
$c_{dir}$	0.90	0.80	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00
$v_b$ , 10 år [m/s]	24	22	22	22	27	27	27	27
$v_b$ , 50 år [m/s]	27	24	24	24	30	30	30	30
$c_r$	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
$v_m$ , 10 år [m/s]	29	25	25	25	32	32	32	32
$v_m$ , 50 år [m/s]	32	28	28	28	35	35	35	35

## 4 Fastsettelse av 10-års og 50-års vindbølgetilstand

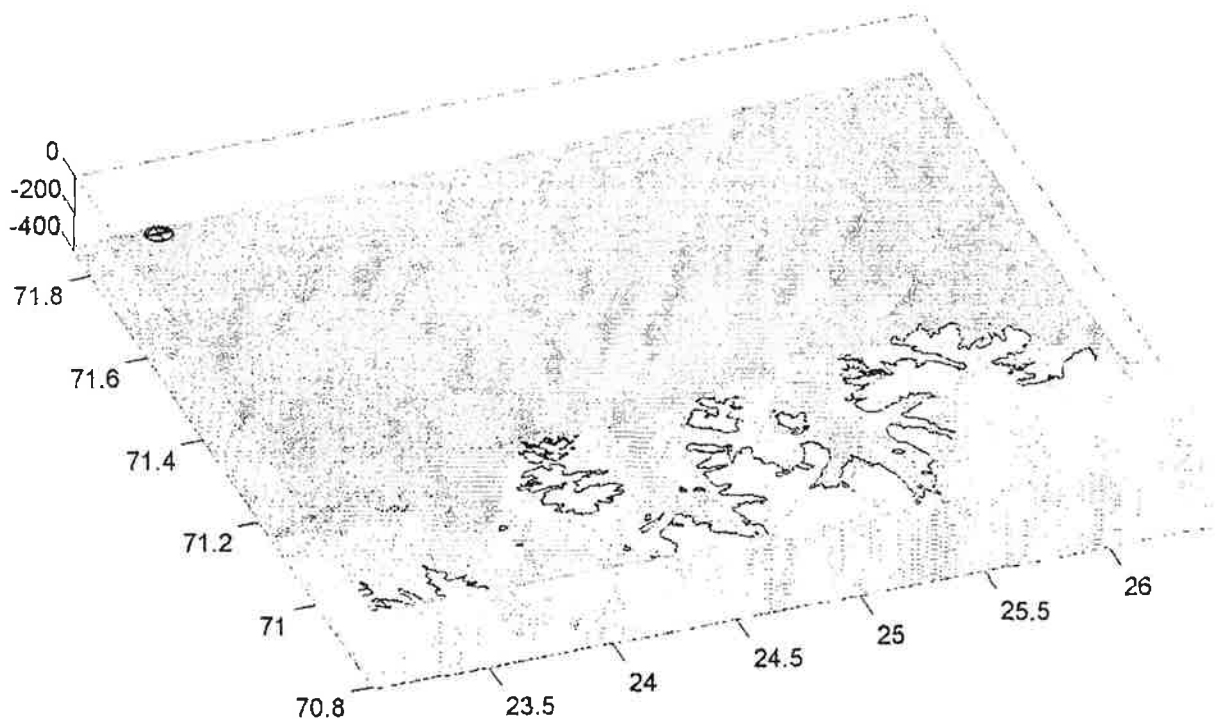
### 4.1 Beregningsgrunnlag

Programmet SWAN (SWAN 2006) er benyttet for å beregne vindbølger og havbølger på lokaliteten. Programmet er utviklet av Delft Technical University for å beregne utvikling og forplantning av bølger i kystområder.

Bunnmodellene vist i Figur 2 til Figur 4 benyttes for å beregne bølger. Vindhastigheten er justert fra stedvind til strøkvind basert på lokalitetens strøkkeometri. Strøkvinden er middelverdi av vindhastighet ved 10 m høyde over en periode tilsvarende strøkkevarigheten. Strøkkevarigheten er tiden som bølger trenger for å bli generert over strøket. Strøkvinden for de forskjellige retningene framkommer i Tabell 3 og Tabell 4.

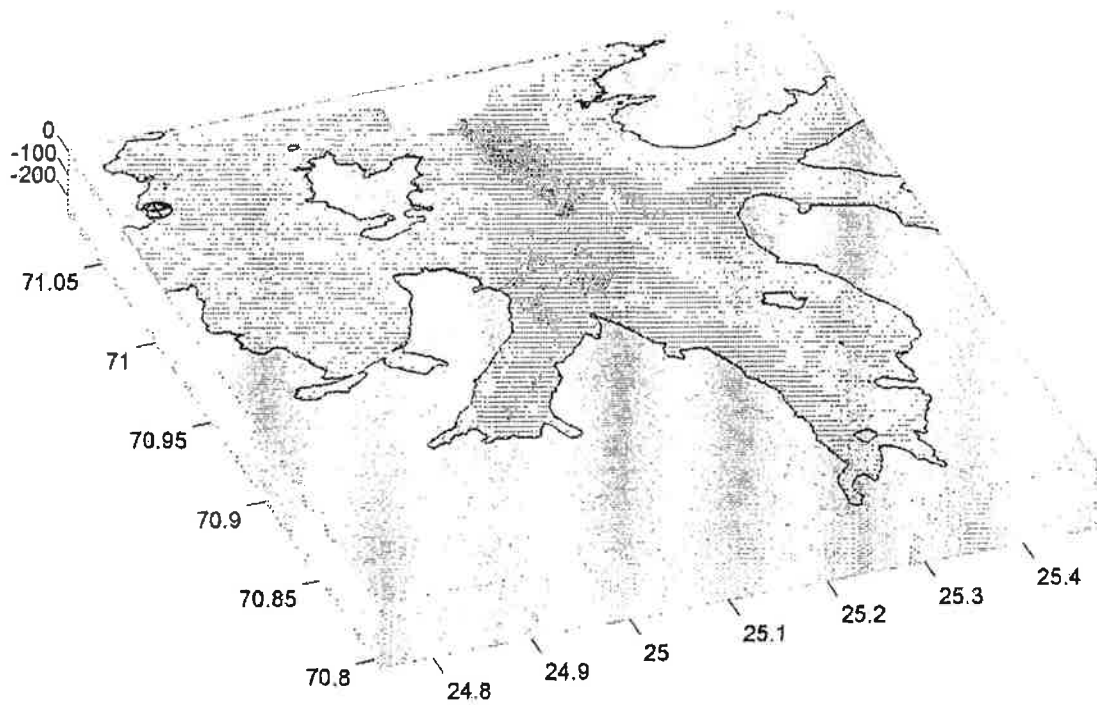
Bølgeberegningen er gjort i tre steg:

- Først er bølger regnet med grov oppløsning på ca. 400 x 400 m utenfor Måsøy (Figur 2, ytterste ramme Figur 5). I dette steget beregnes forplantning av havbølger inn mot kysten.
- Resultatene fra første steg er brukt som input til ny beregning der et grid med oppløsning på ca. 65 x 65 m dekker fjordområdene rundt Kobbefjorden (Figur 3, blå ramme Figur 5). I dette steget beregnes generering og forplantning av bølger fra kysten inn mot nærområdet rundt lokaliteten.
- Andre steg danner til slutt input for tredje og siste beregningssteg hvor gridet har en oppløsning på ca. 20 x 20 m som dekker nærområdet rundt Kobbefjorden (Figur 4, grønn ramme Figur 5). I dette steget beregnes forplantning av vindbølger og havbølger påvirket av detaljer i den nærmeste bunntopografien rundt lokaliteten.

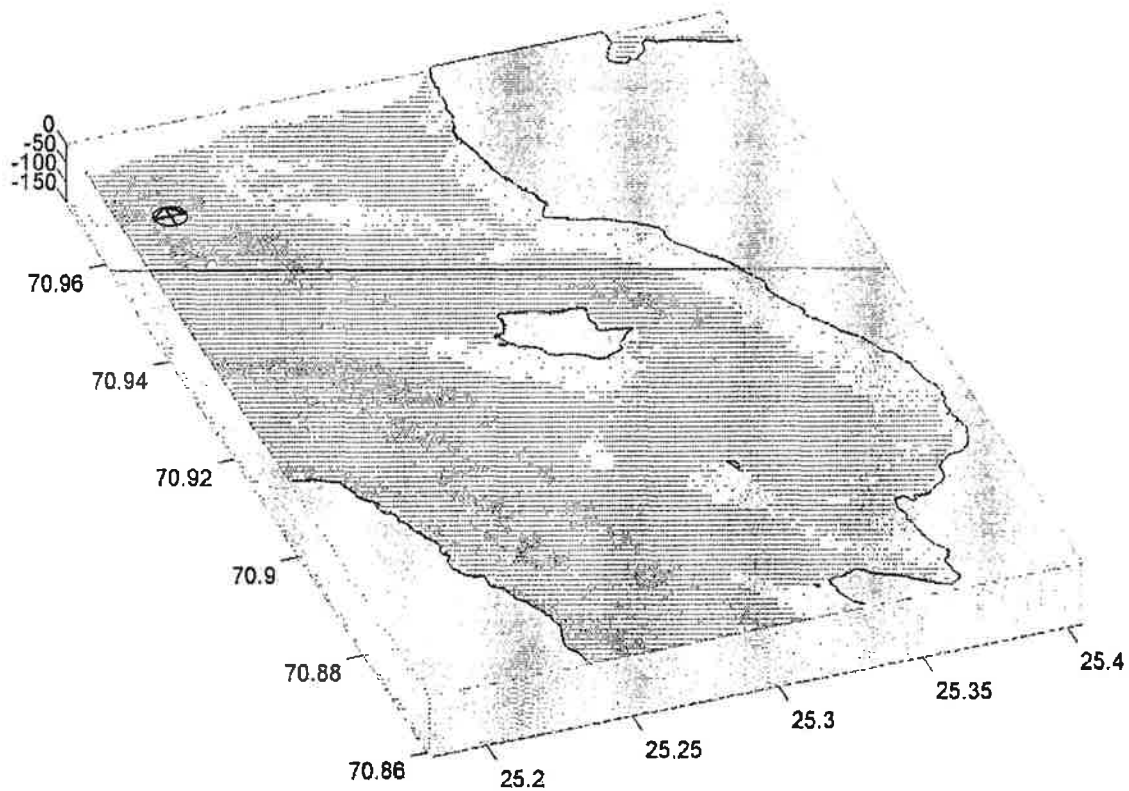


**Figur 2:** 3D bunnmodell av havområdet utenfor Måsøy kommune (x-akse og y-akse i geografiske koordinater, z-akse i meter)

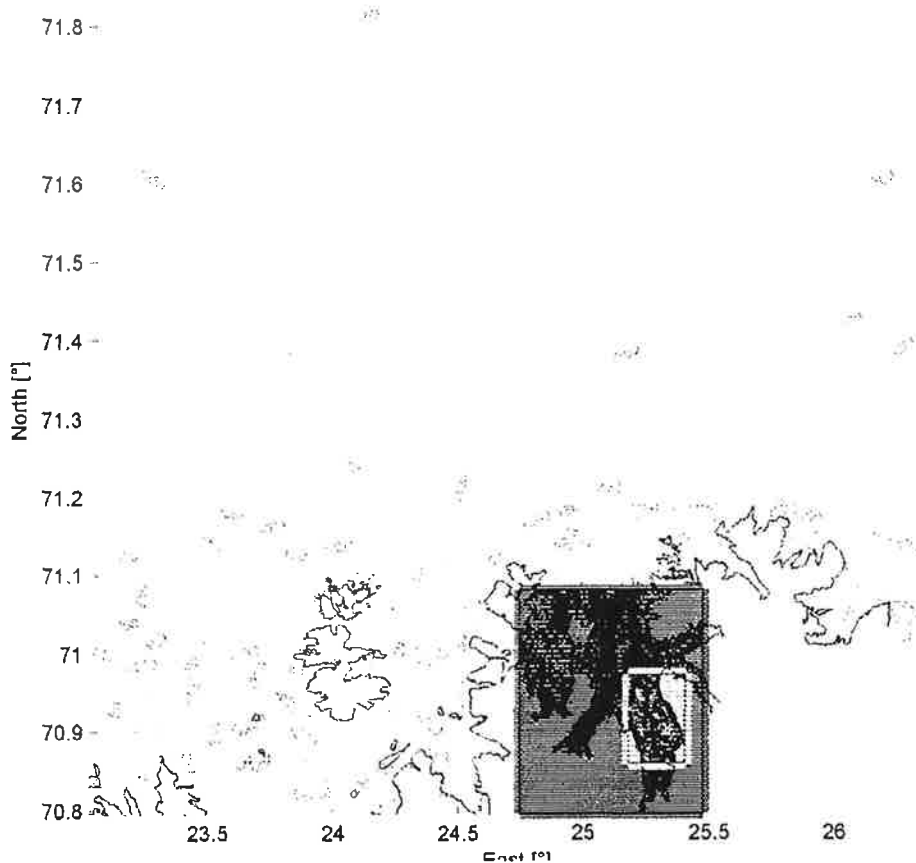




Figur 3: 3D bunnmodell fjordområdene rundt Kobbefjorden, Måsøy kommune (x-akse og y-akse i geografiske koordinater, z-akse i meter)



Figur 4: 3D bunnmodell av nærområdet rundt Kobbefjorden, Måsøy kommune (x-akse og y-akse i geografiske koordinater, z-akse i meter)



**Figur 5:** Tre bølgeberegningstegene. Steg 1: havområdet utenfor Måsøy (ytterste ramme), Steg 2: fjordområdene rundt Kobbefjorden (blå ramme) og Steg 3: nærområdet rundt Kobbefjorden (grønn ramme). Akser i geografiske koordinater

## 4.2 Resultat av vindbølger

Maksimal vindbølgetilstand for lokaliteten er estimert for åtte forskjellige retninger og for returperioder på 10 og 50 år. Resultatene er vist i Tabell 3 og Tabell 4. Høyeste vindbølge har retning fra  $331^\circ$  og er generert av vind med retning fra  $315^\circ$ . Signifikant bølgehøyde  $H_s$  med 50-års returperiode er estimert til 2.6 m med topperiode  $T_p = 10$  s. Bølgespekteret for 50-års vindbølge er gitt i Figur 6 og vindbølgespredning mot lokaliteten er gitt i Figur 7 hvor lokaliteten er merket som +1.

Usikkerheten i beregningene er estimert til å ligge på omkring 20 %.

Tabell 3: Beregnet 10-års vindbølgetilstand for åtte forskjellige retninger

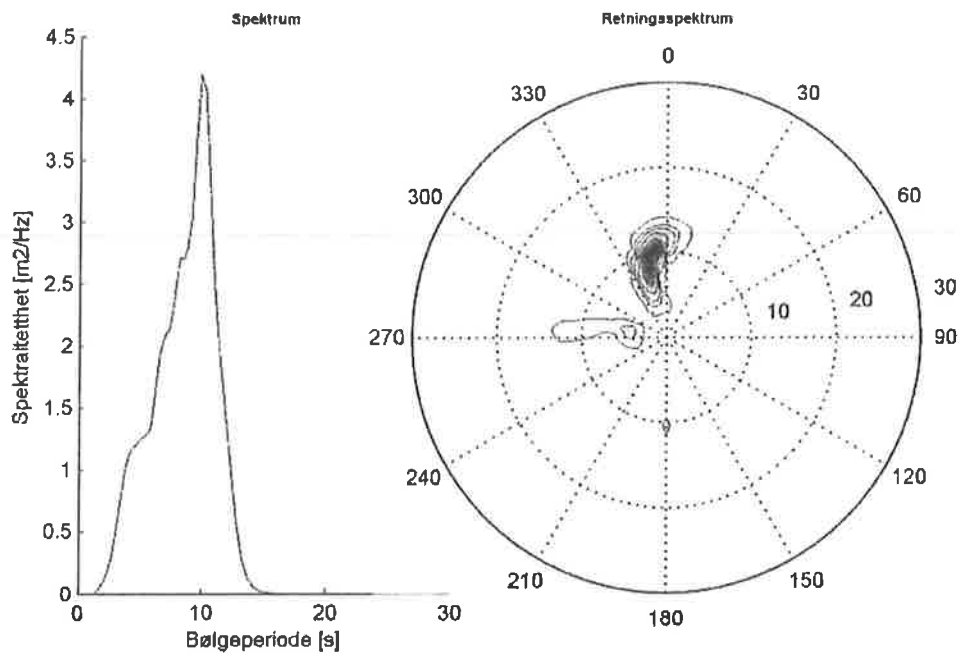
Retning (fra)	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
Strøkvindhastighet [m/s]	25	24	24	24	29	30	29	27
Hs [m]	2.0	1.4	0.9	1.3	2.1	2.0	2.1	2.3
Tp [s]	8.8	5.5	3.0	3.6	4.9	4.7	4.4	9.5
Retning for høyeste bølge [°]	346	9	102	160	195	222	281	331

Tabell 4: Beregnet 50-års vindbølgetilstand for åtte forskjellige retninger

Retning (fra)	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
Strøkvindhastighet [m/s]	27	27	27	26	32	33	32	30
Hs [m]	2.2	1.5	1.1	1.4	2.3	2.2	2.4	2.6
Tp [s]	9.2	5.8	3.2	3.8	5.2	4.9	4.7	10.0
Retning for høyeste bølge [°]	346	10	102	160	195	223	280	331

## Bølgespektrum for Kobbefjorden, 50yrp, Punkt 1

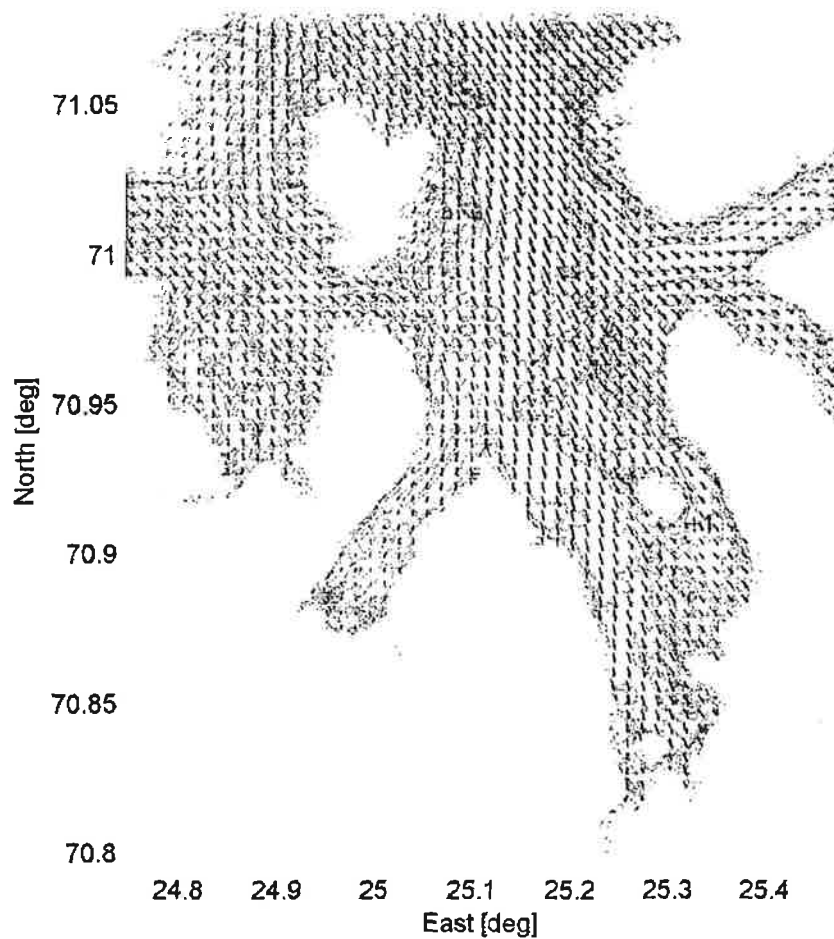
25°19'34"Ø, 70°54'36"N, Vanndybde = 63.6m  
 Resultat: Hs = 2.6 m, Tp = 10.0 s, Retning fra 331 °



Figur 6: Bølgespekter for 50-års vindbølge fra 315°.

### Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrp Bølgeretning

Multiconsult



INPUT
Vindhastighet: 35 m/s
Vindretning: fra 315°
Offshore havbølge: Ingen

Figur 7: Visualisering av vindbølgespredning mot lokaliteten, 50-års vindbølge fra 315°. Kobbefjorden er merket "+1"

## 5 Fastsettelse av 10-års og 50-års havbølgetilstand og kombinert bølgetilstand

### 5.1 Havbølger

Ut fra kartutsnittet i Figur 1 kan det se ut til at havbølger fra åpent hav kan trenge inn til Kobbefjorden. Det er vanskelig kun å benytte kart for å vurdere hvor langt havbølger kan trenge inn. Det er derfor gjort en numerisk beregning av havbølgeforplantning fram til lokaliteten.

Signifikant bølgehøyde med 50-års returperiode offshore Måsøy er vurdert til  $H_s = 11 - 12$  m med topperiode  $T_p = 16$  s (BC 2009). Ut fra kartutsnittene er det forventet at innkommende havbølger med retning fra  $305^\circ - 350^\circ$  er mest sannsynlig å trenge fram til lokaliteten. Det er derfor utført havbølgeberegninger med bølgeretning fra  $305^\circ, 320^\circ, 330^\circ, 350^\circ$ .

Til beregningene er det brukt SWAN. Spredning av havdønninger er simulert over et bredt område. Vanddyp vil påvirke demping av havbølger, og det er derfor laget en tredimensjonal modell av havbunnen vist i Figur 2 - Figur 4.

### 5.2 Resultat havbølgeberegning

Havbølgespredning mot lokaliteten er gitt i Figur 8 (pkt. +1). Bølgespekter for største havbølge på lokaliteten er vist i Figur 9. Tabell 5 og Tabell 6 oppsummerer hvordan havbølger fra ulike retninger forplanter seg inn til Kobbefjorden. Havbølger på lokaliteten er forventet å ha signifikant bølgehøyde på inntil 1.3 m og topperiode på 14 - 16 s.

Usikkerheten i beregnet bølgehøyde er estimert til å ligge rundt 20 %.

**Tabell 5:** 10-års havbølgetilstand forventet på lokaliteten. Retninger er hvor bølger kommer fra

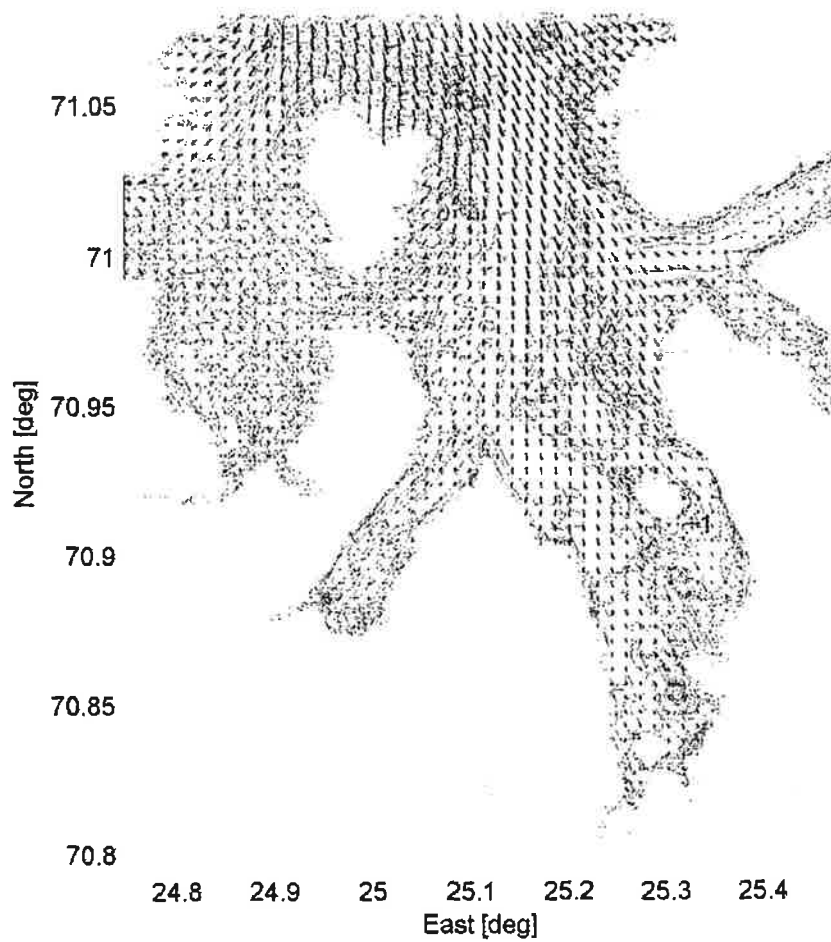
Offshore	Bølgeretning (fra)	[°]	305	320	330	350
	Signifikant bølgehøyde	$H_s$ [m]		10	10	10
	Topperiode	$T_p$ [s]	15	15	15	14
Kobbefjorden	Signifikant bølgehøyde	$H_s$ [m]	0.8	1.0	1.2	1.1
	Topperiode	$T_p$ [s]	14.6	14.6	14.6	14.0
	Bølgeretning lokalt (fra)	[°]	347	347	346	346

**Tabell 6:** 50-års havbølgetilstand forventet på lokaliteten. Retninger er hvor bølger kommer fra

Offshore	Bølgeretning (fra)	[°]	305	320	330	350
	Signifikant bølgehøyde	$H_s$ [m]		12	12	12
	Topperiode	$T_p$ [s]	16	16	16	16
Kobbefjorden	Signifikant bølgehøyde	$H_s$ [m]	0.9	1.1	1.3	1.2
	Topperiode	$T_p$ [s]	15.8	15.7	15.7	15.4
	Bølgeretning lokalt (fra)	[°]	346	346	345	345

### Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrp Bølgeretning

Multiconsult

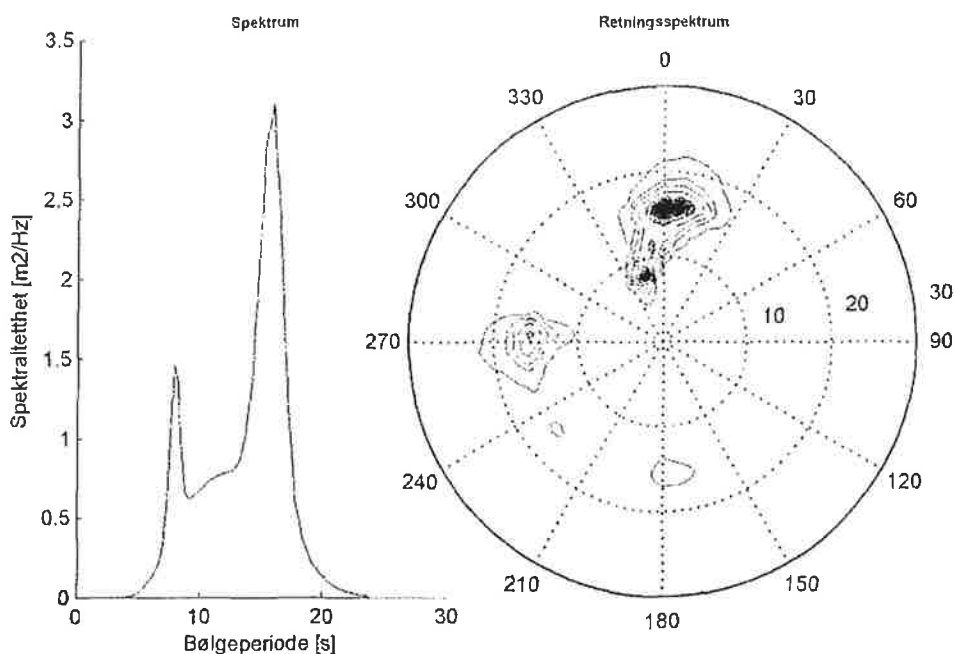


INPUT
Vind: Ingen
Offshore havgølge: Hs = 11.5 m Tp = 16.0 s Retning: fra 330°

**Figur 8:** Havgølgeforplantning mot Kobbefjorden, Måsøy kommune. 50-års havdønning er fra 330°. Kobbefjorden er merket "+1"

## Bølgespektrum for Kobbefjorden, 50yrr, Punkt 1

25°19'34"Ø, 70°54'36"N, Vanndybde = 63.6m  
 Resultat: Hs = 1.3 m, Tp = 15.7 s, Retning fra 345 °



Figur 9: Bølgespekter for største havbølge på lokaliteten

### 5.3 Fastsettelsen av 10-års og 50-års kombinert sjøtilstand

Lokaliteten er utsatt for vindbølger og havbølger. Kombinasjon av vindbølger og havdønninger gir 10-års og 50-års kombinert bølgetilstand på lokaliteten. Kombinert sjøtilstand har en maksimal beregnet signifikant bølgehøyde på 2.8 m og en topperiode på 15.8 s (se Tabell 7 og Tabell 8). Denne sjøtilstanden oppstår når vind og havbølger kommer inn fjorden fra nordvest. Bølgespekter for største kombinertbølge på lokaliteten er vist i Figur 10.

Bølgene vil ha energi spredt over et bredt frekvensintervall. Usikkerheten i beregnet bølgehøyde er estimert til å ligge rundt 20 %.

**Tabell 7:** 10-års kombinert bølgetilstand forventet på lokaliteten. Retninger er hvor bølger kommer fra

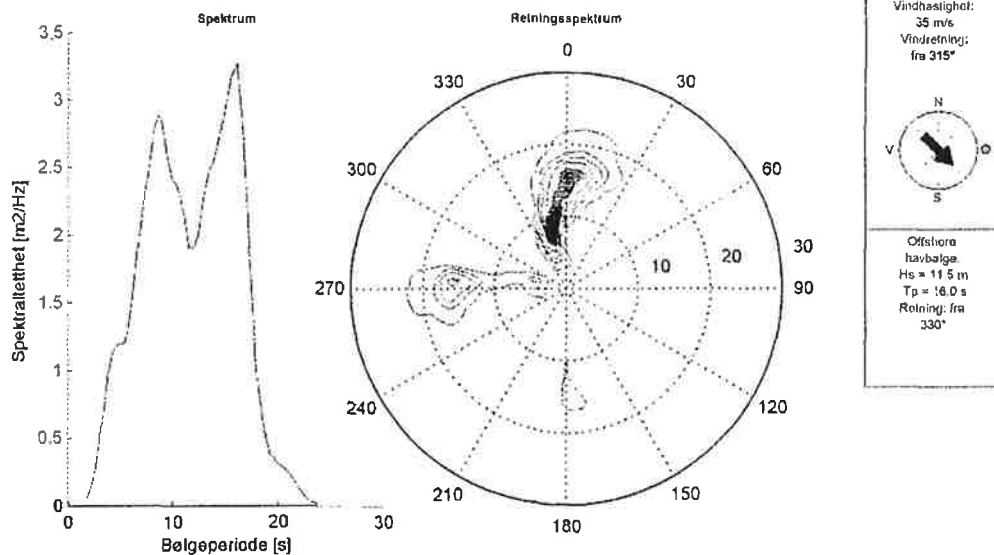
Vind	Vindretning (fra)	[°]	315	0	315	0
	Strøkvindhastighet	[m/s]	27	25	27	25
Offshore havbølger	Bølgeretning (fra)	[°]	330	330	350	350
	Signifikant bølgehøyde	Hs [m]	10	10	9	9
	Topperiode	Tp [s]	15	15	14	14
Kombinert bølgetilstand	Signifikant bølgehøyde	Hs [m]	2.5	2.2	2.4	2.2
	Topperiode	Tp [s]	14.6	14.6	14.1	14.1
	Bølgeretning lokalt (fra)	[°]	333	347	333	347

**Tabell 8:** 50-års kombinert bølgetilstand forventet på lokaliteten. Retninger er hvor bølger kommer fra

Vind	Vindretning (fra)	[°]	315	0	315	0
	Strøkvindhastighet	[m/s]	30	27	30	27
Offshore havbølger	Bølgeretning (fra)	[°]	330	330	350	350
	Signifikant bølgehøyde	Hs [m]	12	12	11	11
	Topperiode	Tp [s]	16	16	16	16
Kombinert bølgetilstand	Signifikant bølgehøyde	Hs [m]	2.8	2.4	2.7	2.4
	Topperiode	Tp [s]	15.8	15.8	15.5	15.5
	Bølgeretning lokalt (fra)	[°]	332	347	332	347

Bølgespektrum for Kobbefjorden. 50ypr, Punkt 1

25°19'34"Ø, 70°54'36"N, Vanndybde = 63.6m  
 Resultat: Hs = 2.8 m, Tp = 15.8 s, Retning fra 332°

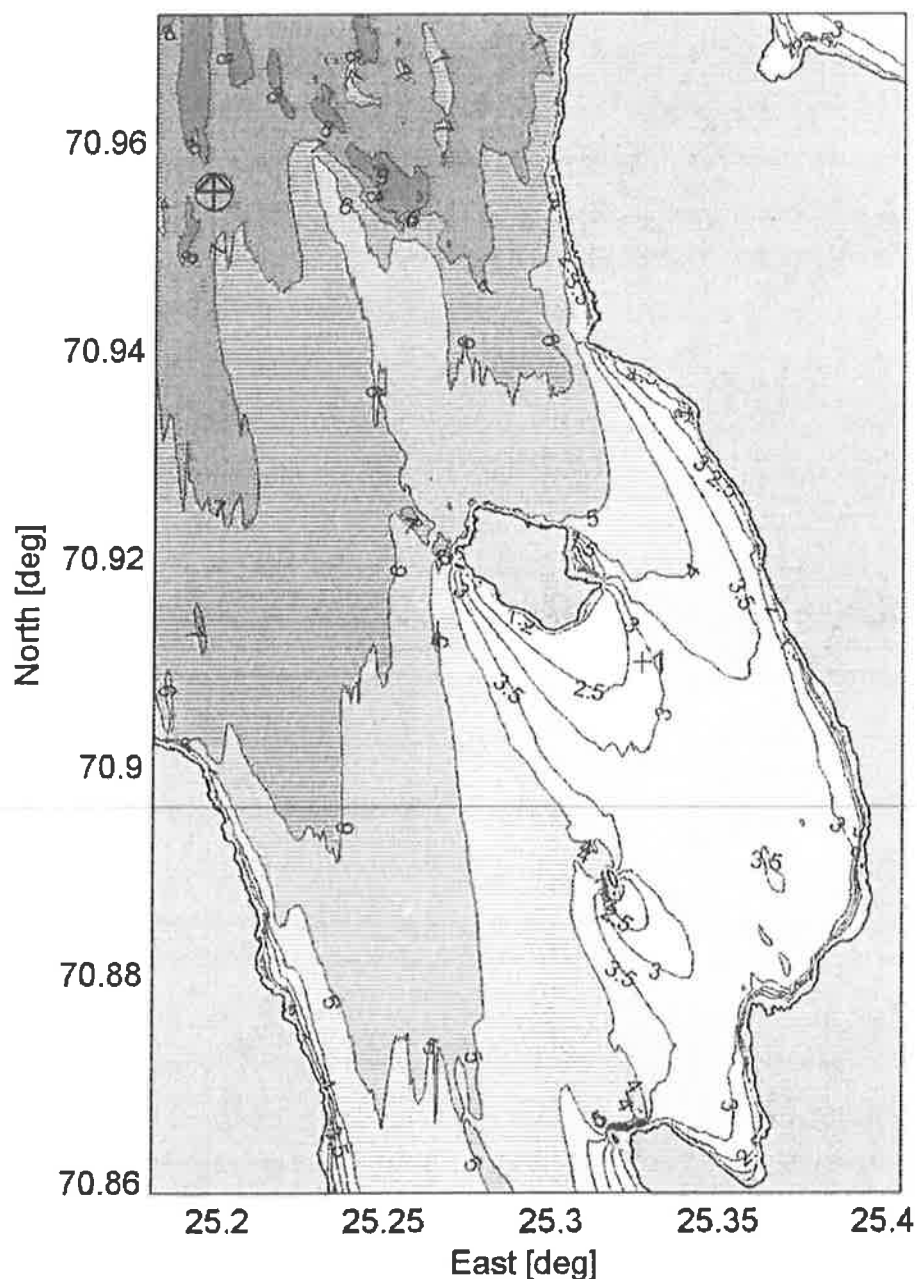
**Figur 10:** Bølgespekter for største kombinertbølge på lokaliteten



#### 5.4 Bølgekart

Figur 11 viser et bølgekart for området rundt den undersøkte lokaliteten Kobbefjorden, Måsøy. Kartene oppsummerer 50-års maksimal signifikant bølgehøyde for alle undersøkte tilfeller av vindbølger, havbølger og kombinasjon av disse. Appendiks B viser flere bølgekart delt opp i enkelttilfeller av vindbølger, havbølger og kombinertbølger.

Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrp  
Signifikant bølgehøyde - maksimum for alle retninger  $H_s$  [m]



**Figur 11:** 50-års maksimal signifikant bølgehøyde for området rundt den undersøkte lokaliteten Kobbefjorden, Måsøy. Kartet oppsummerer resultater fra vindbølgeberegninger fra 8 retninger, havbølger fra 4 retninger, samt kombinerte vind- og havbølger.

## 6 Vurdering av andre bølgeforhold

Andre bølgeforhold som kan ha effekt på bølgespekteret er:

- Skipsgenererte bølger
- Bølgerrefleksjon
- Effekt av flere bølgetog
- Bølge-/strøminteraksjon.

Skipsgenererte bølger vil ha neglisjerbar effekt på bølgespekteret i en 10-års eller 50-års sjøtilstand.

Bølgerrefleksjon kan spille en rolle der topografien er bratt og bølgene treffer rett på kysten. Ved lokaliteten Kobbefjorden tilsier kystgeometrien at bølgerrefleksjon ikke vil være relevant.

Bølgeberegningen med SWAN tar hensyn til effekten av flere bølgetog. Dette er altså inkludert i resultatene.

Bølge-/strøminteraksjon forventes å ha lite effekt på bølgespekteret når strømmen er mindre enn 1 m/s. Ved målte strømhastigheter over 1 m/s, bør bølge-/strøminteraksjon undersøkes nærmere.

## 7 Konklusjon: Bølgeberegning

Det er utført vindestimat iht. NS-EN1991-1-4 og bølgeberegning for lokaliteten Kobbefjorden i Måsøy i henhold til krav i NS 9415. Lokalitetens eksponering for vind og bølger er listet opp i Tabell 9

**Tabell 9:** Ekstremverdier for miljøparametere ved lokaliteten Kobbefjorden i Måsøy

		Returperiode		Retning
		10 år	50 år	
Største vindbølge	$H_s$ [m] / $T_p$ [s]	2.3 / 9.5	2.6 / 10	fra 331°
Største havbølge	$H_s$ [m] / $T_p$ [s]	1.2 / 14.6	1.3 / 15.7	fra 345°
Største kombinertbølge	$H_s$ [m] / $T_p$ [s]	2.5 / 14.6	2.8 / 15.8	fra 332°
Vindhastighet	$v_{b,0}$ [m/s]		30	
	$v_m$ [m/s]	32	35	fra 180° - 315°

### Nomenklatur

- $H_s$  signifikant bølgehøyde
- $T_p$  topperiode
- $v_{b,0}$  referansevindhastighet (NS-EN 1991-1-4)
- $v_m$  stedvindhastighet (NS-EN 1991-1-4)

## 8 Litteratur og referanser

BC (2009): Statistisk analyse av offshore Hindcastbølgehøyder. Barlindhaug Consult 2009. Internt notat.

eKlima: [eklima.no](http://eklima.no) Meteorologisk data fra Meteorologisk Institutt

Guest et al. (2005): Vessel icing, Mariners Weather Log 49-3, National Weather service

Hasselmann et al. (1973): Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project, Deutches Hydrographisches Institut, Hamburg

Kystkartverket (2007): Dybdegrunnlag fra Statens kartverk sjø. Gjengitt med tillatelse 571/07

Leenknecht et al. (1992): Automated Coastal Engineering System – Technical Reference, Chapter I. Windspeed Adjustment and Wave Growth. Coastal Engineering Research Center, Department of the Army Waterways Experiment Station, Corps of Engineers

NS 9415:2009: Flytende oppdrettsanlegg. Krav til utforming, dimensjonering, utførelse, installasjon og drift. Norsk Standard 2009

NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009: Laster på konstruksjoner. Del 1-4. Almenne laster. Vindlaster.

Olex (2007): Olex, Navigasjon og kartlegging av havet. [www.olex.no](http://www.olex.no)

SWAN 2006: Technical documentation – SWAN Cycle III. Delft University of Technology

## Appendiks A Vind og vindretning

Vindforholdene på lokaliteten er bestemt i henhold til NS-EN 1991-1-4:2005 + NA:2009.

Basisvindhastighet  $V_b$  defineres som midlere vindhastighet over 10 minutter, 10 meter over flatt landskap for terrengkategori II med spesifisert returperiode eller årlig sannsynlighet for overskridelse.

Basisvindhastighet fastsettes fra ligning 1:

$$v_b = v_{b,0} * c_{dir} * c_{season} * c_{prob} \text{ (ligning 1)}$$

der:

$v_{b,0}$  = referansevindhastighet

$c_{dir}$  = retningsfaktoren som kan velges 1.0 for alle vindretninger. Eventuelle lavere verdier for enkelte sektorer

$c_{season}$  = årstidsfaktoren som settes lik 1.0

$c_{prob}$  = en faktor som bestemmer årlig sannsynlighet for overskridelse, satt lik 1.0

Verdiene for  $v_{b,0}$  er basert på ekstremverdianalyse av vindmålinger og er ikke knyttet til noen spesiell årstid eller vindretning

Typisk er at ettårsvind (generelt) ligger rundt 28 m/s og 50-årsvind rundt 35 m/s ytterst på kysten. Innover fra kysten avtar vinden. Dette skyldes at vinden dempes av friksjon over land. Vinden 10-20 km innover fra kysten kan være 20-30 % lavere enn vinden ytterst i skjærgården. Etter dette vil 50-årsvind i kystsonene typisk variere mellom 25 m/s og 35 m/s. Generelt vil pålandsvinden være vesentlig sterkere enn fralandsvinden.

NS-EN 1991-1-4:2005 + NA:2009 angir 50-årsvind for områder med spredte små bygninger og trær (terrengkategori II) som referansehastighet. For kystnære områder uten trær og busker (terrengkategori I) er vinden 17 % høyere.

I tabell A.2 i NS-EN 1991-1-4:2005 + NA:2009 er det angitt retningsfaktor for regioner. Verdiene er bestemt ved retningsavhengig analyse av observasjonsdataene for en rekke vindobservasjonsstasjoner eller referansestasjoner. Regional retningsavhengighet ligger til grunn for tabellen. Lokalitetens beliggenhet avgjør hvilke dataserie som velges.

Ekstremverdier for basisvindhastigheten avhenger av årstiden. Denne variasjonen bestemmes ved faktoren  $c_{season}$  1.0 som inngår i ligning 1 og som er angitt i NS-EN 1991-1-4:2005 + NA:2009, Tabell A.3. I våre beregninger er det valgt den mest ugunstige faktoren og dermed satt  $c_{season} = 1.0$ . Ut fra beregninger av vindforhold finner man verdien  $v_b$ .

For bestemmelse av bølgeforhold ved anlegget brukes stedvindhastigheten i NS-EN 1991-1-4:2005 + NA:2009.:

$$v_m(z) = c_r(z) * c_t(z) * v_b$$

der følgende parametere i tillegg til  $v_b$  inngår:

$c_r(z)$  = faktor for terrengkategorier

$c_t(z)$  = topografifaktor for terreng. For bestemmelse av bølgetilstand settes faktoren til 1.0.

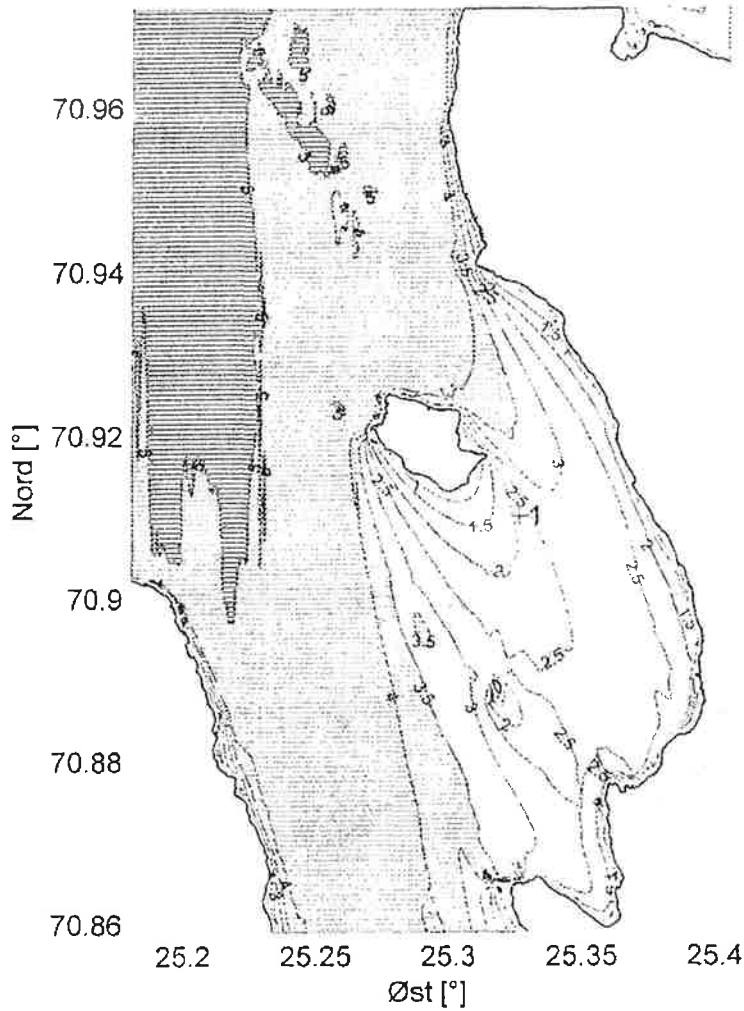
## Appendiks B Bølgekart

Dette appendikset viser 16 bølgekart for lokaliteten Kobbefjord. Bølgekartene viser resulterende bølgetilstand når lokaliteten utsettes for vind med 50 års returperiode, innkommende havbølger med 50 års returperiode og kombinert vind- og havbølgetilstand med 50 års returperiode.;

- Vindbølger generert av 50 års vindverdier utledet iht. NS EN 1991-1-4, 8 retninger
- Havbølger, innkommende dønninger med 50 års returperiode, 4 retninger
- Kombinertbølger kombinasjon av 50 års vindbølger og 50 års innkommende havbølger, 4 kombinasjoner

Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrrp  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

Multiconsult

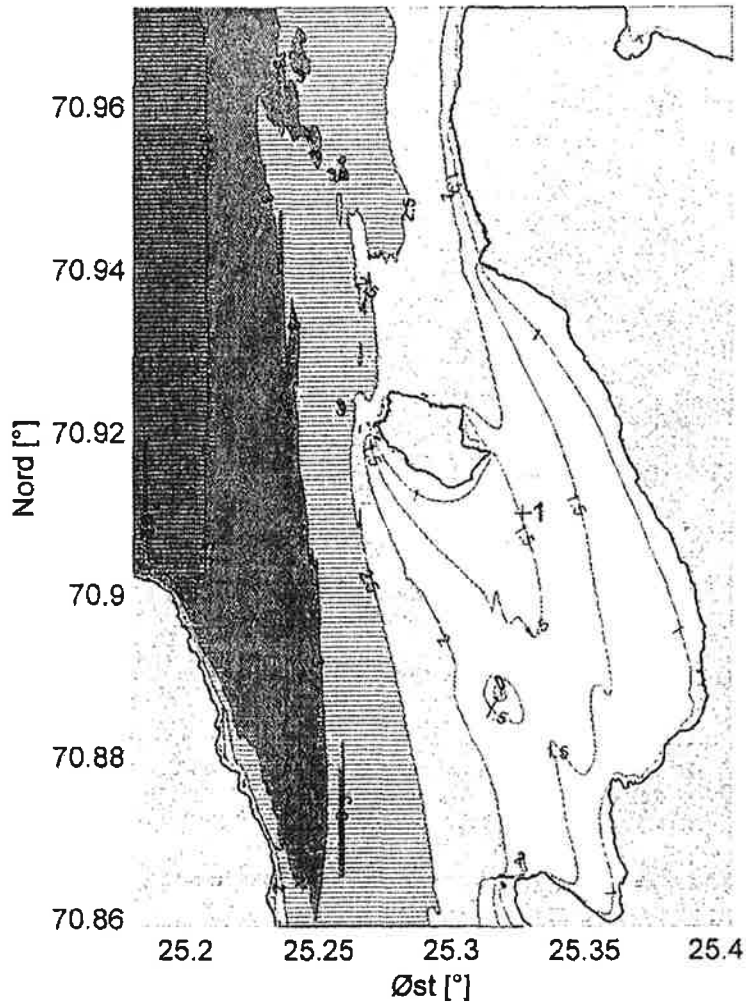


INPUT
Vindhastighet: 32 m/s Vindretning: fra 0°
Offshore havbølge: Ingen

58347\_4768150c-8622-4ab2-a5c9-212613703650\_101

Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrrp  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

Multiconsult



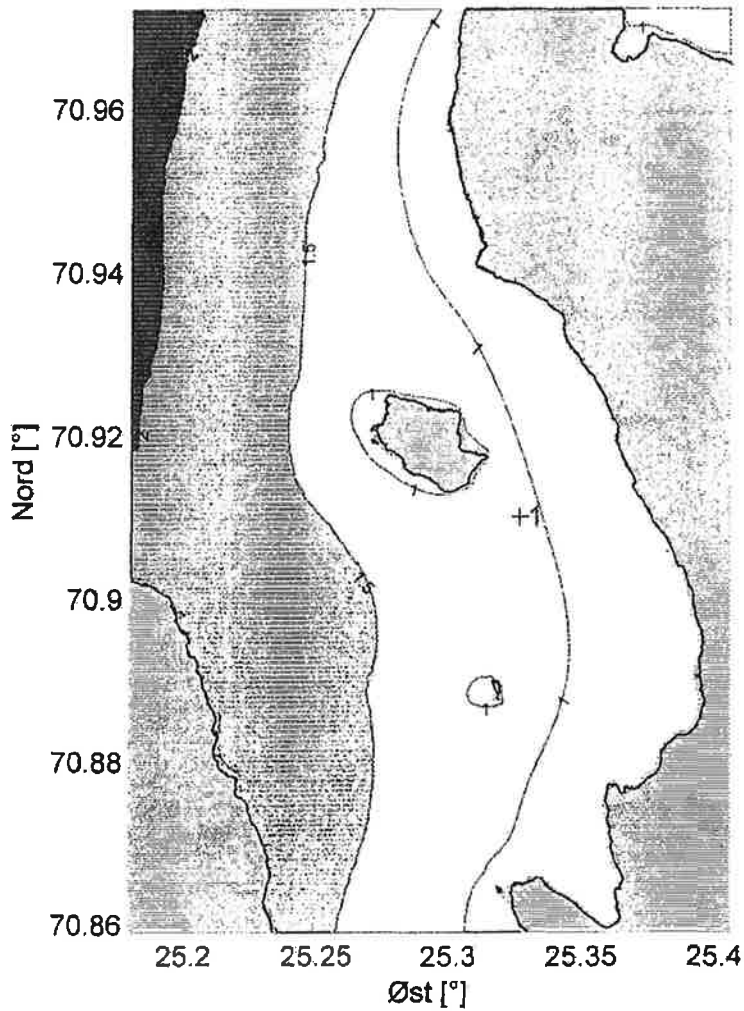
INPUT
Vindhastighet: 28 m/s Vindretning: fra 45°
Offshore havbølge: Ingen

5#340 4768150c-8622-4ab2-a5c9-212613703650 102



Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrp  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

Multiconsult

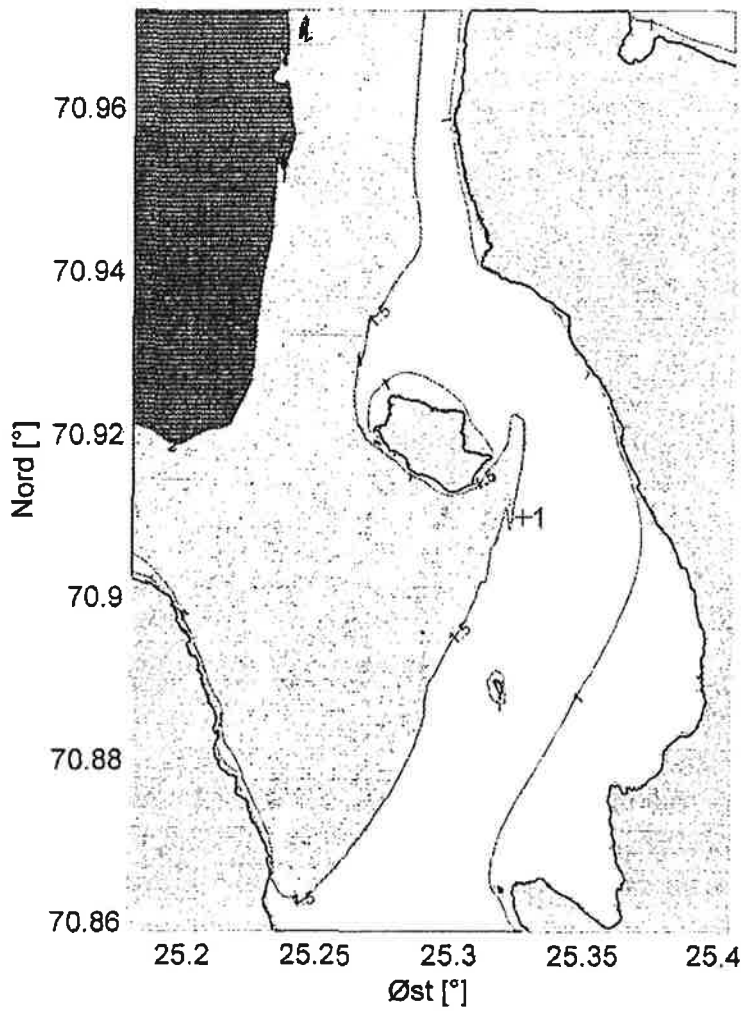


INPUT
Vindhastighet: 28 m/s Vindretning: fra 90°
Offshore havbølge: Ingen

5#349-4768150c-8622-4ab2-a5c-9-212613703650-103

Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrp  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

Multiconsult

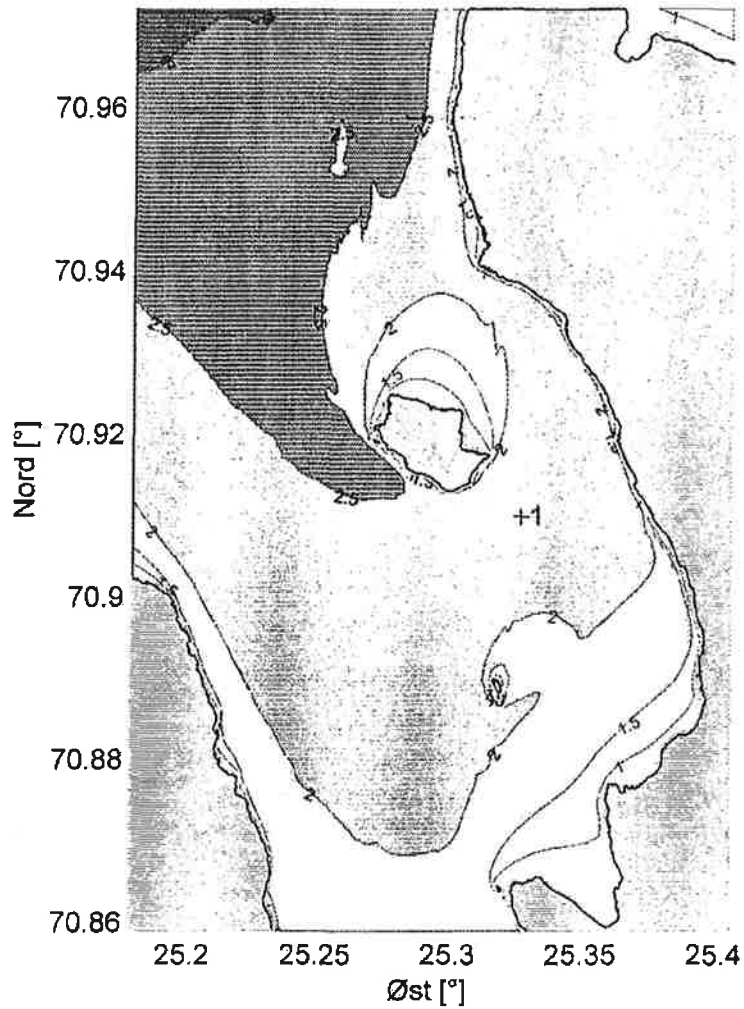


INPUT
Vindhastighet: 28 m/s Vindretning: fra 135°
Offshore havbølge: Ingen

5#350.4768150c-8622-4ab2-a5e9-212613709650.104

Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrp  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

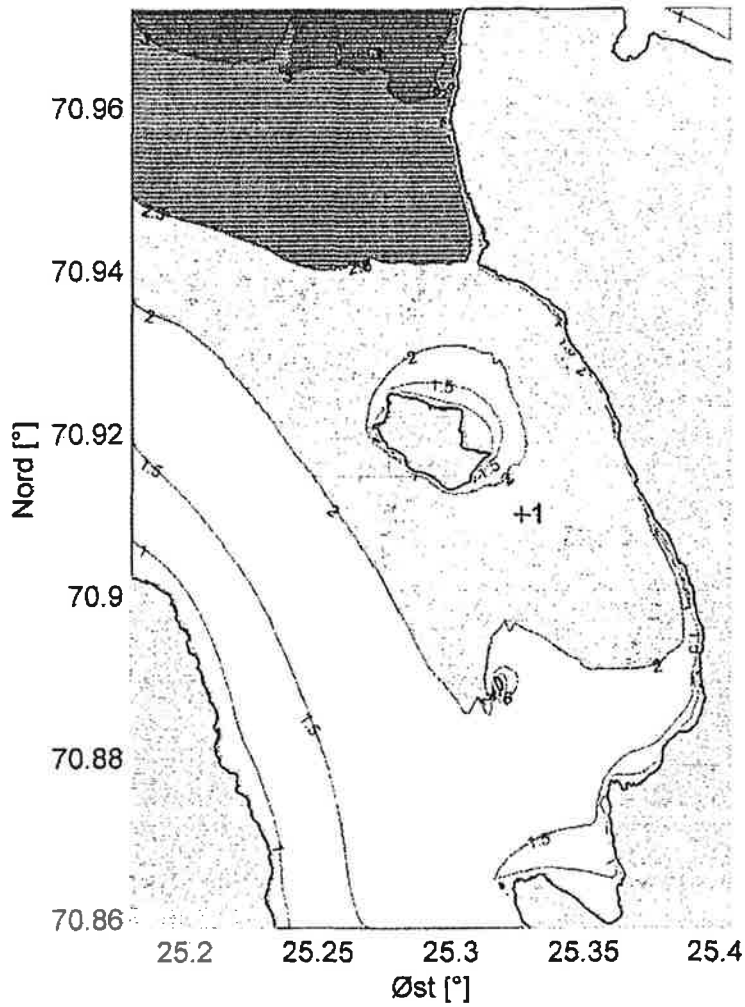
Multiconsult



<b>INPUT</b>
Vindhastighet: 35 m/s Vindretning: fra 180°
Offshore havbølge: Ingen

5#851:4768150c-8622-4ab2-a5c9-212613703650:105

Bølgekart for Kobbefjorden, 50ypr  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]



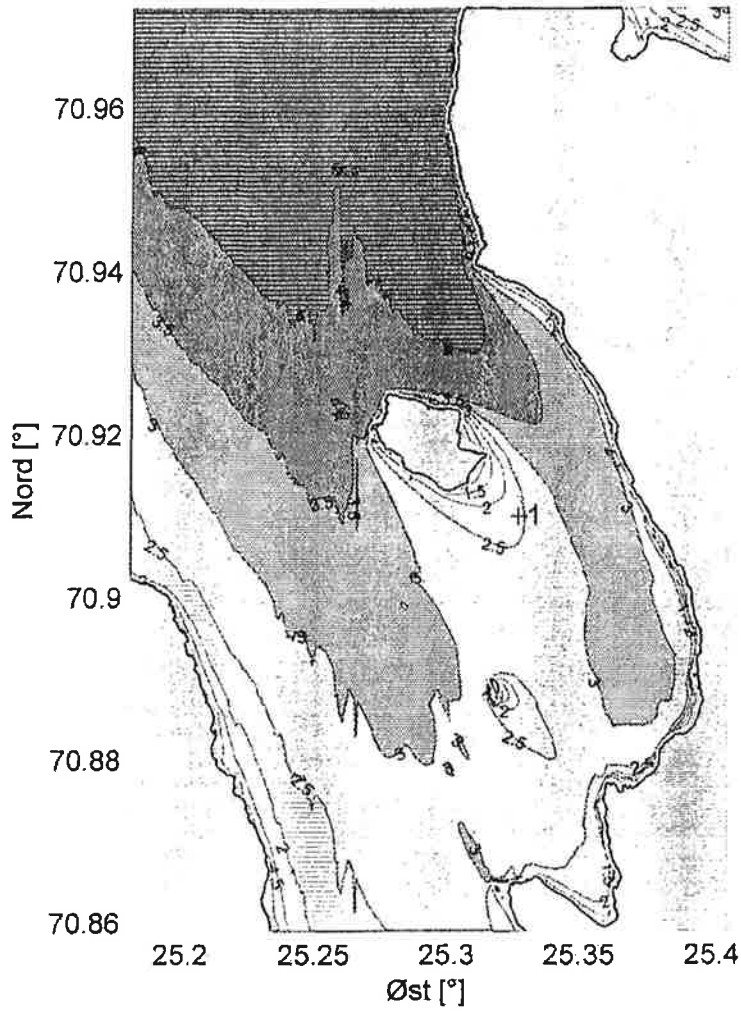
Multiconsult

INPUT
Vindhastighet: 35 m/s Vindretning: fra 225°
Offshore havbølge: Ingen

5#352.4768150c-8622-4ab2-a5c9-212613703650 106

Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrp  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

Multiconsult

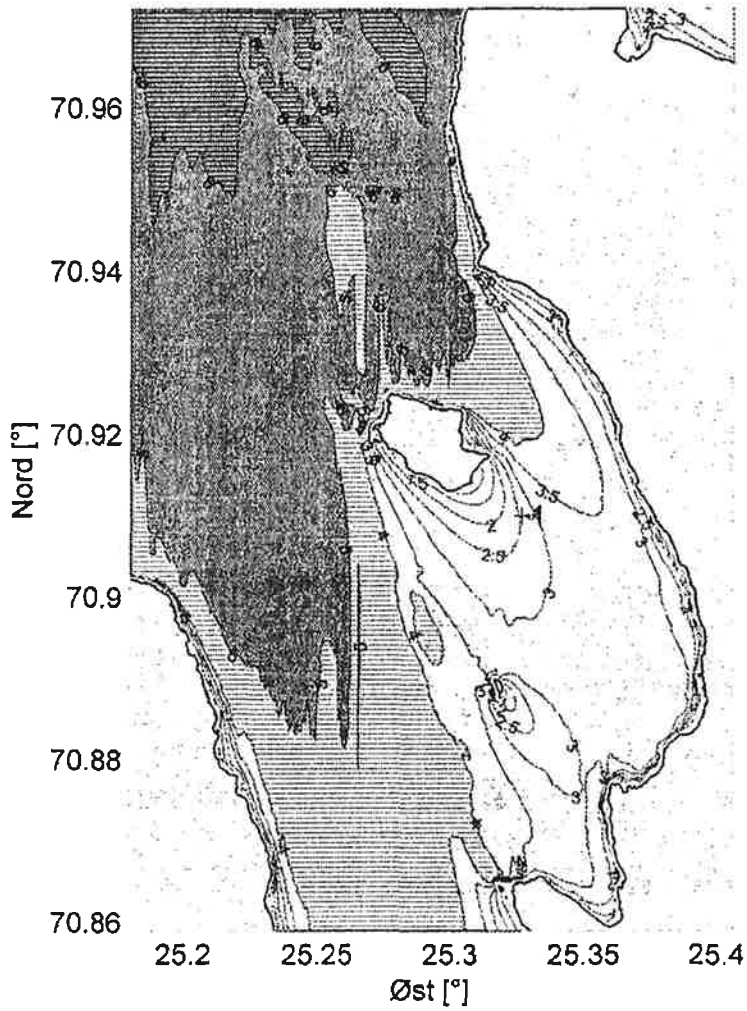


INPUT
Vindhastighet: 35 m/s Vindretning: fra 270°
Offshore havbølge: Ingen

5#353,4768150c-8622-4ab2-95c9-212613703650,107

Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrp  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

Multiconsult

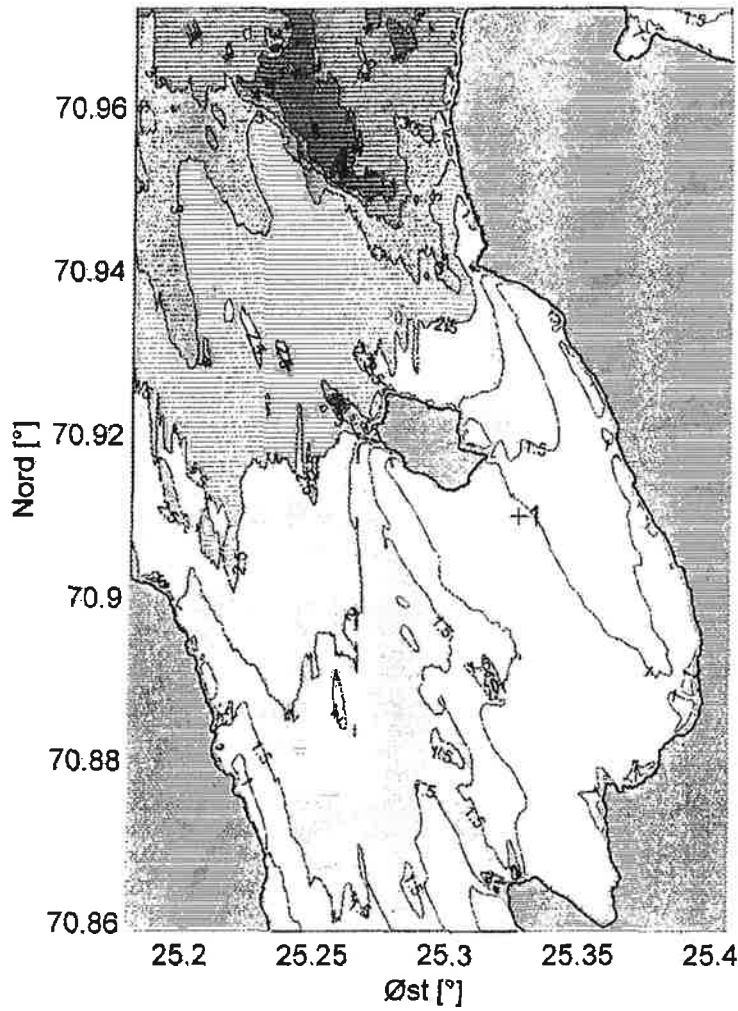


INPUT
Vindhastighet: 35 m/s Vindretning: fra 315°
Offshore havbølge: Ingen

5#354.4768150c-8622.4ab2-a5c5-212613703650.108

Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrp  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

Multiconsult

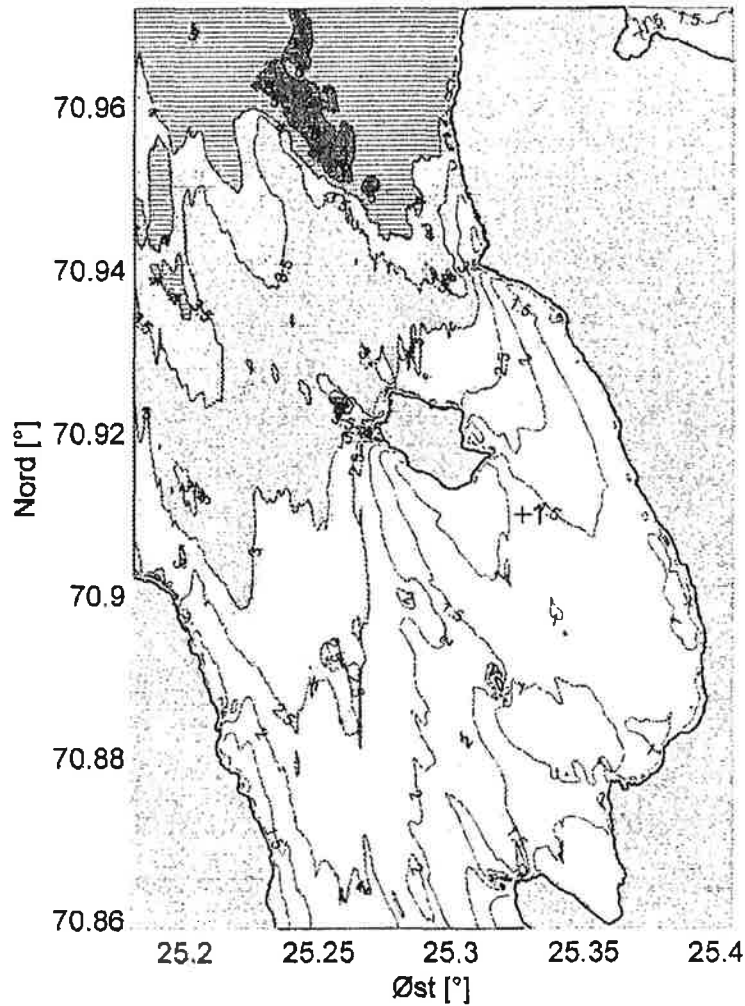


INPUT
Vind: Ingen
Offshore havbølge: Hs = 11.5 m Tp = 16.0 s Retning: fra 305°

5#355:4768150c-8622-4ab2-a5c9-212613703650:109

Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrrp  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

Multiconsult



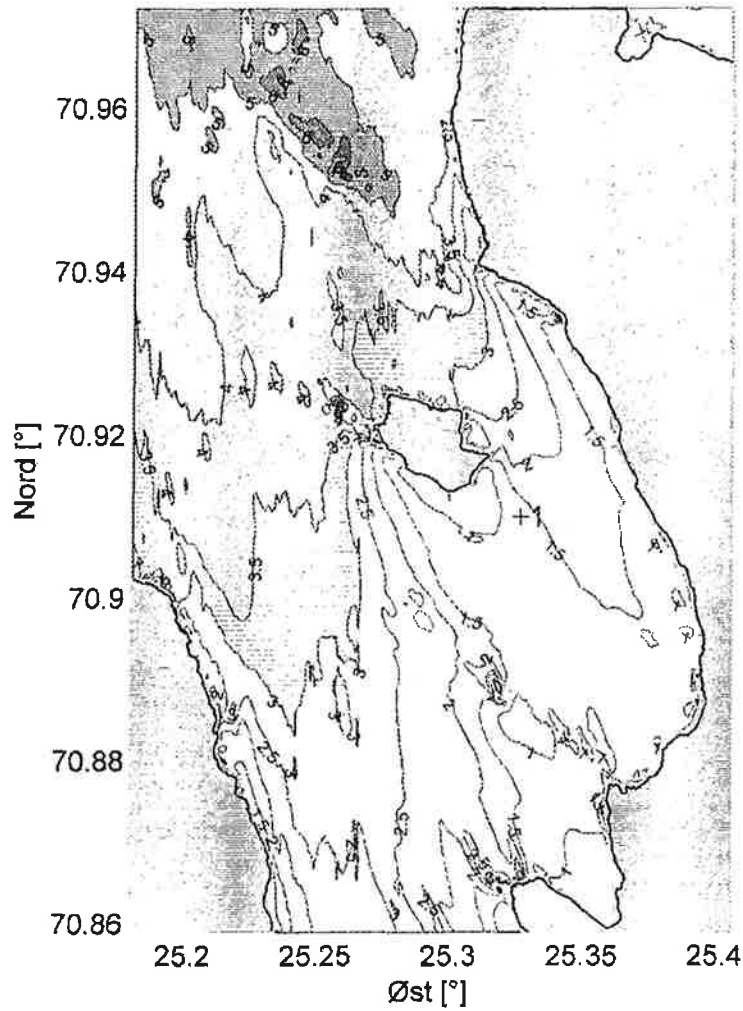
INPUT
Vind: Ingen
Offshore havbølge: Hs = 11.5 m Tp = 16.0 s Retning: fra 320°

S:\356\4768150c-8622-4ab2-a5e9-212613703650-110



Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrp  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

Multiconsult

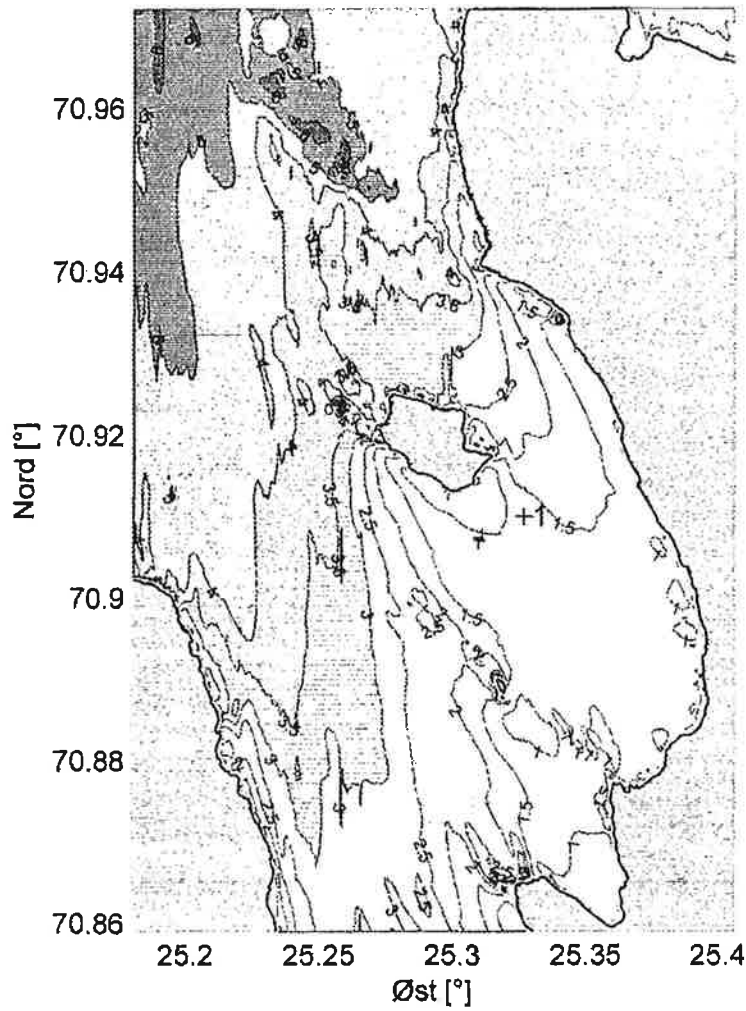


INPUT
Vind: Ingen
Offshore havbølge: Hs = 11.5 m Tp = 16.0 s Retning: fra 330°

5#357.4768150c-8622-4ab2-a5c9-212613703650.111

Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrp  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

Multiconsult

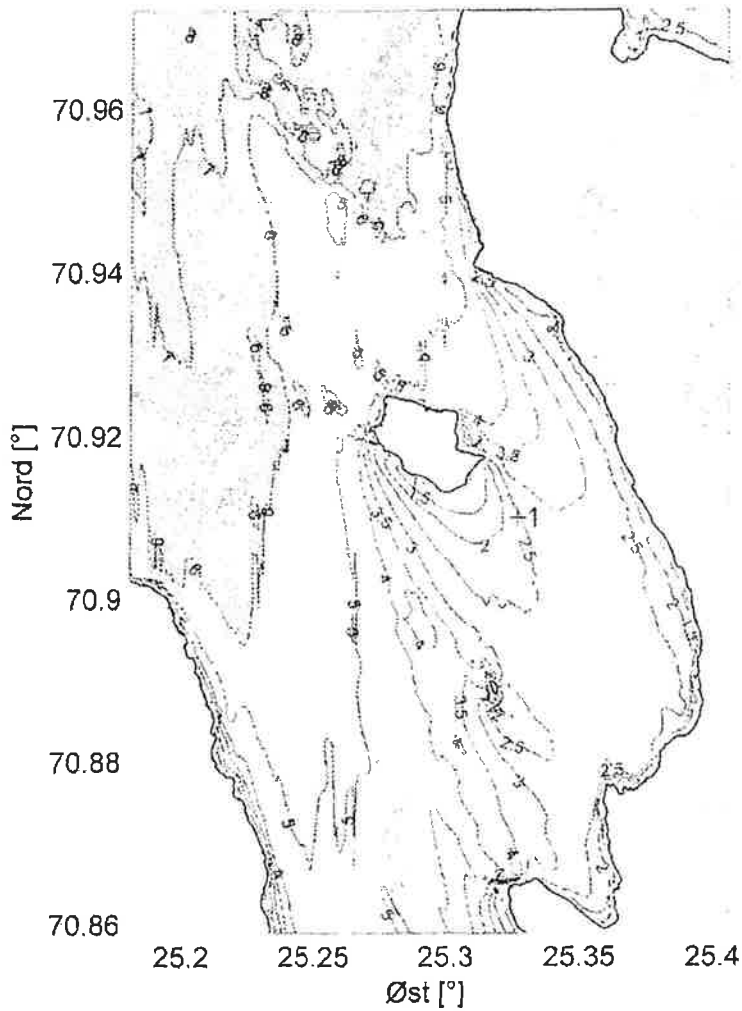


INPUT
Vind: Ingen
Offshore havbølge: Hs = 10.9 m Tp = 15.7 s Retning: fra 350°

5#358-4788150c-8622-4ab2-a5c9-212613703650.112

Bølgekart for Kobbefjorden, 50ypr  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

Multiconsult

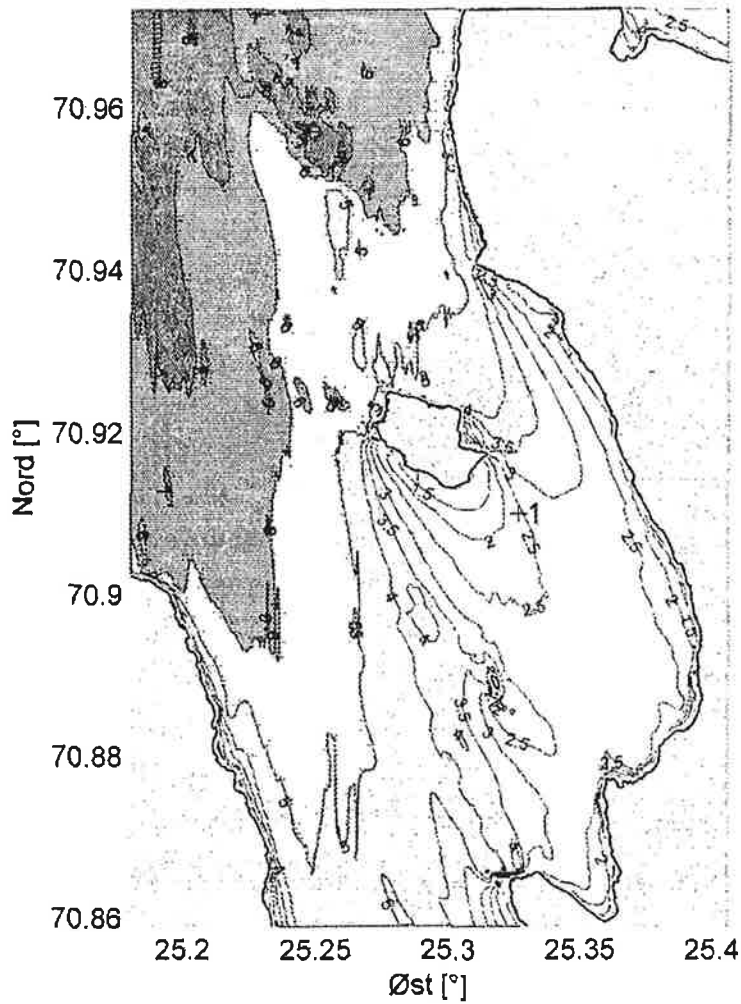


INPUT
Vindhastighet: 32 m/s Vindretning: fra 0°
Offshore havbølge: Hs = 11.5 m Tp = 16.0 s Retning: fra 330°

5#359.4768150c-8622.4ab2-a5c9.212613703650.113

Bølgekart for Kobbefjorden, 50ypr  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

Multiconsult

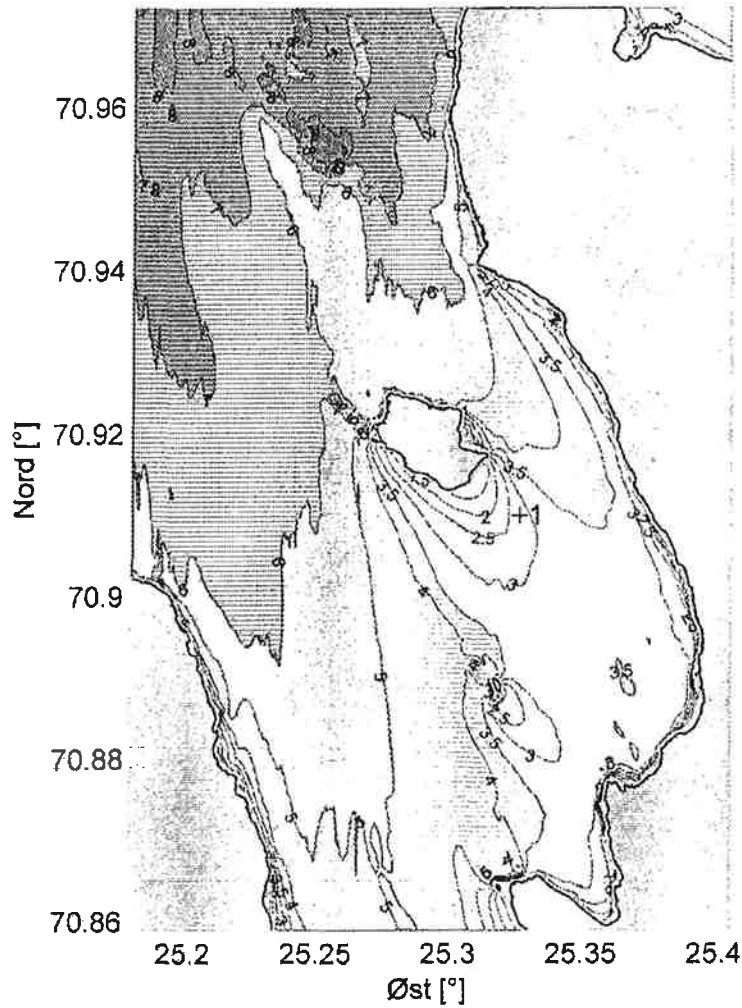


INPUT
Vindhastighet: 32 m/s Vindretning: fra 0°
Offshore havbølge: Hs = 10.9 m Tp = 15.7 s Retning: fra 350°

5#360.4768150c-8622-4ab2-a5c9-212613703650.114

Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrp  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

Multiconsult

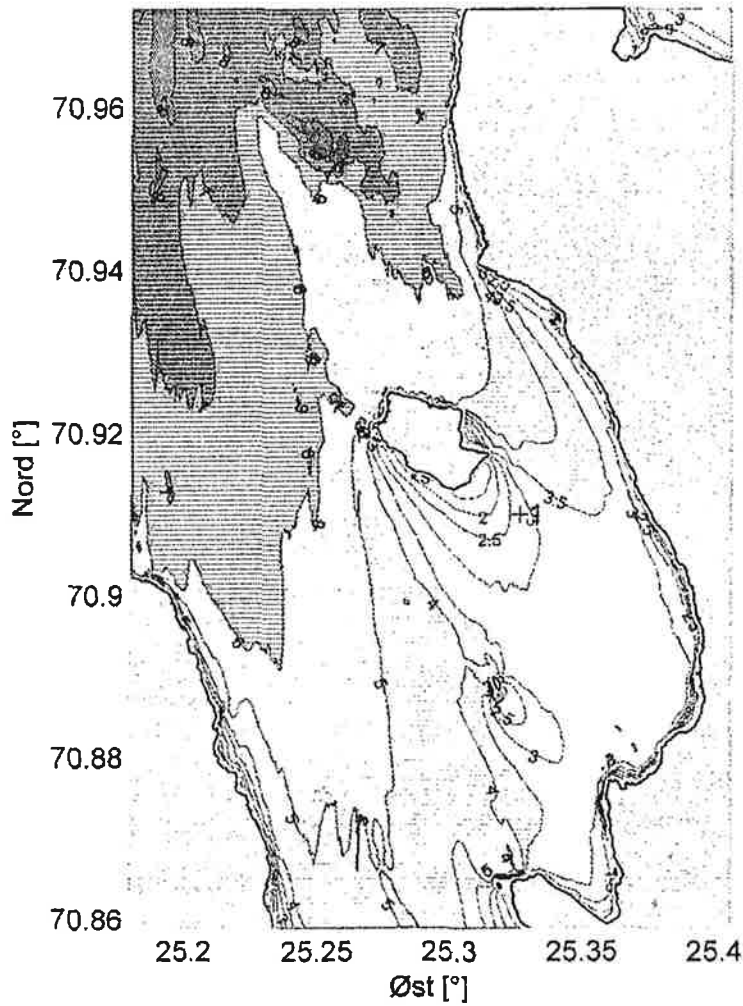


INPUT
Vindhastighet: 35 m/s Vindretning: fra 315°
Offshore havbølge: Hs = 11.5 m Tp = 16.0 s Retning: fra 330°

5#361.4768150c-8622.4ab2-a5c9-212613706650.115

Bølgekart for Kobbefjorden, 50yrrp  
Signifikant bølgehøyde Hs [m]

Multiconsult



INPUT
Vindhastighet: 35 m/s Vindretning: fra 315°
Offshore havbølge: Hs = 10.9 m Tp = 15.7 s Retning: fra 350°

5f362.4768150c-8622-4ab2-a5c9-212613703650 116

## Appendiks C    Definisjoner

### Jonswap spektrum

Bølgeenergispektrum utarbeidet gjennom "Joint North Sea Wave Project" ved tilpassing av målinger i Nordsjøen (Hasselmann et al.).

### Topperiode

Bølgeperiode der energien i bølgespekteret er størst.

### Sannsynlighet for overskridelse

Frekvens som forteller hvor ofte en gitt terskelverdi gjennomsnittlig overskrides i løpet av en gitt tidsperiode. MERKNAD: Når en gitt signifikant bølgehøyde sies å ha en årlig sannsynlighet for overskridelse på 0.02 (1/50), betyr det at denne sjøtilstanden i gjennomsnitt overskrides én gang per 50 år. Sjøtilstanden har en returperiode på 50 år. Signifikant bølgehøyde for 50-års sjøtilstand omtales som 50-årsbølgen. Tilsvarende har 10-årsbølgen en årlig sannsynlighet for overskridelse på 0.10 (1/10).

### Signifikant bølgehøyde

Gjennomsnittlig bølgehøyde for den høyeste tredjedelen av bølgene i en registrering.

### Spisshetsparameter

Angir bredde på jonswap-spekteret rundt topperioden.

### Strøklengde

Avstand fra lokalitet til nærmeste land gitt i vindretning.