

Bodø kommune

# ► Mulighetsstudie molo

Oppdragsnr.: 52105031 Dokumentnr.: 01 Versjon: 03 Dato: 2021-10-13



**Oppdragsgiver:** Bodø kommune  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Kristoffer L. Seivåg  
**Rådgiver:** Elin Ulstad Stokland  
**Oppdragsleder:** Elin Ulstad Stokland  
**Fagansvarlig:** Arne Erling Lothe  
**Andre nøkkelpersoner:** Magnus Bach-Gansmo, Paul Myklestad, Lars Gudmund Botnen

03	2021-10-13	Rapport til Bodø Kommune	EUS	AEL	EUS
02	2021-09-28	endring	Elisto	AEL	EUS
01	2021-09-24	Rapport	EliSto	A-Lothe	MaBac
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## ► Sammen drag

I mulighetsstudiet har vi sett på hvor egnet området rundt Langstranda er for en videre havneutvikling. Det er primært sett på potensialet for å skjerme området ved bygging av moloer på steder der forholdene kan tillate dette.

Figur 1 viser mulige molotraséer i området. I denne utredningen er det valgt ut 4 ulike kombinasjoner av moloer som er utredet.

I tillegg er det vurdert om tiltakene kan ha konsekvenser videre østover langs stranda. Alternative løsninger for tiltak er beskrevet med anbefaling av den mest egnende lokaliseringen.

Vi har også vurdert og sett på muligheten for trinnvis utbygging av de ulike alternativene.

Alle tiltak er utformet på en slik måte at krav i forhold til framtidige vannstands- og klimaendringer ivaretas.

I denne rapporten er det også vurdert grunnforhold (spesielt muligheten for at bunnen består av masser som kan være dårlig egnet til molobygging), hensyn til biologiske interesser i sjøen (fiskeri og naturtyper) og generelle biologiske interesser på land. For disse siste faktorene er det ikke foretatt nye beregninger eller modelleringer, og vurderingene er basert på tilgjengelige rapporter og datakilder.

## ► Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Molo alternativer</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Bølgeanalyser</b>	<b>9</b>
3.1	Datakilder	9
3.2	Metode	9
3.3	Resultat av bølge/vind analyse	14
3.3.1	<i>Vind (felles for alle alternativer)</i>	15
3.3.2	<i>Alternativ 0</i>	16
3.3.3	<i>Alternativ 1</i>	19
3.3.4	<i>Alternativ 2</i>	22
3.3.5	<i>Alternativ 3</i>	25
3.3.6	<i>Alternativ 4</i>	28
3.4	Regularitet ved alternativene	31
<b>4</b>	<b>Grunnforhold og geoteknikk</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>Biologisk mangfold</b>	<b>36</b>
5.1	Natur og Miljø	36
5.2	Fiskeri og Havbruk	38
<b>6</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>40</b>
6.1	Vindforhold	40
6.2	Kriterier	40
6.3	Geotekniske forhold	40
<b>7</b>	<b>Kostnadsestimat</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>43</b>
	<b>Vedlegg A</b>	<b>44</b>

# 1 Innledning

Norconsult har utført en mulighetsstudie for Bodø kommune for å kunne gi kommunen bedre kunnskap og beslutningsgrunnlag for havneutviklingen i området på Langstrand.

Mulighetsstudien består i å undersøke i hvilken grad det definerte området er egnet til havneformål, og hvilke tiltak som kan utføres for å skape gode forhold dersom man finner at bølger kan utgjøre et problem for driften av ei havn.

Tiltakene kan omfatte moloer, utfyllinger, utdypinger eller anbefalinger om spesielle orienteringer av kailinjer.

## 2 Molo alternativer

Mandatet for oppgaven er å utarbeide en mulighetsstudie som skal gi Bodø kommune bedre kunnskap og beslutningsgrunnlag for havneutvikling i området på Langstranda.

Studien består i å undersøke i hvilken grad det definerte området ved Langstranda er egnet til havneformål, og hvilke tiltak som kan utføres for å skape gode forhold dersom man finner at bølger kan utgjøre et problem for driften av ei havn.

Tiltakene kan omfatte moloer, utfyllinger, utdypinger eller anbefalinger om spesielle orienteringer av kailinjer.

I arbeidet er det tatt utgangspunkt i en hypotese om at

1. Hovedutfordringen for havneoperasjoner i området er vind, der vind fra øst dominerer i hyppighet, mens vind fra SV og V representerer de ekstreme stormene. Det finnes få eller ingen muligheter for å skjerme havna mot vind, utover å orientere kailinjene slik at vinden angriper langs skipenes lengste akse. Man kan likevel anta at vinden og dens effekt på skip er tilnærmet lik eller svakt høyere enn den vinden som i dag påvirker skip inne i Bodø Havn.
2. Området ved Langstranda er i dag utsatt for bølger som kan nå en slik størrelse at skipsoperasjoner (anløp/avgang og lasting/lossing) blir vanskelige eller medfører en uakseptabel risiko for skader og uhell. Bølgeproblemet er imidlertid mindre enn problemet med vind, og tilsvarende problemer finnes i liten grad inne i Bodø Havn.

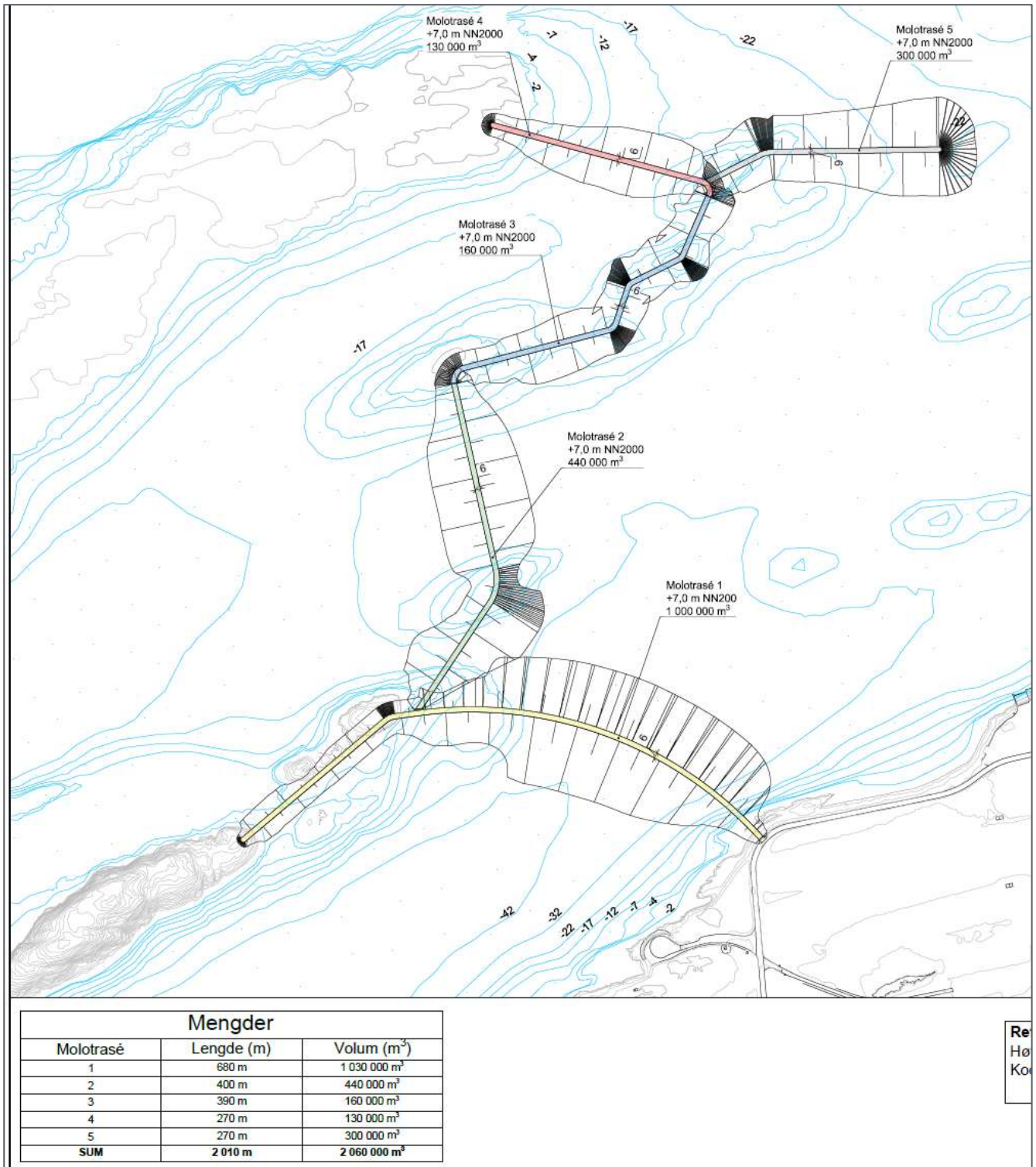
Hypotesen over er basert på erfaringer og konklusjoner fra andre undersøkelser nær Bodø Havn, spesielt studier i forbindelse med ny lufthavn i Bodø (NLBO, utført for Avinor) og en undersøkelse av mulig bunkring stasjon for hydrogen utført for GreenH.

Arbeidsgangen er derfor å starte med mulige molotraséer og se i hvilken grad det kan skapes tilfredsstillende bølgeforhold i et tenkt havnebasseng. Dersom det finnes slike muligheter gjennom molobygging, må en deretter vurdere om det i tillegg er nødvendig med utdypinger, mudring eller fjerning av skjær eller grunner. Til slutt blir det definert optimale orienteringer for kaier med hensyn på vind.

De molotraséene som er undersøkt er vist i Figur 1. Figuren viser et sammenhengende system av moloer, men disse er inndelt i 5 seksjoner (fargekodet), og volum og lengde for hver seksjon er angitt på figuren. Volumet som er angitt er volumet av den skisserte fyllingen over bunnen, og det er ikke tatt hensyn til at det kan kreves masseutskifting under moloen, at moloen kan sige ned i bløt grunn eller at det kan kreves motfyllinger på sidene av moloen. Slike tiltak vil i alle fall føre til en økning av volumet.

For den videre analysen har vi valgt ut noen kombinasjoner av molotraséer. Disse kombinasjonene kalles alternativer, og er oppsummert i Tabell 1. Trasé 4 er ikke inkludert i noen av alternativene fordi den ikke vil ha noen effekt på bølgene mot Langstranda. Grunnen til at den er tatt med er at denne moloen gir tilkomst til den ytterste øygruppa Langdragan. Disse øyene kan muligens utnyttes til landbaserte havneformål.

Figurer som viser hvert alternativ er vist i omtalen av alternativene nedenfor.



Figur 1 Utsnit av plan for moloalternativer. Lengde og volum for hvert alternativ er gitt i nedre kant

Tabell 1 Definisjon av alternativene med traséer som vist i Figur 1

Alternativ	Kombinasjon av traséer	Volum 1000 m <sup>3</sup>
0 (=ingen tiltak)	ingen	0
1	1	1030
2	2 + 3	600
3	2 + 3 + 5	900
4	1+ 2 + 3 + 5	1930

Figur 2 Indre 30 x 30 m<sup>2</sup> modell vist med dybde data. En kombinasjon av dønning fra Vestfjorden og vindbølger fra Saltfjorden kommer inn fra SV, V og NV. Punktene A - G er punkter ved Langstranda der bølger er beregnet. De lokale bølgene er bølger generert av vind i bassenget mellom Langstranda og Hjartøyene i NØ.



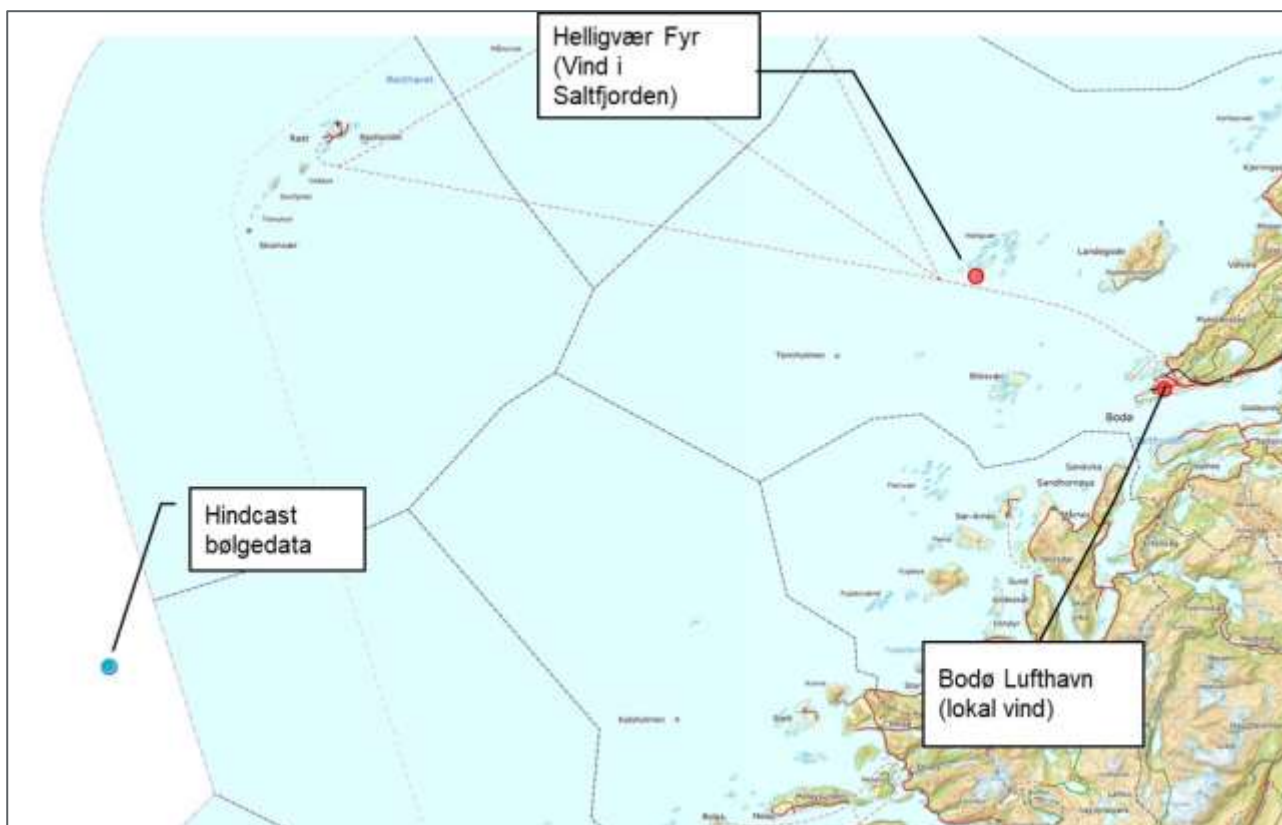
## 3 Bølgeanalyser

### 3.1 Datakilder

Datakilder som er benyttet i denne studien er følgende:

1. beregnede bølgedata (Hindcast data) for Vestfjorden (1957 – 2014); 3 timer intervall
2. Vind data fra Helligvær Fyr (2005 – 2021), 1 time intervall
3. Vind data fra Bodø Lufthavn 2000- 2021
4. En kombinasjon av 3 ulike nivåer for numeriske bølgemodeller og analytiske modeller.

Datakildenes posisjon er vist i Figur 3



Figur 3 Posisjon for datakilder

### 3.2 Metode

Metoden som er valgt for bølgeberegninger er en sammensatt modell der flere faktorer er kombinert. Framgangsmåten er basert på en observasjon av at havbølger og dønning fra Vestfjorden (Figur 4) i liten grad når fram til Bodø-området. Disse tunge havbølgene blir effektivt sperret ute av øyrekka Fleinvær, Bliksvær, Steindvær, Landegode og Helligvær. De bølgene som man kan observere utenfor Bodø Havn er derfor dannet av en lokal vind i ytre Saltfjorden.

For den foreliggende studien er det de jevnlig havneforhold som er av interesse, og vi har derfor beregnet verdier av vindhastighet og samtidig opptredende bølger over en periode på ca 10 år, fra 2005 - 2014. På

et senere tidspunkt kan det være aktuelt å dimensjonere konstruksjoner og anlegg i sjøen, og disse må dimensjoneres for ekstremverdier, mest sannsynlig med 200 års returperiode. *Dimensjonerende verdier gis ikke her.*

For å kunne beskrive detaljene i bølgedannelsen er det benyttet en prosedyre i 5 steg.

1. Bølgeberegningen starter med å ta utgangspunkt i bølger i hindcastpunktet i Vestfjorden. Bølgemodellen (Figur 5) følger bølgene fra punktet og inn mot Bodø. For å dekke alle mulige tilfeller, er det kjørt tilfeller med retning og spektral toppperiode som vist i Tabell 2. Innkommende bølgehøyde er i alle tilfeller satt lik  $H_{m0} = 5.0$  m.

I et punkt ca 15 km vest for Bliksvær overtar en mellomskala modell beregningen. Bølgespektra fra de 15 tilfellene i Tabell 2 hentes ut fra dette punktet, og bølgene sendes videre i den nye mellomskala-modellen, se

Figur 6 Mellomskala 150 x 150 m<sup>2</sup> modell. Punktet der bølger fra Saltfjorden adderes til dønning fra Vestfjorden er markert

2. Bølgene i denne modellen følges videre til er kommet til et punkt på høyde med Svartoksen, som ligger ca 4 km V for Langstranda.
3. I dette punktet hentes det på ny ut bølgespektra fra mellomskalamodellen, og disse bølgene sendes videre i den siste og mest detaljerte modellen, se Figur 7.
4. I den siste modellen sendes bølgene videre inn mot Punktene A - G som er mulige lokasjoner for kaier ved Langstranda.

Ved hjelp av denne prosedyren kan vi nå bestemme hvor stor andel som kommer fram til Langstranda når vi kjenner bølgef forholdene i Vestfjorden. Dette kan uttrykkes som en matrise, det det finnes en koeffisient for hvert tilfelle i Tabell 2.

Den endelige beregninger av bølger ved Langstranda utføres nå slik:

- A. For hvert tidspunkt for hver 3. time fra 2005-02-01 kl 00:00 finner vi bølgehøyden i hindcastpunktet og den tilhørende bølgehøyde og retning ved Svartoksen, uttrykt ved et bølgespektrum.
- B. Ved et punkt nær Svartoksen beregnes bølgehøyde og retning som er generert i Saltfjorden av vinden ved Helligvær på samme tidspunkt.
- C. Bølgene fra Vestfjorden og fra Saltfjorden adderes for å gi én sjøtilstand ved Svartoksen, uttrykt ved et bølgespektrum.
- D. Tallmatrisen for overgang fra Svartoksen til Punkt A - G ved Langstranda benyttes for å finne den resulterende bølgehøyden ved Langstranda.
- E. I siste trinn av bølgeberegningen beregnes de lokale bølgene som kan oppstå i bassenget mellom Langstranda og Hjartøyene. Disse bølgene er basert på vind fra Bodø Lufthavn og adderes til de bølgene som er beregnet over i Punkt D. Dette gir den totale bølgehøyden ved Langstranda.
- F. For å få et komplett bilde av havneforholdene, legges den samtidige vinden målt ved Bodø Lufthavn til serien.

Det er to viktige momenter som skal nevnes i denne prosedyren.

- I. De lokale bølgene som er beregnet i Trinn E over er begrenset til bølger mellom Langstranda og Hjartøyene. Disse bølgene vil være små og korte, og har derfor liten betydning for større skip, over ca 30 m lengde. Bølgene vil bare finnes når det er vind fra N og NØ, og de er derfor ikke til stede ved de større stormene som kommer fra SV og V. Prosedyren for bølgeberegning vil sørge for at de er nesten uten betydning.
- II. Vinden som knyttes til hvert tidspunkt er den samme for alle alternativer og alle posisjoner i havna. Det finnes ikke realistiske muligheter for å skjermes havna mot vind, slik som man kan gjøre for

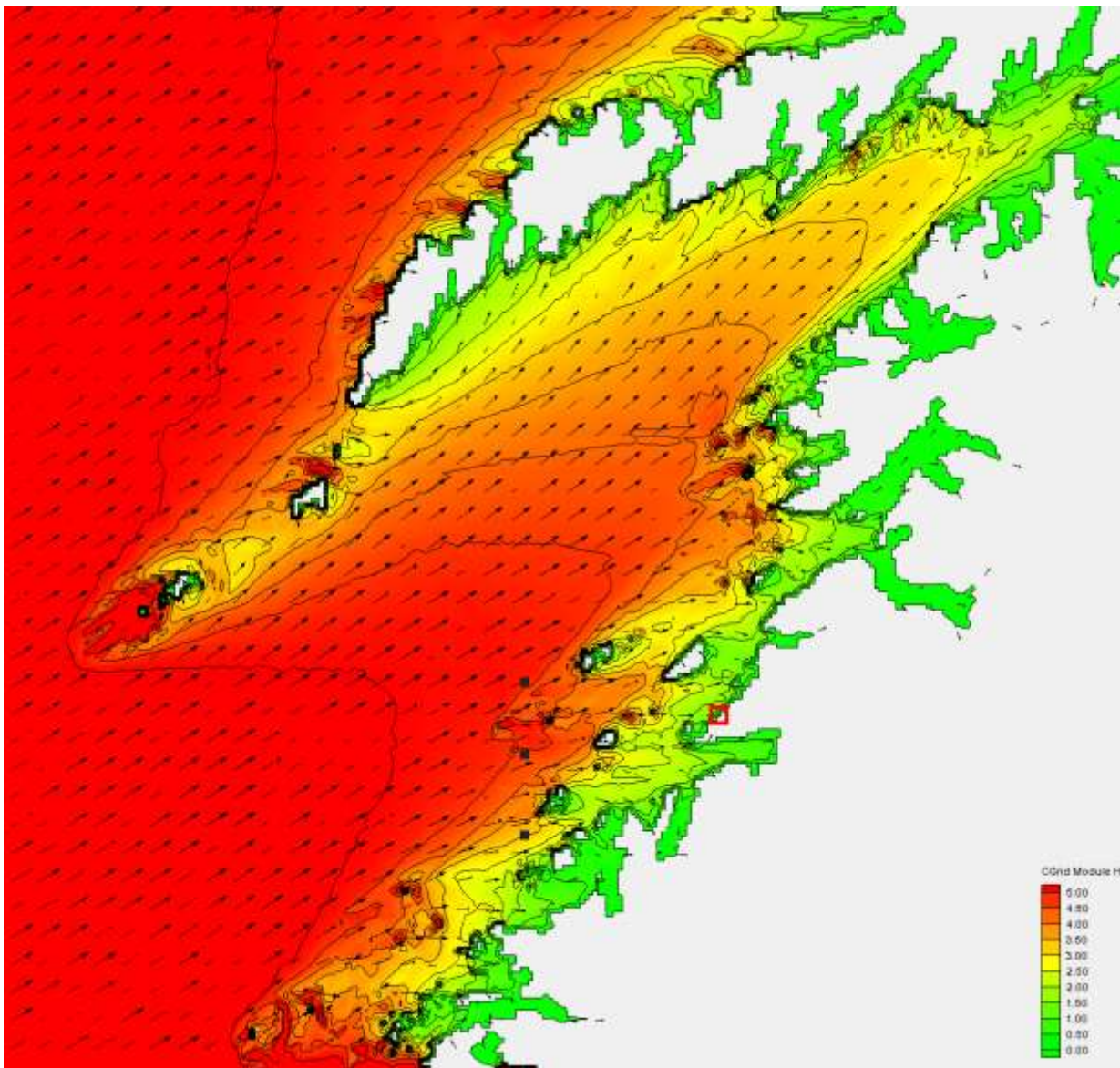
bølger. Skip er mer følsomme for vind når de får vinden på tvers, men under en ankomst - fortøyning - avgang prosedyre vil skipet som oftest på ett eller annet tidspunkt ha breidsida mot vinden. Vi har derfor (foreløpig) benyttet kun vindhastigheten uten henyn til retning på skip eller sted i havna.



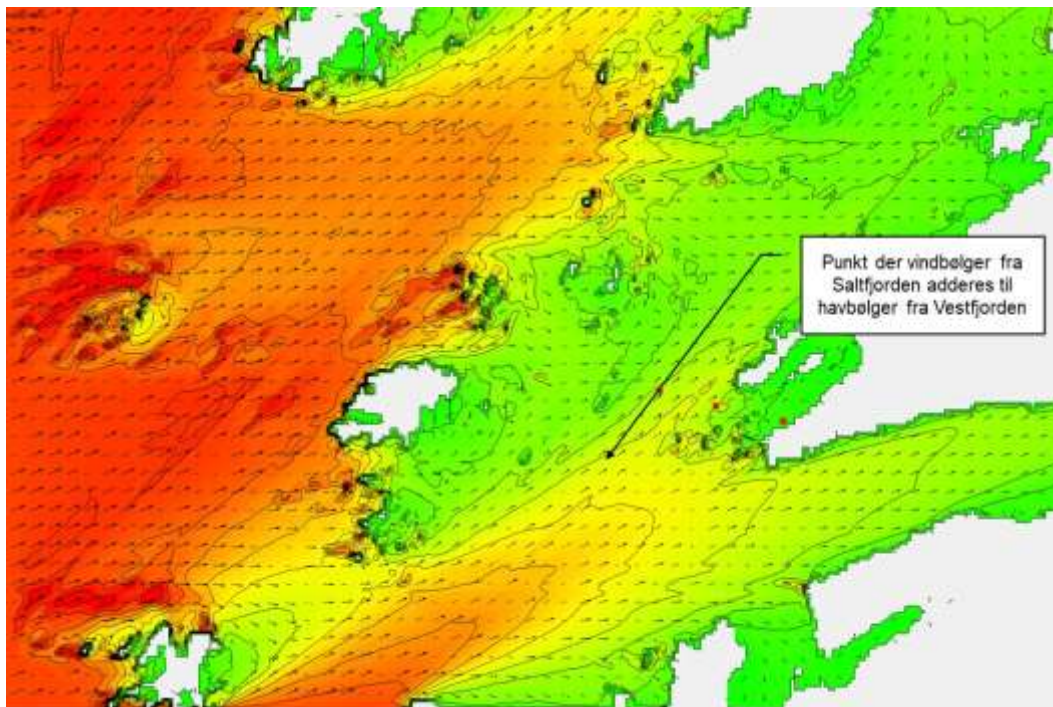
Figur 4 Oversiktskart over opphavsområder for bølger

Tabell 2 Tabell som viser oversikt over antall tilfeller av innkommende havsjø fra Vestfjorden som er beregnet. Tall i kursiv viser til tilfellets nummer. Spektral topp-periode  $T_p$  horisontalt og innkommende bølgeretning vertikalt.

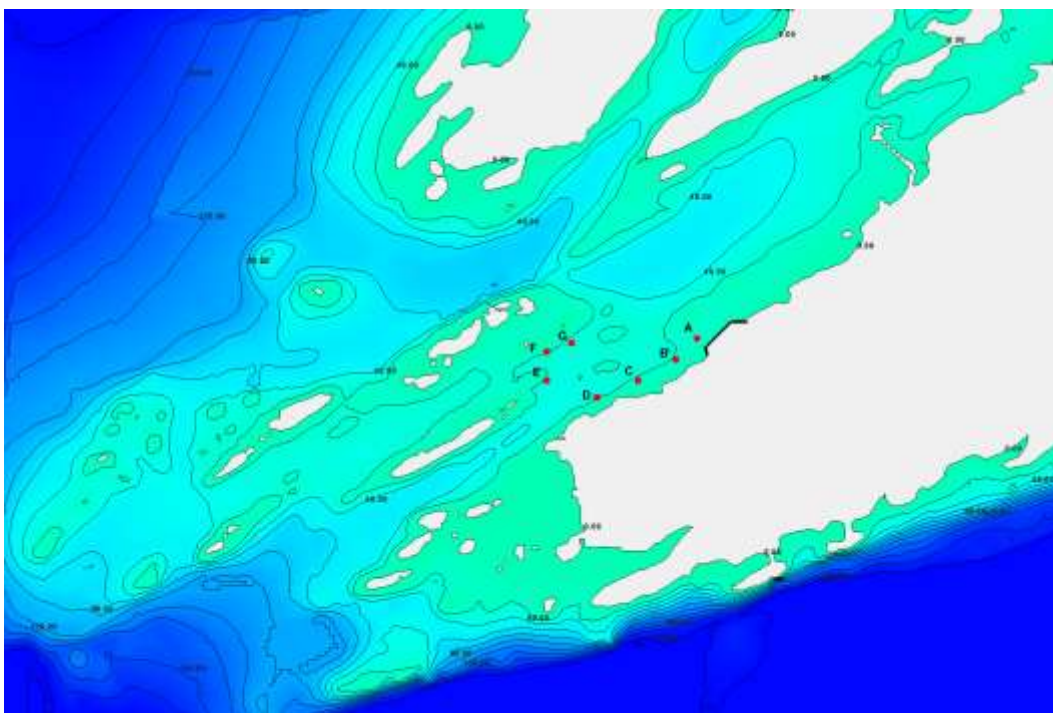
Retning i Vestfjorden °	12 s	14 s	16 s
210	4	5	6
240	7	8	9
270	10	11	12
300	13	14	15
330	16	17	18



Figur 5 Storskala 800 x 800 m<sup>2</sup> bølgemodell. Bodø er markert med rød firkant



Figur 6 Mellomskala 150 x 150 m<sup>2</sup> modell. Punktet der bølger fra Saltfjorden adderes til dønning fra Vestfjorden er markert



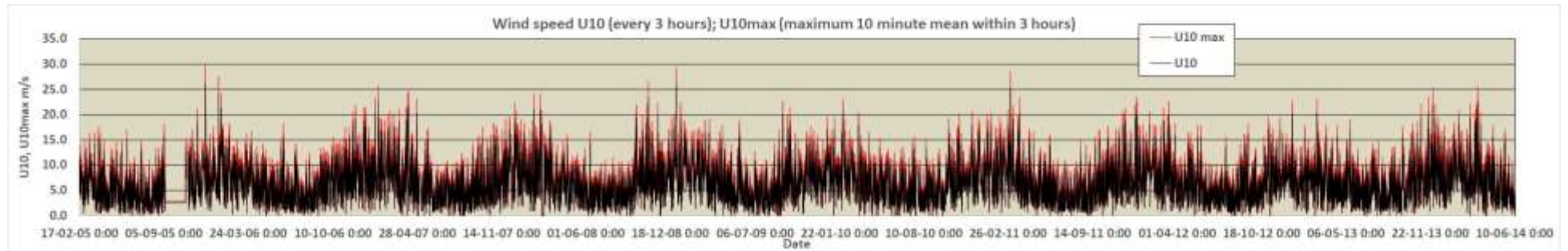
Figur 7 Indre 30 x 30 m<sup>2</sup> modell vist med dybdedata. En kombinasjon av dønning fra Vestfjorden og vindbølger fra Saltfjorden kommer inn fra SV, V og NV. Punktene A - G er punkter ved Langstranda der bølger er beregnet. De lokale bølgeene er bølger generert av vind i bassenget mellom Langstranda og Hjartøyene i NØ.

### 3.3 Resultat av bølge/vind analyse

I det etterfølgende er resultat for bølge- og vind-analysen for Alternativ 0 - 4 presentert. For å begrense mengden med data og bildepresentasjoner, blir det i denne rapporten presentert data for Punkt B, Figur 7.

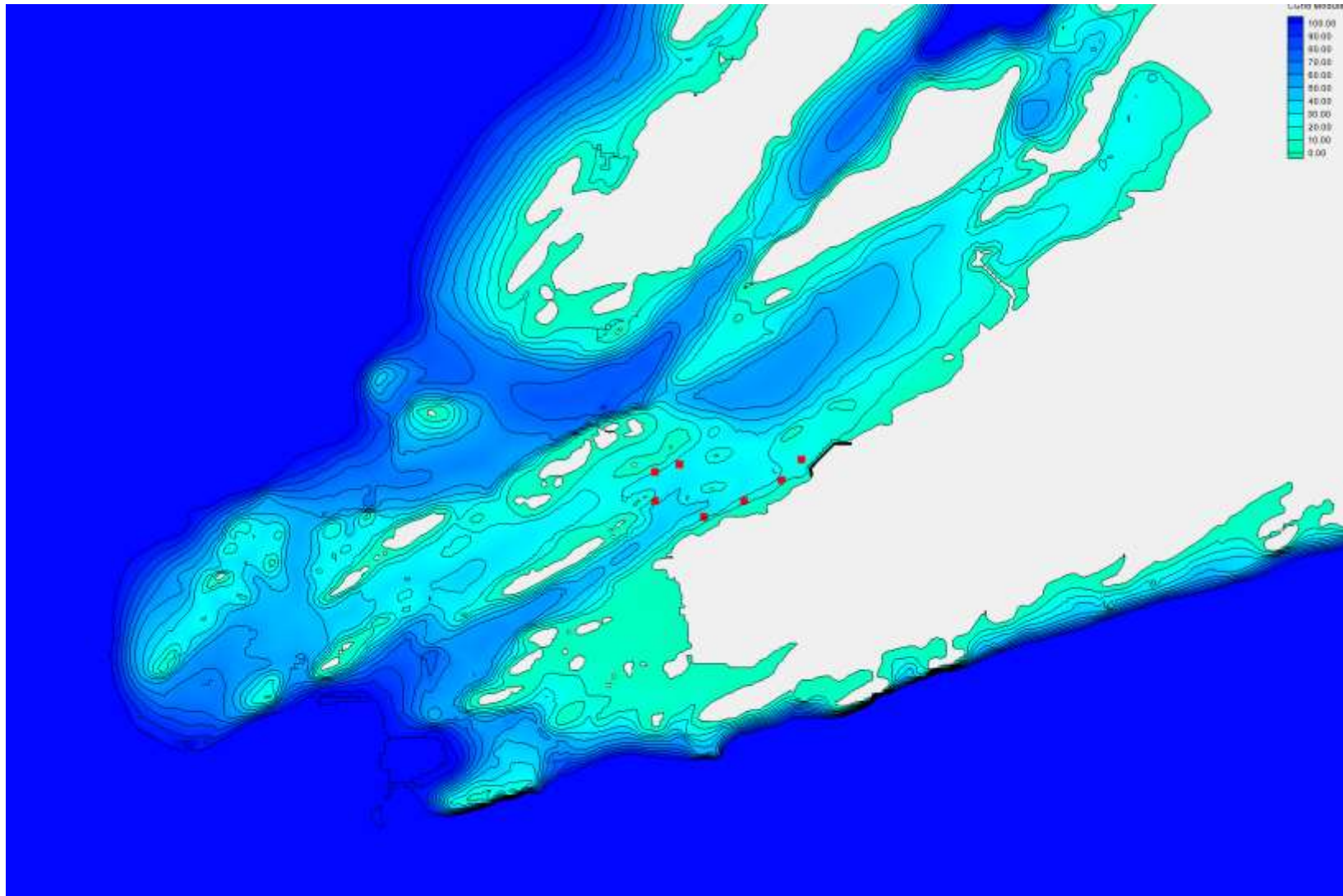
Vii forventer små variasjoner innenfor A - D. Punktene F - G er bare aktuelle som havneområder dersom det bygges moloer ut til Langdragan, og i det tilfellet blir bølgehøydene her betydelig mindre enn i Punkt B.

### 3.3.1 Vind (felles for alle alternativer)



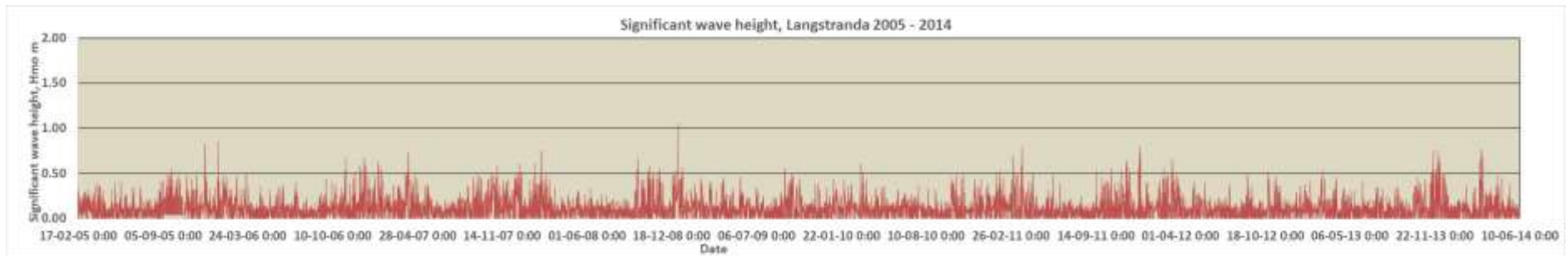
Figur 8 Vind-data fra Bodø Lufthavn 2005 - 2014. U10 (svart) = 10 min middelvind observert hver 3. time; U10max (rød) = antatt maksimal 10 minutter middelvind mellom observasjonene

### 3.3.2 *Alternativ 0*



Figur 9 *Alternativ 0 (ingen utbygging)*



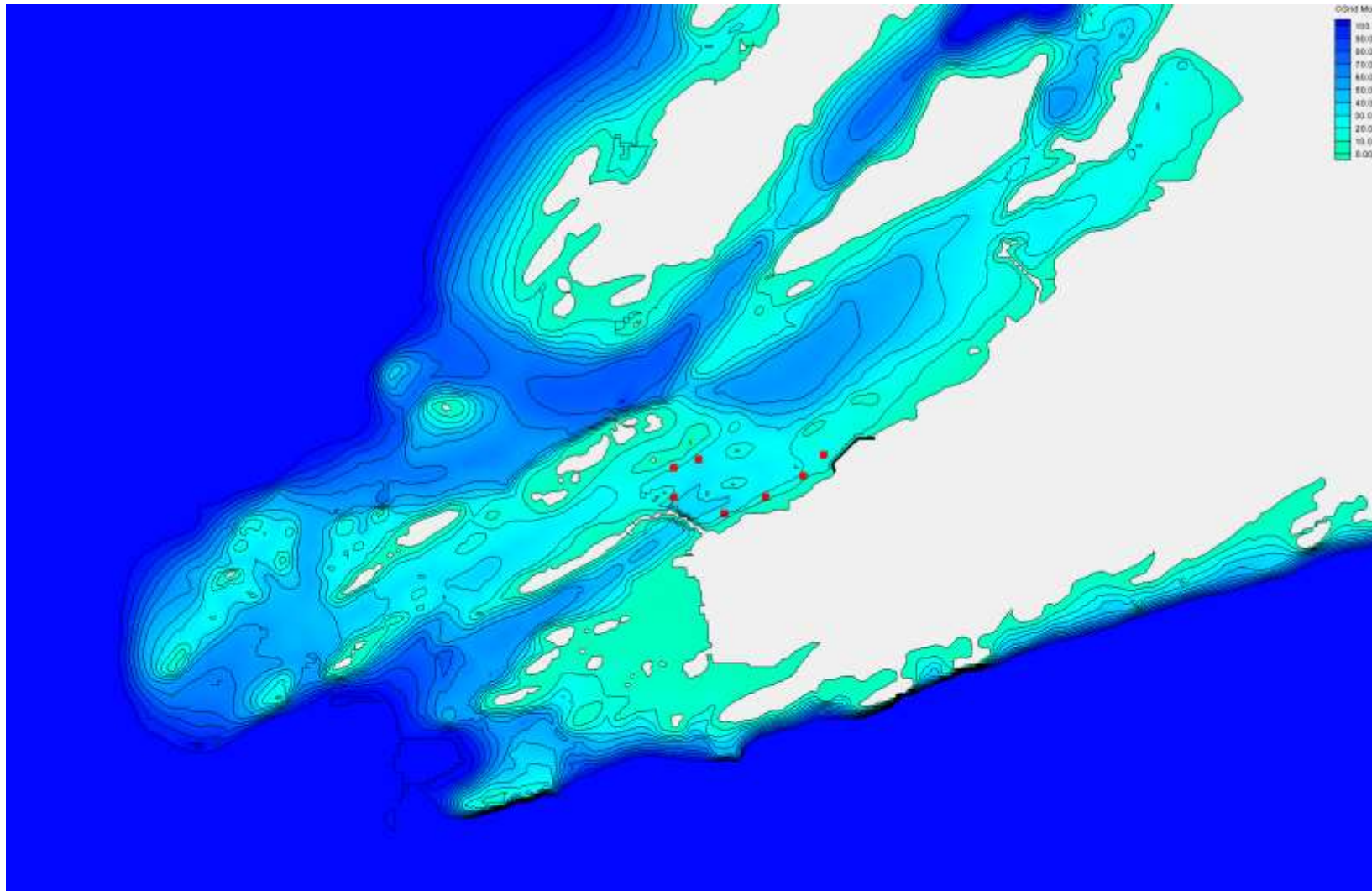


Figur 10 Alternativ 0 (ingen utbygging): signifikant bølgehøyde beregnet hver 3. time 2005 - 2014

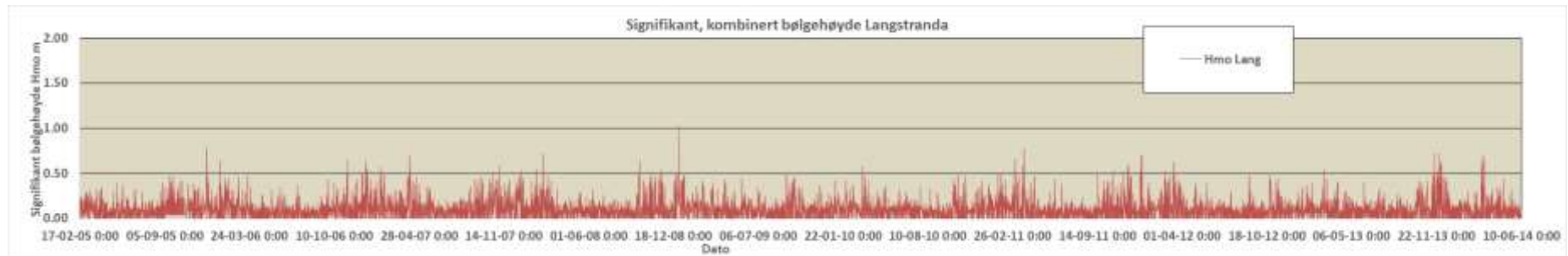
Tabell 3 Alternativ 0: Spredningsdiagram for signifikant bølge høyde (vertikal) vs samtidig vindhastighet; antall observasjoner i hver klasse 2005 - 2014

FREQUENCY TABLE of Hm0 vs. U10		Total sea	data at	Langstran	from	2005	to	2014											Marg.	Cum.			
Hm0	<5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20 - 21	21 - 22	22 - 23	>23	Sum	distr.	distr.
< 0.10	6979	1761	1636	1722	1503	1101	166	119	85	66	59	50	38	30	17	10	7	1	2	2	15354	0.558	0.558
0.10 - 0.15	980	587	512	242	142	333	961	714	464	83		3									5021	0.183	0.741
0.15 - 0.20	505	223	227	316	262	185	114	75	35	214	218	126	46		1						2547	0.093	0.834
0.20 - 0.25	298	118	130	153	176	181	147	113	85	47	26	21	46	48	30	9					1628	0.059	0.893
0.25 - 0.30	121	59	70	83	108	124	106	114	115	66	52	33	12	10	2	8	5	3			1091	0.040	0.933
0.30 - 0.35	74	35	31	40	53	64	60	55	56	59	61	24	37	19	19	8	4	2	1	1	703	0.026	0.958
0.35 - 0.40	27	12	15	15	25	34	35	40	52	47	43	43	29	16	13	9	6	2	2		465	0.017	0.975
0.40 - 0.45	22	2	8	10	15	14	27	26	20	33	29	25	25	14	12	14	6	5	4	4	315	0.011	0.987
0.45 - 0.50	7	2	1	1	9	5	11	7	13	17	14	21	13	14	7	4	9	3	3	1	162	0.006	0.992
0.50 - 0.55	1			1	1	2	2	1	4	8	10	10	4	8	8	11	10	6	4	3	95	0.003	0.996
0.55 - 0.60	1					1			1	2	5	4	7	5	4	5	2	6	1	1	45	0.002	0.997
0.60 - 0.65						1			1	1	1	1	3	4	1	5	3	3	3	5	32	0.001	0.999
0.65 - 0.70											2	2		1	3			1	3	7	19	0.001	0.999
0.70 - 0.75														2		1	1		2	1	7	0.000	1.000
0.75 - 0.80														2	1			1		3	7	0.000	1.000
0.80 - 0.85																				2	2	0.000	1.000
0.85 - 0.90																				1	1	0.000	1.000
0.90 - 0.95																					0	0.000	1.000
0.95 - 1.00																					0	0.000	1.000
1.00 - 1.05																					0	0.000	1.000
1.05 - 1.10																				1	1	0.000	1.000
1.10 - 1.15																					0	0.000	1.000
1.15 - 1.20																					0	0.000	1.000
1.20 - 1.25																					0	0.000	1.000
1.25 - 1.30																					0	0.000	1.000
1.30 - 1.35																					0	0.000	1.000
1.35 - 1.40																					0	0.000	1.000
1.40 - 1.45																					0	0.000	1.000
1.45 - 1.50																					0	0.000	1.000
1.50 - 1.55																					0	0.000	1.000
1.55 - 1.60																					0	0.000	1.000
1.60 - 1.65																					0	0.000	1.000
1.65 - 1.70																					0	0.000	1.000
1.70 - 1.75																					0	0.000	1.000
1.75 - 1.80																					0	0.000	1.000
1.80 - 1.85																					0	0.000	1.000
1.85 - 1.90																					0	0.000	1.000
1.90 - 1.95																					0	0.000	1.000
1.95 - 2.00																					0	0.000	1.000
2.00 - 2.05																					0	0.000	1.000
2.05																					0	0.000	1.000
Sum	9015	2799	2631	2583	2294	2045	1629	1264	931	643	520	363	260	173	115	87	53	33	25	32	27495		
Marg. distr.	0.328	0.102	0.096	0.094	0.083	0.074	0.059	0.046	0.034	0.023	0.019	0.013	0.009	0.006	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001			
Cum. distr.	0.328	0.430	0.525	0.619	0.703	0.777	0.836	0.882	0.916	0.940	0.959	0.972	0.981	0.987	0.992	0.995	0.997	0.998	0.999	1.000			
Average	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5				
max Hs (m)	1.05																						
max U10	29.75																						

### 3.3.3 *Alternativ 1*



Figur 11 *Alternativ 1*

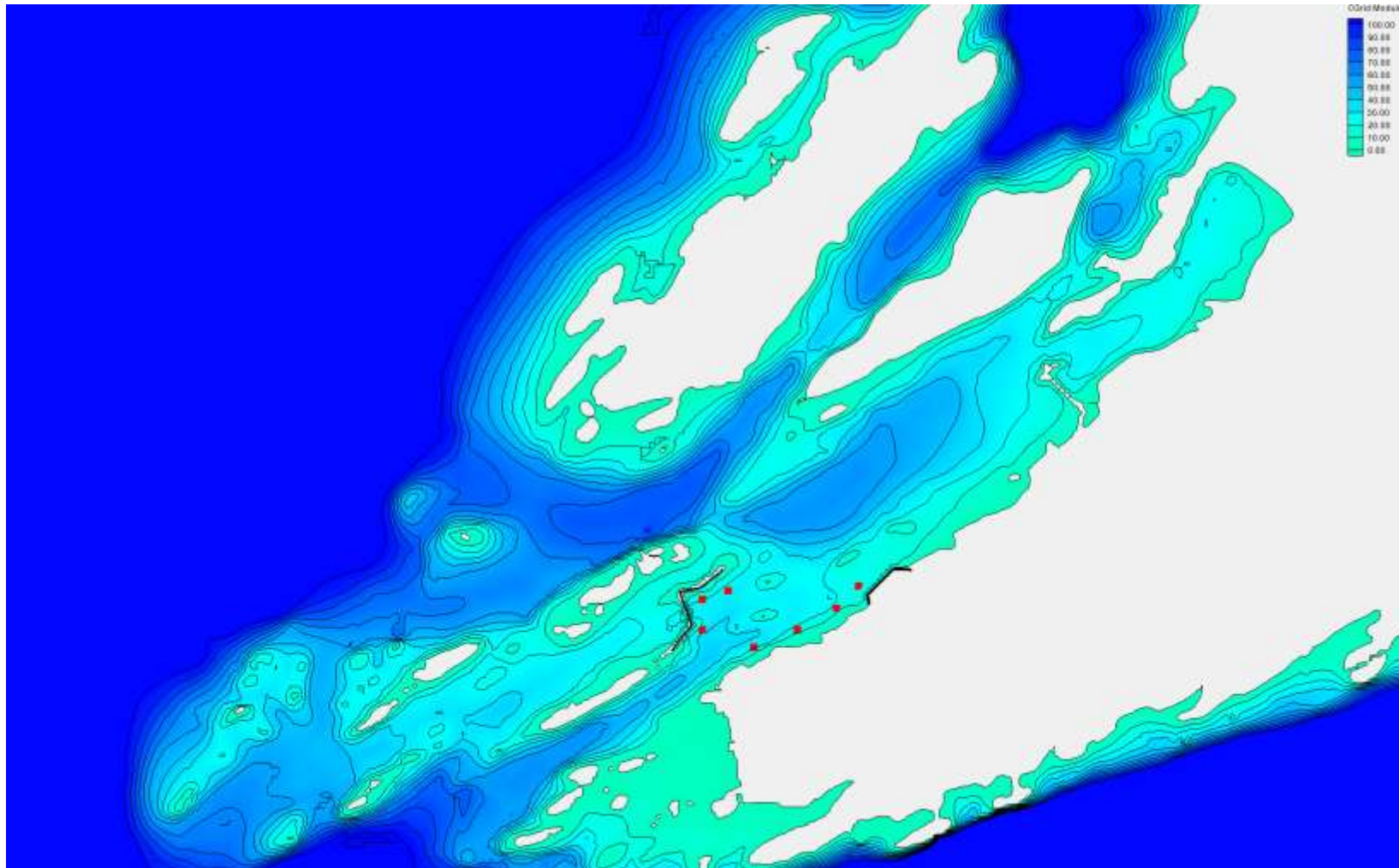


Figur 12 Alternativ 1: signifikant bølgehode beregnet hver 3. time 2005 - 2014

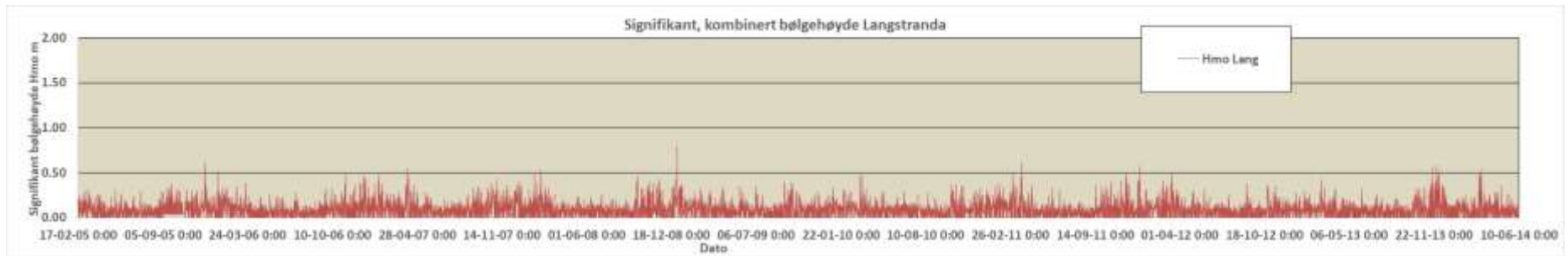
Tabell 4 Alternativ 1: Spredningsdiagram for signifikant bølge høyde (vertikal) vs samtidig vindhastighet; antall observasjoner i hver klasse 2005 - 2014

FREQUENCY TABLE of Hm0 vs. U10		Total sea data at Langstran from 2005 to 2014																			Marg. distr.	Cum. distr.		
Hm0	<5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20 - 21	21 - 22	22 - 23	>23	Sum			
< 0.10	7338	1885	1753	1814	1561	1141	191	136	90	68	59	53	38	30	17	10	7	1	2	2	16196	0.589	0.589	
0.15	891	560	514	283	194	401	1010	761	503	106	10	13	6								5252	0.191	0.780	
0.20	426	174	189	281	247	181	142	106	84	252	242	143	51	6	6	2					2532	0.092	0.872	
0.25	205	108	90	94	150	159	109	100	85	54	48	29	61	58	37	12		2			1401	0.051	0.923	
0.30	78	34	46	66	69	77	78	77	71	44	48	33	25	18	13	17	13	5	1	1	814	0.030	0.953	
0.35	47	28	23	29	38	41	40	42	43	45	40	26	30	17	11	9	9	3	4	3	528	0.019	0.972	
0.40	16	8	11	10	19	28	36	24	30	33	29	24	19	7	13	10	4	3	3	2	329	0.012	0.984	
0.45	11	2	4	5	11	11	14	11	12	21	19	16	11	13	8	6	7	6	5	2	195	0.007	0.991	
0.50	3		1		5	4	7	7	9	14	14	16	6	10	1	3	4	5	2	2	113	0.004	0.995	
0.55				1			2		3	5	6	5	9	4	5	5	5	3		3	56	0.002	0.997	
0.60						2				1	3	3	1	4	4	9	3	2	2	4	38	0.001	0.999	
0.65									1		1	1	3	2		2	1	2	4	6	23	0.001	0.999	
0.70										1		1	1	2		1			2	1	8	0.000	1.000	
0.75																1				1	5	0.000	1.000	
0.80																				4	4	0.000	1.000	
0.85																					0	0.000	1.000	
0.90																					0	0.000	1.000	
0.95																					0	0.000	1.000	
1.00																					0	0.000	1.000	
1.05																				1	1	0.000	1.000	
1.10																					0	0.000	1.000	
1.15																					0	0.000	1.000	
1.20																					0	0.000	1.000	
1.25																					0	0.000	1.000	
1.30																					0	0.000	1.000	
1.35																					0	0.000	1.000	
1.40																					0	0.000	1.000	
1.45																					0	0.000	1.000	
1.50																					0	0.000	1.000	
1.55																					0	0.000	1.000	
1.60																					0	0.000	1.000	
1.65																					0	0.000	1.000	
1.70																					0	0.000	1.000	
1.75																					0	0.000	1.000	
1.80																					0	0.000	1.000	
1.85																					0	0.000	1.000	
1.90																					0	0.000	1.000	
1.95																					0	0.000	1.000	
2.00																					0	0.000	1.000	
2.05																					0	0.000	1.000	
Sum	9015	2799	2631	2583	2294	2045	1629	1264	931	643	520	363	260	173	115	87	53	33	25	32	27495			
Marg. distr.	0.328	0.102	0.096	0.094	0.083	0.074	0.059	0.046	0.034	0.023	0.019	0.013	0.009	0.006	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001				
Cum. distr.	0.328	0.430	0.525	0.619	0.703	0.777	0.836	0.882	0.916	0.940	0.959	0.972	0.981	0.987	0.992	0.995	0.997	0.998	0.999	1.000				
Average	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4				
max Hs (m)	1.02																							
max U10	29.75																							

### 3.3.4 *Alternativ 2*



Figur 13 Alternativ 2



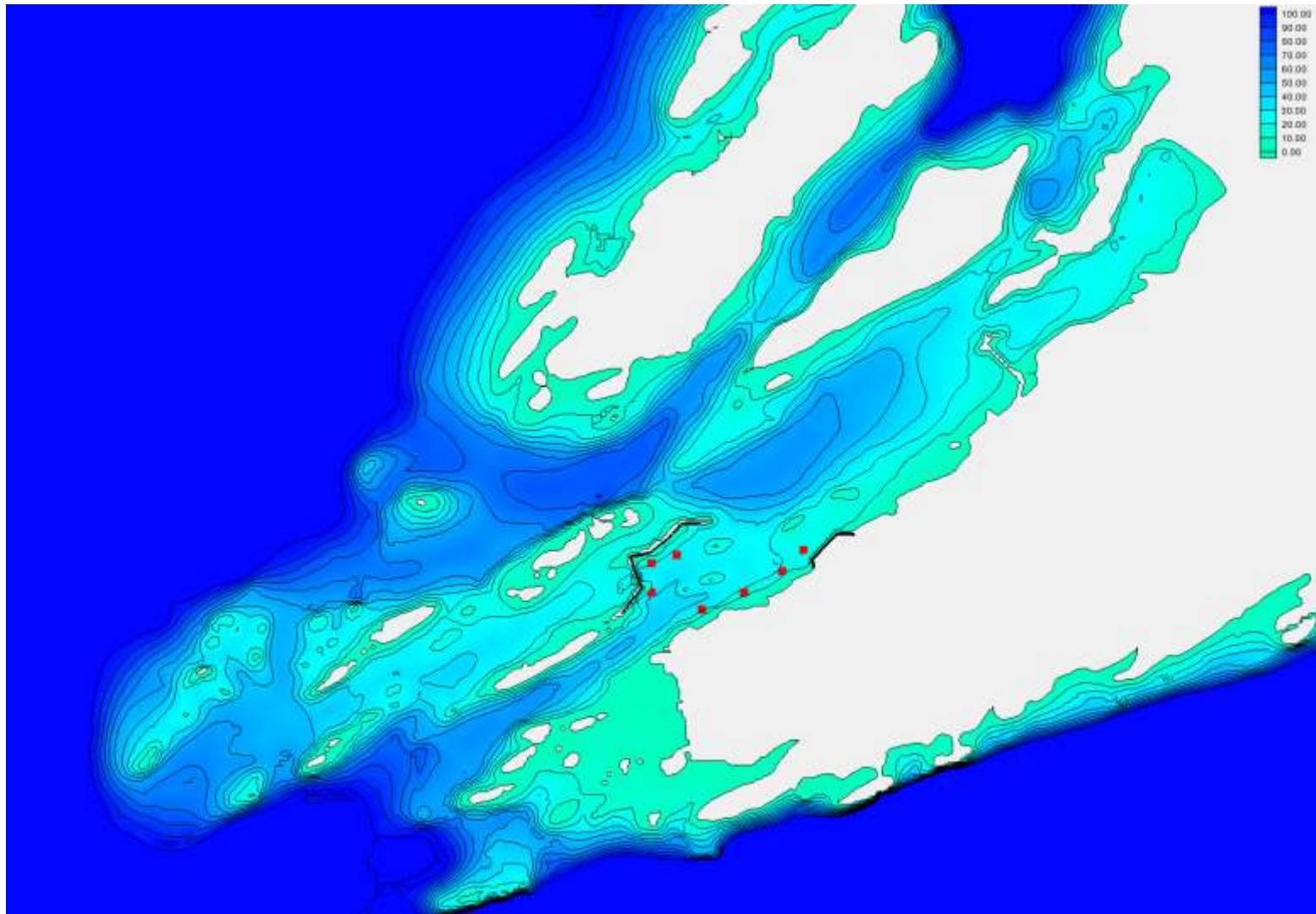
Figur 14 Alternativ 2: signifikant bølgehøyde beregnet hver 3. time 2005 - 2014

Tabell 5 Alternativ 2: Spredningsdiagram for signifikant bølge høyde (vertikal) vs samtidig vindhastighet; antall observasjoner i hver klasse 2005 - 2014

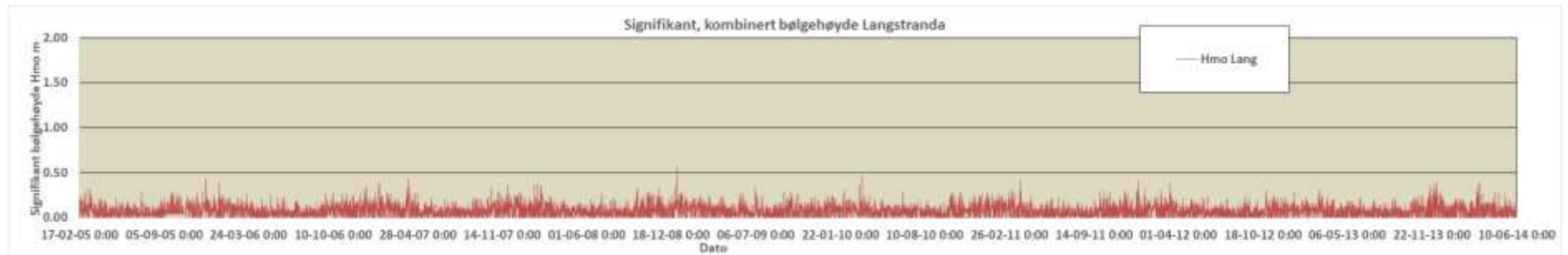
FREQUENCY TABLE of Hm0 vs. U10		Total sea data at Langstran from 2005 to 2014																			Sum	Marg. distr.	Cum. distr.
Hm0	<5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	>23	Sum	Marg. distr.	Cum. distr.
< 0.10	7891	2016	1852	1891	1607	1176	211	143	95	71	59	53	38	30	17	10	7	1	2	2	17172	0.625	0.625
0.15	724	589	549	335	254	468	1066	801	538	125	20	15	7		2						5493	0.200	0.824
0.20	271	129	153	261	262	199	163	143	119	271	267	160	60	13	9	3					2483	0.090	0.915
0.25	84	50	55	72	119	136	96	95	80	57	68	40	79	69	47	18	6	3	2		1176	0.043	0.957
0.30	33	13	18	19	34	49	60	57	65	62	44	43	36	17	9	20	14	8	4	4	609	0.022	0.980
0.35	11	2	3	4	16	12	27	19	24	38	37	26	20	18	17	9	6	3	7	2	301	0.011	0.991
0.40	1		1	1	2	3	6	6	7	16	18	19	10	12	5	8	9	9	2	3	138	0.005	0.996
0.45						2			2	3	5	4	8	8	6	9	8	4		5	64	0.002	0.998
0.50									1		2	2	2	3	3	9	3	3	5	2	35	0.001	0.999
0.55												1		1		1		1	2	8	14	0.001	1.000
0.60														2				1	1	2	6	0.000	1.000
0.65																				3	3	0.000	1.000
0.70																					0	0.000	1.000
0.75																					0	0.000	1.000
0.80																				1	1	0.000	1.000
0.85																					0	0.000	1.000
0.90																					0	0.000	1.000
0.95																					0	0.000	1.000
1.00																					0	0.000	1.000
1.05																					0	0.000	1.000
1.10																					0	0.000	1.000
1.15																					0	0.000	1.000
1.20																					0	0.000	1.000
1.25																					0	0.000	1.000
1.30																					0	0.000	1.000
1.35																					0	0.000	1.000
1.40																					0	0.000	1.000
1.45																					0	0.000	1.000
1.50																					0	0.000	1.000
1.55																					0	0.000	1.000
1.60																					0	0.000	1.000
1.65																					0	0.000	1.000
1.70																					0	0.000	1.000
1.75																					0	0.000	1.000
1.80																					0	0.000	1.000
1.85																					0	0.000	1.000
1.90																					0	0.000	1.000
1.95																					0	0.000	1.000
2.00																					0	0.000	1.000
2.05																					0	0.000	1.000
<b>Sum</b>	9015	2799	2631	2583	2294	2045	1629	1264	931	643	520	363	260	173	115	87	53	33	25	32	27495		
<b>Marg. distr.</b>	0.328	0.102	0.096	0.094	0.083	0.074	0.059	0.046	0.034	0.023	0.019	0.013	0.009	0.006	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001			
<b>Cum. distr.</b>	0.328	0.430	0.525	0.619	0.703	0.777	0.836	0.882	0.916	0.940	0.959	0.972	0.981	0.987	0.992	0.995	0.997	0.998	0.999	1.000			
<b>Average</b>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3				
<b>max Hs (m)</b>	0.79																						
<b>max U10</b>	29.75																						



### 3.3.5 Alternativ 3



Figur 15 Alternativ 3

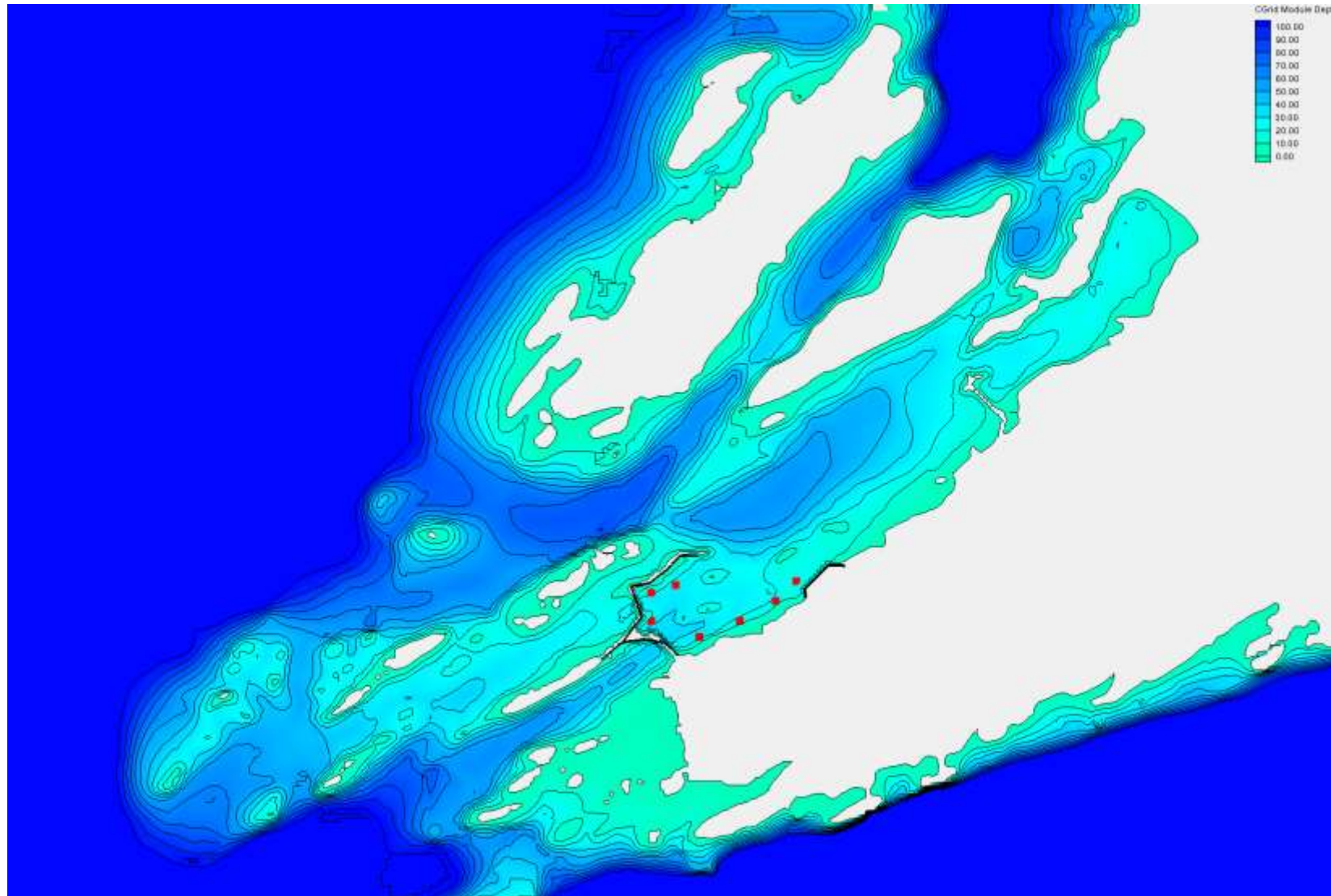


Figur 16 Alternativ 3: signifikant bølgehøyde beregnet hver 3. time 2005 - 2014

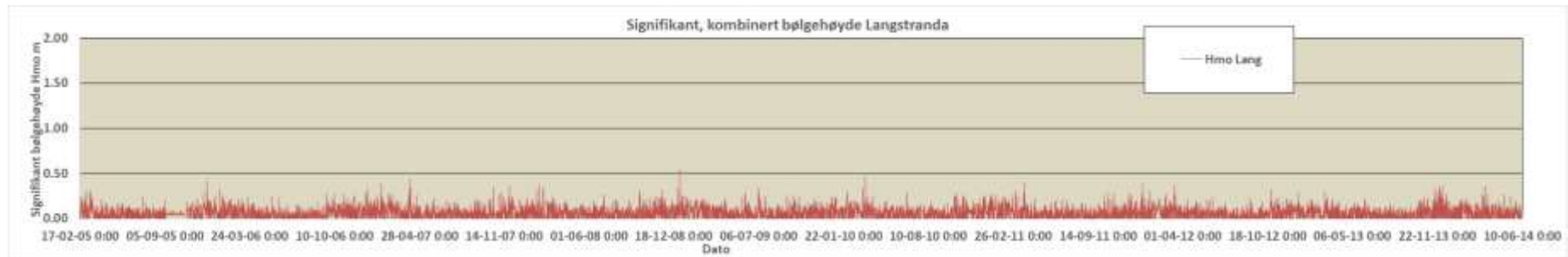
Tabell 6 Alternativ 3: Spredningsdiagram for signifikant bølge høyde (vertikal) vs samtidig vindhastighet; antall observasjoner i hver klasse 2005 - 2014

FREQUENCY TABLE of Hm0 vs. U10																						Total sea	data at	Langstran	from	2005	to	2014															Marg.	Cum.
Hm0	<5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20 - 21	21 - 22	22 - 23	>23	Sum	distr.	distr.																					
< 0.10	8670	2327	2150	2120	1791	1314	301	221	154	116	87	70	47	33	19	11	7	1	2	2	19443	0.707	0.707																					
0.15	258	448	420	305	291	543	1158	858	580	148	55	51	30	23	15	5	1	2	1		5192	0.189	0.896																					
0.20	55	20	57	153	172	129	116	140	148	306	307	167	77	11	19	10	12	7	4	2	1912	0.070	0.966																					
0.25	26	4	2	3	39	56	41	25	39	61	54	53	86	82	46	29	8	5	6	3	668	0.024	0.990																					
0.30	6		2	2	1	3	13	19	8	8	16	17	17	19	9	22	19	10	4	3	198	0.007	0.997																					
0.35								1	2	4	1	2	3	2	6	8	4	5	6	11	55	0.002	0.999																					
0.40												2		2	1	2	2	2	1	7	19	0.001	1.000																					
0.45																					5	0.000	1.000																					
0.50												1		1							2	0.000	1.000																					
0.55																					0	0.000	1.000																					
0.60																				1	1	0.000	1.000																					
0.65																					0	0.000	1.000																					
0.70																					0	0.000	1.000																					
0.75																					0	0.000	1.000																					
0.80																					0	0.000	1.000																					
0.85																					0	0.000	1.000																					
0.90																					0	0.000	1.000																					
0.95																					0	0.000	1.000																					
1.00																					0	0.000	1.000																					
1.05																					0	0.000	1.000																					
1.10																					0	0.000	1.000																					
1.15																					0	0.000	1.000																					
1.20																					0	0.000	1.000																					
1.25																					0	0.000	1.000																					
1.30																					0	0.000	1.000																					
1.35																					0	0.000	1.000																					
1.40																					0	0.000	1.000																					
1.45																					0	0.000	1.000																					
1.50																					0	0.000	1.000																					
1.55																					0	0.000	1.000																					
1.60																					0	0.000	1.000																					
1.65																					0	0.000	1.000																					
1.70																					0	0.000	1.000																					
1.75																					0	0.000	1.000																					
1.80																					0	0.000	1.000																					
1.85																					0	0.000	1.000																					
1.90																					0	0.000	1.000																					
1.95																					0	0.000	1.000																					
2.00																					0	0.000	1.000																					
2.05																					0	0.000	1.000																					
<b>Sum</b>	9015	2799	2631	2583	2294	2045	1629	1264	931	643	520	363	260	173	115	87	53	33	25	32	27495																							
<b>Marg. distr.</b>	0.328	0.102	0.096	0.094	0.083	0.074	0.059	0.046	0.034	0.023	0.019	0.013	0.009	0.006	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001																								
<b>Cum. distr.</b>	0.328	0.430	0.525	0.619	0.703	0.777	0.836	0.882	0.916	0.940	0.959	0.972	0.981	0.987	0.992	0.995	0.997	0.998	0.999	1.000																								
<b>Average</b>	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2																								
<b>max Hs (m)</b>		0.57																																										
<b>max U10</b>		29.75																																										

### 3.3.6 *Alternativ 4*



Figur 17 *Alternativ 4*



Figur 18 Alternativ 4: signifikant bølgehøyde beregnet hver 3. time 2005 - 2014

Tabell 7 Alternativ 4: Spredningsdiagram for signifikant bølge høyde (vertikal) vs samtidig vindhastighet; antall observasjoner i hver klasse 2005 - 2014

FREQUENCY TABLE of Hm0 vs. U10		Total sea data at Langstran from 2005 to 2014																Marg. distr.			Cum. distr.		
Hm0	<5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20 - 21	21 - 22	22 - 23	>23	Sum	distr.	distr.
< 0.10	8991	2461	2298	2304	1979	1538	436	358	322	241	193	171	130	83	65	47	33	17	14	11	21692	0.789	0.789
0.10 - 0.15	24	338	307	171	180	382	1097	797	532	104	2	2	2	3	3	1	2	4	3	5	3957	0.144	0.933
0.15 - 0.20			26	108	109	73	56	78	47	268	274	162	67					1			1269	0.046	0.979
0.20 - 0.25					26	52	30	14	21	25	40	23	50	76	42	19					418	0.015	0.994
0.25 - 0.30							10	16	8	1	10	3	8	7	4	13	13	8	1		102	0.004	0.998
0.30 - 0.35								1	1	4	1	1	3	3	1	6	4		5	9	39	0.001	0.999
0.35 - 0.40												2				1	1	2	2	3	11	0.000	1.000
0.40 - 0.45														1				1		3	5	0.000	1.000
0.45 - 0.50												1									1	0.000	1.000
0.50 - 0.55																					0	0.000	1.000
0.55 - 0.60																				1	1	0.000	1.000
0.60 - 0.65																					0	0.000	1.000
0.65 - 0.70																					0	0.000	1.000
0.70 - 0.75																					0	0.000	1.000
0.75 - 0.80																					0	0.000	1.000
0.80 - 0.85																					0	0.000	1.000
0.85 - 0.90																					0	0.000	1.000
0.90 - 0.95																					0	0.000	1.000
0.95 - 1.00																					0	0.000	1.000
1.00 - 1.05																					0	0.000	1.000
1.05 - 1.10																					0	0.000	1.000
1.10 - 1.15																					0	0.000	1.000
1.15 - 1.20																					0	0.000	1.000
1.20 - 1.25																					0	0.000	1.000
1.25 - 1.30																					0	0.000	1.000
1.30 - 1.35																					0	0.000	1.000
1.35 - 1.40																					0	0.000	1.000
1.40 - 1.45																					0	0.000	1.000
1.45 - 1.50																					0	0.000	1.000
1.50 - 1.55																					0	0.000	1.000
1.55 - 1.60																					0	0.000	1.000
1.60 - 1.65																					0	0.000	1.000
1.65 - 1.70																					0	0.000	1.000
1.70 - 1.75																					0	0.000	1.000
1.75 - 1.80																					0	0.000	1.000
1.80 - 1.85																					0	0.000	1.000
1.85 - 1.90																					0	0.000	1.000
1.90 - 1.95																					0	0.000	1.000
1.95 - 2.00																					0	0.000	1.000
2.00 - 2.05																					0	0.000	1.000
Sum	9015	2799	2631	2583	2294	2045	1629	1264	931	643	520	363	260	173	115	87	53	33	25	32	27495		
Marg. distr.	0.328	0.102	0.096	0.094	0.083	0.074	0.059	0.046	0.034	0.023	0.019	0.013	0.009	0.006	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001			
Cum. distr.	0.328	0.430	0.525	0.619	0.703	0.777	0.836	0.882	0.916	0.940	0.959	0.972	0.981	0.987	0.992	0.995	0.997	0.998	0.999	1.000			
Average	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2			
max Hs (m)		0.55																					
max U10		29.75																					

### 3.4 Regularitet ved alternativene

Regularitet defineres som den andel av total tid der normale havneoperasjoner kan foregå. Med normale havneoperasjoner menes ankomst og avgang, og lasting/lossing av skip. Passiv fortøyning ved kai uten annen aktivitet regnes normalt ikke som en havneoperasjon.

De problemer som skip kan utsettes for under slike operasjoner er oppsummert nedenfor.

- Ved ankomst til kai kan det være nødvendig å snu skipet før det legger til kai. Under en slik snuoperasjon vil skipet i nesten alle tilfeller være tvunget til å ligge i ro foran kai med ingen kraft på hovedmotorer. I en slik tilstand vil skipet være følsomt for avdrift.
- Ved manøver inn mot kai er det viktig at man kan føre skipet kontrollert sideveis inn mot kaia slik at man unngår harde sammenstøt. I disse tilfellene er vind fra sjøen inn mot kaia et spesielt problem. Det kan være et problem med fralandsvind i samme situasjon, men i det tilfellet vil skipet ha en mulighet til å rømme fra kai hvis det viser seg umulig å få skipet brakt inn mot kai.
- Laste- og losseoperasjoner stiller krav til relativbevegelsene mellom skip og kai. Det er oftest bølger som er opphav til slike hurtige bevegelser. Container-skip, gasstankere og passasjerskip stiller de strengeste kravene til bølge-bevegelser ved kai.
- Ved avgang kan det være et problem at skipet ikke har nok motorkraft i sideveis retning (med thrustere) til å komme langt nok ut fra kai til at skipet kan settes i bevegelse framover. Denne situasjonen er normalt ikke kritisk fordi skipet vil ligge trygt ved kai, men det kan gi logistiske problemer med å holde rutetider, okkupering av kaiplass, osv.

For større havner og terminalanlegg med et begrenset utvalg av skip-størrelser og typer er det vanlig å utføre detaljerte analyser for skipene, der både skrogform, lastekondisjon og fortøyningsarrangement er modellert.

For trafikkhavner det det vil finnes et større utvalg av fartøy typer og -størrelser er det ikke praktisk å utføre denne typen analyser. Da må man benytte generelle kriterier som tillatt bølgehøyde og tillatt vindhastighet. Normale verdier for disse to parameterne er gjerne

- Maksimal tillatt signifikant bølgehøyde  $H_{m0,max} = 0.5 - 0.7$  m
- Maksimal tillatt vindhastighet (10 min middel)  $U_{10,max} = 15 - 17$  m/s (tilsvarer stiv kuling)

Ved å telle opp antall overskridelser av disse verdiene i spredningsdiagrammene for hvert alternativ, kan vi få en oversikt over hva forventet regularitet vil være (basert på observasjoner 2005 - 2014). Resultatet av beregningene er gitt i Figur 8. Deelt sett er det bare den samlede regulariteten under hensyn til både bølger og vind som skal telles, men i dette tilfellet vet vi at regulariteten alltid vil være styrt av vinden ved bruk av vanlige kriterier.

Det er derfor av interesse å se på hva som kan oppnås av demping av bølger, og det vil komme fram når en ser på regulariteten for kun bølger.

Effekten av de ulike alternativene er illustrert i Figur 19 og Figur 20. De strengeste kriteriene er gitt i Kombinasjon 1 (Figur 19), og Figur 19 viser at med en maksimal tillatt  $H_{m0} = 0.5$  m, vil tilgjengeligheten mhp bølger være 99.2 % i dagens situasjon (Alternativ 0). Dette utgjør ca 70 timer pr år, eller ca 23 hendelser med varighet 3 timer. Man kan se på det som ca 2 hendelser pr måned, eller dersom man antar at slike stormer inntreffer om vinteren, vil det gi 4 hendelser pr måned i vinterhalvåret. Hvis man velger Alternativ 1, øker regulariteten (for bølger) til 99.5 %, og den blir 99.9 % for Alternativ 2. For Alternativene 3 og 4 er ikke bølger lenger et merkbart problem, selv med et så strengt kriterium som  $H_{m0} = 0.5$  m.

Ser vi på kombinasjon 2 (Figur 20), finner vi at bølgebegrensningen med et så liberalt kriterium som  $H_{m0} = 0.7$  m har forsvunnet, også for Alternativ 0.

Det interessante for valg av alternativ er at Alternativ 2 ser ut til å gi best reduksjon av bølger, og mer reduksjon enn Alternativ 1. Alternativ 2 er en molo på ca 600,000 m<sup>3</sup> i motsetning til 1,030,000 m<sup>3</sup> for Alternativ 1. I tillegg må en anta at grunnforholdene er betydelig bedre for Alternativ 2.

Alternativene 3 og 4 er videreutvikling av Alternativ 2, men vi ser av Figur 19 og Figur 20 at den marginale nytteverdien av å forlenge Alternativ 2 er svært liten.

Vinden utgjør fortsatt den dominerende faktor som kan hindre effektiv havnedrift ved Langstranda, men vinden ved Langstranda vil være omtrent lik vinden i dagens havn i Bodø. Det er grunn til å tro at de østlige vindene i Bodø er noe svakere enn ved Langstranda, mens vind fra SV vil være noe kraftigere. Den beste referansen for vind ved Langstranda er derfor en antakelse om at forholdene blir omtrent slik som i Bodø havn.

Hvilken effekt en eventuell molobygging har på bølgeforhold i havna *uten å ta hensyn til vinden* er vist i Tabell 9. Her ser vi at i dagens situasjon (Alt 0) er det forventet en regularitet på ca 99.2 % i det valgte punktet (Punkt B, Figur 7), tilsvarende en nedetid på 67 timer/ år. Nedetiden kan tolkes som ca 22 tilfeller/år med varighet 3 timer.

Dersom Alt 1 realiseres, vil nedetiden synke til 43 timer for max  $H_{m0} = 0.5$  m (ca 14 tilfeller/år med varighet 3 timer). Det er derfor interessant å notere at Alt 2 (som *ikke* inkluderer moloen i Alt 1) gir nedetid på bare 8 timer/år.

For bølger gir det derfor betydelig bedre effekt å bygge Alt 2, og Tabell 9 viser at tilleggseffekten av å utvide med Alt 3 og Alt 4 er svært liten.

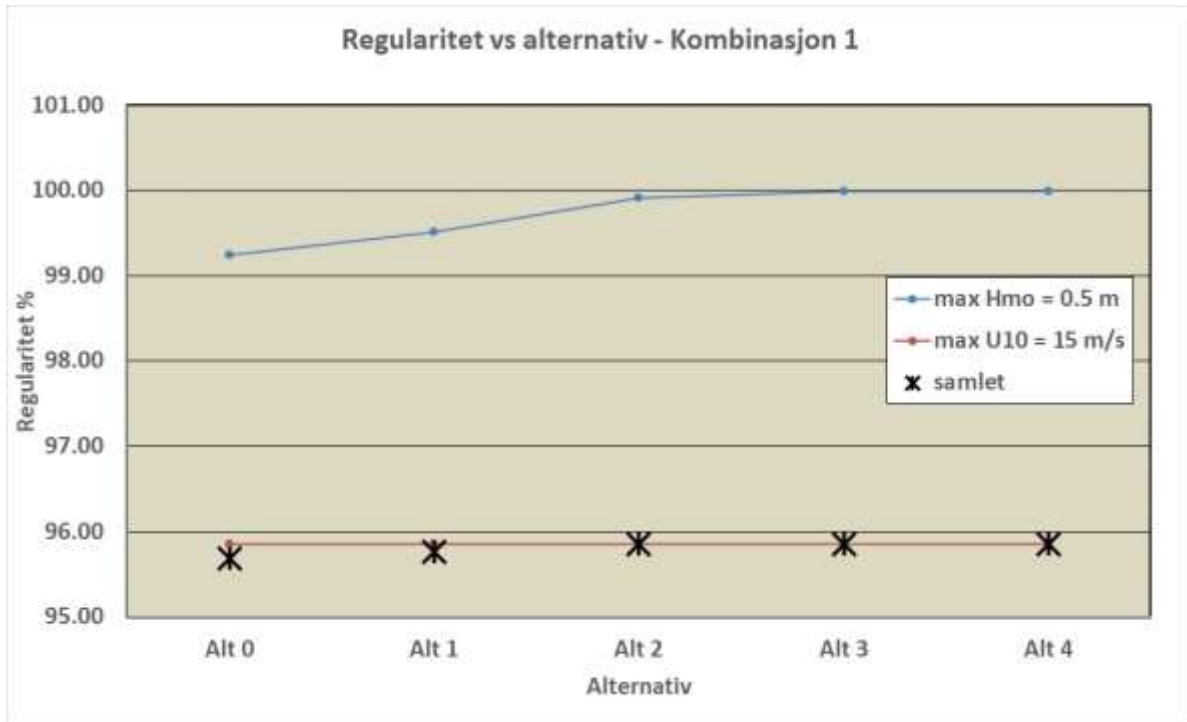
Tabell 8 Oversikt over oppnådd regularitet ( %) og nedetid (timer pr år) ved utbygging av Alternativ 1 - 4, sammenlignet med ingen utbygging (Alternativ 0)

Alternativ	Kombinasjon 1				Kombinasjon 2			
	max $H_{m0} = 0.5$ m	max $U_{10} = 15$ m/s	samlet	Nedetid timer/år	max $H_{m0} = 0.7$ m	max $U_{10} = 17$ m/s	samlet	Nedetid timer/år
Alt 0	99.24	95.85	95.68	379	99.93	98.12	98.12	165
Alt 1	99.51	95.85	95.76	372	99.96	98.12	98.12	165
Alt 2	99.91	95.85	95.85	364	100.00	98.12	98.12	165
Alt 3	100.00	95.85	95.85	364	100.00	98.12	98.12	165
Alt 4	100.00	95.85	95.85	364	100.00	98.12	98.12	165

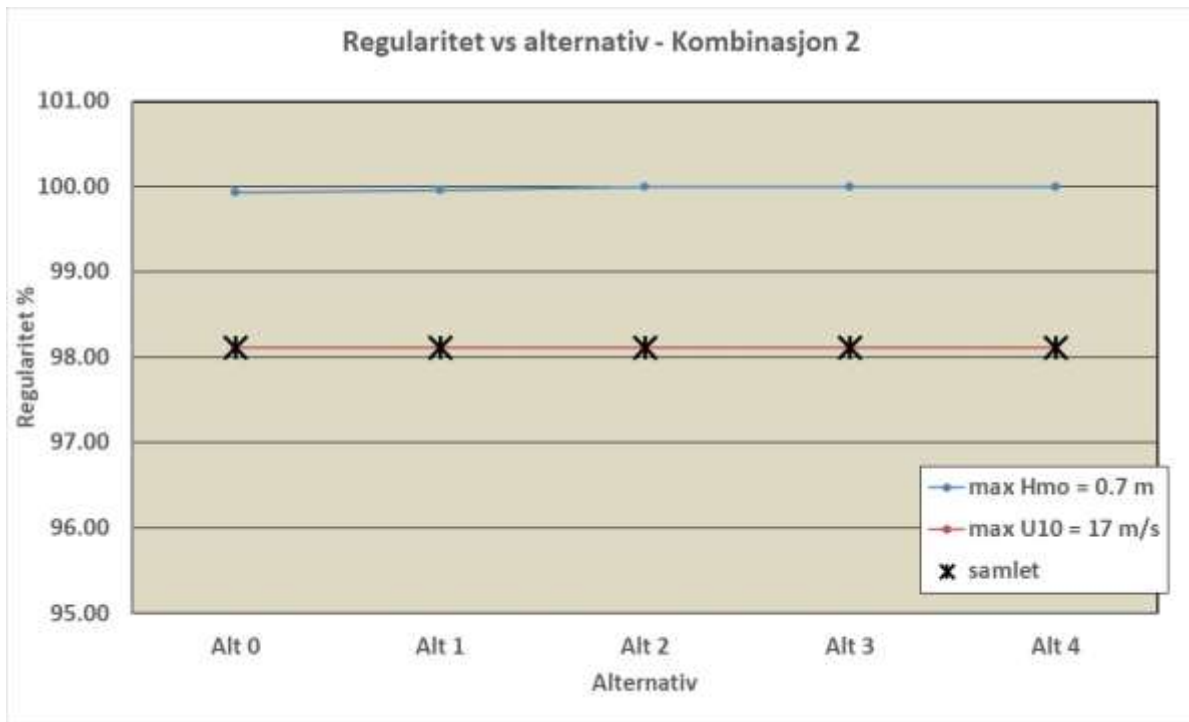
Tabell 9 Effekten av Alt 0 - 4 på kun bølgeforhold (*ingen vind*): Oversikt over oppnådd regularitet ( %) og nedetid (timer pr år) ved utbygging av Alternativ 1 - 4, sammenlignet med ingen utbygging (Alternativ 0)

Alternativ	max $H_{m0} = 0.5$ m	timer/år	max $H_{m0} = 0.7$ m	timer/år
Alt 0	99.24	67	99.93	6
Alt 1	99.51	43	99.96	3
Alt 2	99.91	8	100.00	0
Alt 3	100.00	0	100.00	0
Alt 4	100.00	0	100.00	0





Figur 19 Estimert regularitet ved Punkt B (Figur 7) ved Langstranda for bølge/vind-kombinasjon 1



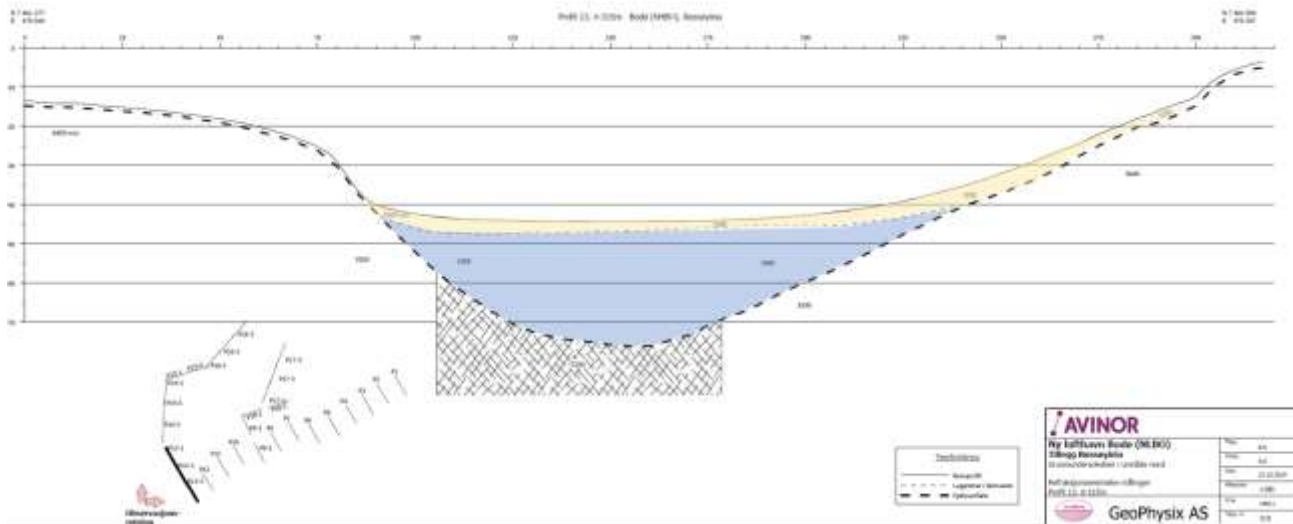
Figur 20 Estimert regularitet ved Punkt B (Figur 7) ved Langstranda for bølge/vind-kombinasjon 2

## 4 Grunnforhold og geoteknikk

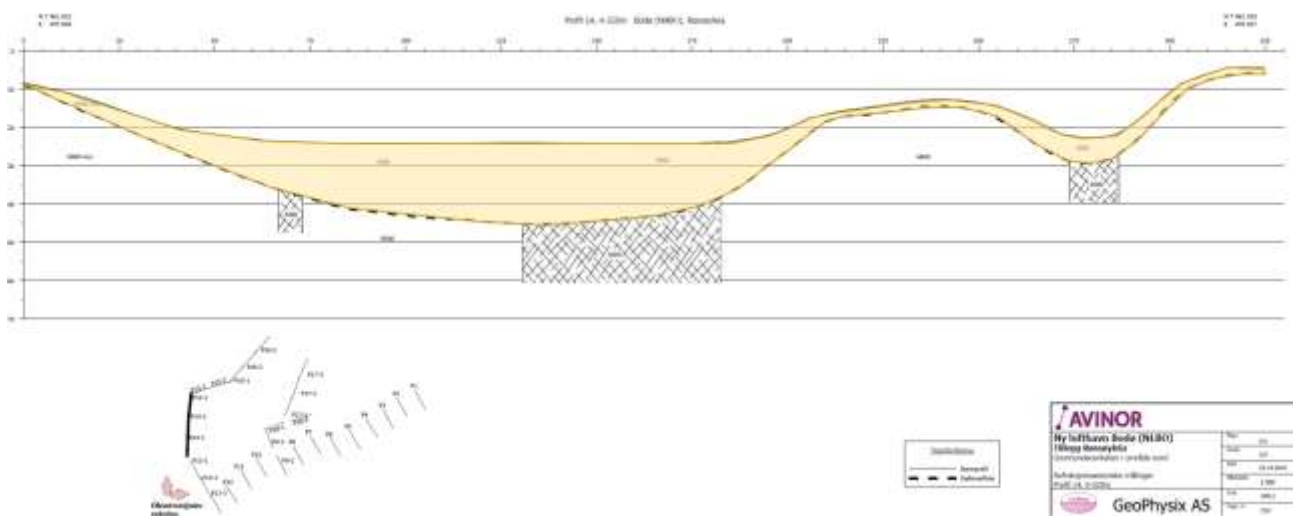
Tilgjengelig underlag for vurdering av grunnforhold er refraksjonsseismiske analyser utført av GeoPhysix i 2019 (Ny lufthavn Bodø (NLBO), Tillegg Røssøyleia – Rapport refraksjonsseismikk, GeoPhysix 2019).

I tillegg har Norconsult kjennskap til utførte grunnundersøkelser nord-øst for tiltaksområdet. Disse ble utført av Multiconsult i regi av Nordland Betong AS. Undersøkelsene viste bløt leire over fastere leire. Refraksjonsseismikken viser indikasjoner på samme lagdeling i området hvor moloene er planlagt. Se kort oppsummering under.

Målingene i det sørligste profilet indikerer en løsmassedybde mellom 0 og 30 m bestående av et bløtere lag over noe litt fastere.



Det nordligste profilet indikerer en løsmassedybde mellom 1 og 21 m med et bløtt og homogent over fjell.



Det er realistisk å tro at løsmasselagene i disse profilene er leire, og at leira har en moderat styrkekøning med dybden.

## 5 Biologisk mangfold

Det ble i 2019 utført en kartlegging av naturmangfold Ny bydel i Bodø av Miljøfaglig utredning. En gjennomgang viser at hele 59 av artene står på den nasjonale rødlista (dette inkluderer en del trekkende og streifende fugler som ikke hekker i området), hvorav syv karplanter, ni sopptyper, en sommerfugl, 41 fuglearter og ett pattedyr. Se rapport MU2019-40 Miljøfaglig utredning.

### 5.1 Natur og Miljø

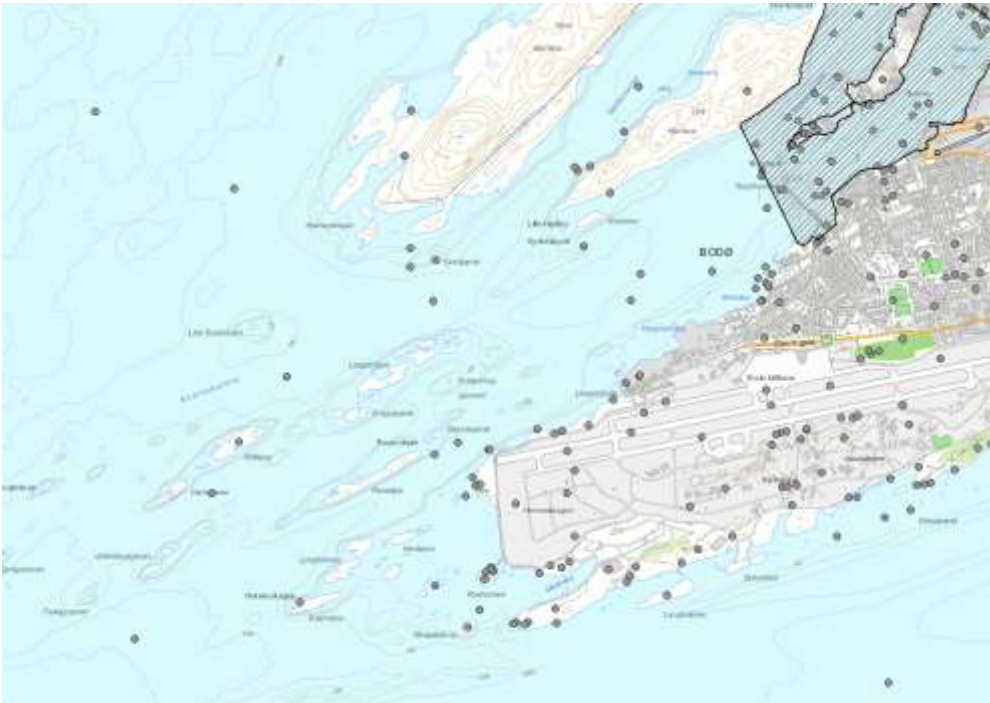
Kartlegging basert på eksisterende data i kystinfo av natur og miljø områdene rundt Langstranda er utført. Som man kan se av tabell under er det funn av skjellsand, fire arter av nasjonal forvaltningsinteresse og åpen Kalkmark.

Natur og Miljø områder	registret	Ikke registret	
Naturvernområder		X	
Forvaltningsplanområder for havområder		X	
Særlige verdifulle, sårbare områder		X	
Marine verneplaner		X	
Statlige sikrede friluftslivsområder		X	Gjelder kun Store Hjartøya
Naturtyper(NiN)		X	
Marine Naturtyper	X		Skjellsand, Figur 21
Arter av nasjonal forvaltningsinteresse	X		Toppskarv, Teist, Lundefugl, Havelle, Figur 22
Korallrev		X	1 lokalisert mellom Bliksvær naturreservat og Store Hjartøya
Vannlokaliteter		X	
Vannforekomster-økologisk tilstand		X	
Naturtyper	X		Åpen Kalkmark, Figur 23

Tabell 10: Natur og Miljø områder



Figur 21: Marine naturtyper, Skjellsand (kilde kystinfo)



Figur 22: Arter av nasjonal forvaltningsinteresse, Toppskarv, Teist, Lundefugl, Havelle

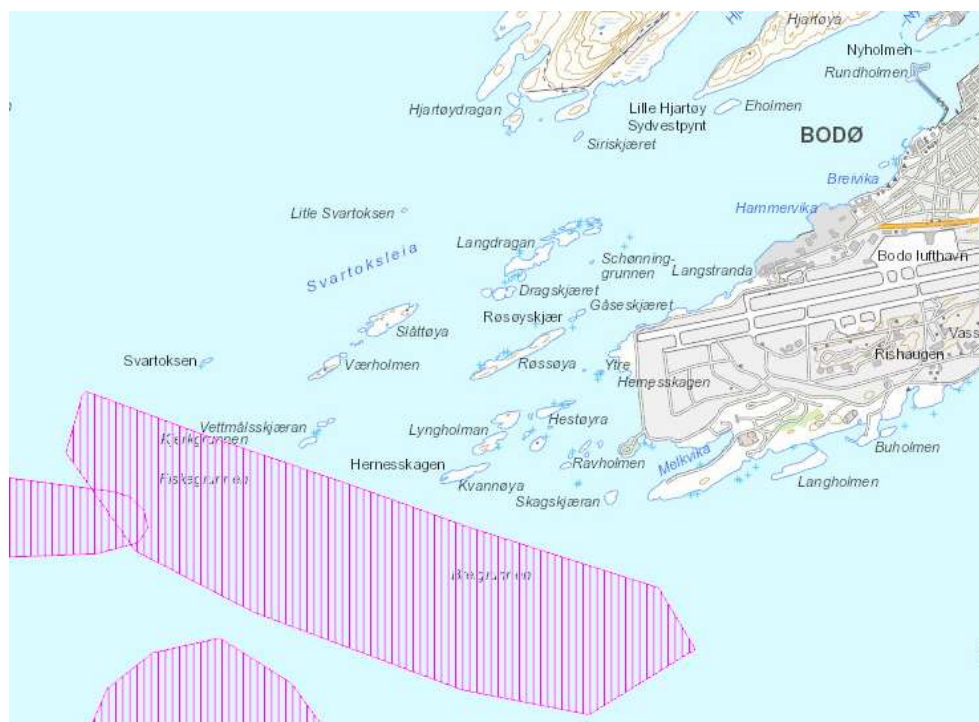


Figur 23: Naturtyper, Åpen Kalkmark

## 5.2 Fiskeri og Havbruk

Innenfor fiskeri og havbruksinteresse for området er det ingen registreringer. Sør for Hernesskagen er det registrert fiskeplasser, men dette er utenfor tiltaksområdet for dette prosjektet.

Fiskeri og havbruk	Registret	Ikke registret	
Akvakulturanlegg med innehaver		X	
Akvakultur-flater		X	
Laksekart WWS		X	
Fiskeplasser aktive redskap		X	Gjelder området sør for Hernesskagen Figur 24
Fiskeplasser passive redskap		X	Gjelder området sør for Hernesskagen Figur 25
Fiskerihavner		X	
Låssettingsplasser		X	
Gyteområder		X	
Gytefelt torsk		X	
Nasjonale Laksefjorder		X	
NYTEK plassering ytterpunkt		X	
NYTEK fortøyningslinjer		X	
NYTEK Flåte senterpunkt		X	
NYTEK Flåte fortøyningslinjer		X	
Havbruk til havs tilråding		X	
Havbruk til havs- identifiserte områder		X	



Figur 24: Fiskeplasser aktive redskap



Figur 25: Fiskeplasser passive redskap

## 6 Diskusjon

### 6.1 Vindforhold

Det er kjent at havna i Bodø er utsatt for vind. Figur 6 viser ekstremverdiene av 10 min middelvind målt ved lufthavna. Den stiplede linja viser prosentvis fordeling av observasjonene, og den viser at vinden domineres av vind fra øst (90°) med ca 33 % av alle observasjonene. De kraftigste stormene kommer likevel fra vest (240° - 300°), selv om denne retningen opptrer sjeldnere.

### 6.2 Kriterier

Skip ved kai vil påvirkes av bølger, vind og strøm. For større skip er det påkrevet på utføre beregninger av bevegelser og fortøyningskrefter for hvert enkelt skip, men for en generell vurdering av havneforhold må en benytte grenseverdier for (signifikant) bølgehøyde, vindhastighet og strømhastighet. Generelt et tillatte verdier for bølger, vind og strøm på tvers av skipet lavere enn det som tillates på langs av skipet. Store skip er tilnærmet ufølsomme for korte, lokale vindbølger, men er mer følsomme for vind. Mindre båter fra fritidsbåter og opp mot båter med lengde 50 - 75 m er mer påvirket av de korte bølgene. For båter i størrelse opp til 10 m lengde regner man at største lengde over fri sjø ikke bør overstige 300 m - 400 m. For vurdering av forholdene ved kai og i havna generelt benyttes grenseverdier for vind og bølger som foreslått av PIANC, og kriterier som er benyttet ved større terminal-anlegg.

### 6.3 Geotekniske forhold

I hovedsak er det tre geotekniske problemstillinger som vil være avgjørende for dette prosjektet:

1. Stabilitet av molo
2. Anleggsgjennomføring ifbm. oppfylling
3. Setninger

Siden de antatte løsmassene i området er bløt leire må det gjøres tiltak for å sikre stabiliteten i anleggsfasen. Aktuelle tiltak er enten mudring ned til faste masser eller gradvis oppbygning av moloen med konsolidering av leiren mellom hvert oppfyllingstrinn.

Mudring antas å være lite realistisk for de største moloene ettersom det er dypt ned til sikker (fast) grunn. Den realistiske fremgangsmåten for å etablere disse moloene er derfor å bygge de gradvis opp med pause for konsolidering av leiren mellom hvert oppfyllingstrinn. Ved å gjøre oppfyllingen trinnvis vil fyllingen forsterke leiren over tid. Hvor store oppfyllingstrinn som kan tillates og hvor lang tid man må vente mellom hvert trinn må vurderes senere i prosjektet, men det må påregnes at prosessen vil gå over flere år. Hvis det viser seg at en naturlig prosess vil ta for lang tid er det mulig å installere drenerør vertikalt gjennom leirmassene som reduserer konsolideringstiden betraktelig.

En endelig utforming av moloene vil ha betydelige motfyllinger på sjøbunnen. Høyde og utstrekning av disse vil avhenge av løsmassene og hvor lang tid man tillater anleggsprosessen å ta. Et overslag av volumet av nødvendige motfyllinger for de største moloene er oppsummert under. Overslaget baserer seg på nødvendig oppfylling for å ta opp de interne horisontalkreftene som oppstår i molo-fyllingene og er vist i vedlegg A. Det er beheftet usikkerheter med dette overslaget og er kun ment som en indikasjon på størrelsesorden. Overslaget vil trolig endres ved detaljprosjektering og det er realistisk at det vil kunne reduseres.

- Molo i sør – 5357 m<sup>3</sup> motfylling per meter molo
- Molo i nord – 1929 m<sup>3</sup> motfylling per meter molo



Gitt den bløte leiren og de store dybdene til faste masser må det påregnes betydelige setninger av moloen. Disse vil trolig bli så store at de må hensyntas i prosjektering ved å bygge moloen med en overhøyde.

For videre geoteknisk prosjektering er det nødvendig med grunnundersøkelser av området. Dette vil kunne konkretisere anleggsfasen og endelig utforming av moloene og motfyllinger.

## 7 Kostnadsestimat

Det er utført et grovt kostnadsestimat for molotraseene basert på utregnede volum og innledende geotekniske undersøkelser. I estimatet er det antatt at alle traseene må bygges med motfyllinger, hvor utregnet nødvendig motfylling for trase 2 også gjelder for trase 3, 4 og 5. I tillegg er det lagt til 20 % for molokroppen pga. setninger.

Ettersom det er knyttet høy usikkerhet til grunnforholdene langs alle traseene, følger det også høy usikkerhet til nødvendig omfang av motfyllingene. Dermed er det også høy usikkerhet til utregnede volum og kostnader, hvor utregnede volum anses som konservative.

Kostnadene er estimert ved å benytte erfaringstall på kostnad per m<sup>3</sup> masse, som er satt til 300,-/m<sup>3</sup>. Det er ikke medberegnet ekstra kostnader for byggestopp som følge av oppfyllingstrinnene. Estimerte volum og kostnader er vist i Tabell 11.

Tabell 11 Estimerte volum og kostnader for de ulike molotraseene.

Molotrase	Volum molokropp, som vist i Figur 1 (m <sup>3</sup> )	Faktor for ekstra masser pga. setninger	Motfylling (m <sup>2</sup> )	Lengde motfylling (m)	Totalt volum (m <sup>3</sup> )	Kostnad (millioner NOK)
1	1 000 000	1,2	5 357	380	3 236 000	970
2	440 000	1,2	1 929	390	1 280 000	384
3	160 000	1,2	1 929	390	944 000	283
4	130 000	1,2	1 929	240	619 000	185
5	300 000	1,2	1 929	300	939 000	281
<b>SUM</b>					<b>7 018 000</b>	<b>2 105</b>

## 8 Konklusjon

Grunnboringer like nord for området viser bløt leire over fastere leire. Det vil være utfordringer knyttet til stabilitet, anleggsgjennomføring og setninger. For videre geoteknisk prosjektering er det nødvendig med grunnundersøkelser av området.

Det ble i 2019 utført en kartlegging av naturmangfold Ny bydel i Bodø av Miljøfaglig utredning. En gjennomgang viser at hele 59 av artene står på den nasjonale rødlista.

Kartlegging basert på eksisterende data i kystinfo av natur og miljø områdene rundt Langstranda viser at det er områder med skjellsand, arter av nasjonal forvaltningsinteresse, korallrev og naturtyper som Åpen Kalkmark.

Ettersom det er knyttet høy usikkerhet til grunnforholdene langs molo trassene, følger det også høy usikkerhet til kostnadene ved etablerings av de forskjellige molotrassene. Molotrase 1 vil innebære store økonomiske utfordringer da grunnforholdene kan være vanskelige og det kan være behov for masseutskifting.

Konklusjoner fra denne rapporten er som følger.

1. Området er utsatt for bølger som har sitt opphav i Saltfjorden, og i mindre grad fra Vestfjorden.
2. Området er utsatt for vind som utgjør et større hinder for havneoperasjoner enn bølger. Vindforholdene kan antas å være tilsvarende eller preget av noe sterkere vind enn i Bodø havn. Det finnes ingen realistiske muligheter for å redusere eksponeringen for vind.
3. Området rundt Langstranda krever bedre skjerming mot bølger dersom det skal etableres en havn for generell kyst-godstrafikk med vanlige krav til regularitet.
4. Det er utredet 4 alternativer for moloer + eksisterende (ingen molo). Moloene krever totalt 2 millioner m<sup>3</sup> for å bygge molokroppen., hvorav ca 1 million m<sup>3</sup> er nødvendig for Alt 1 fra fastlandet til Røssøya (se Figur 1). Man må i tillegg regne med at noen av alternativene kan få et tillegg i masseforbruk på inntil 50 % for nødvendige motfyllinger og som følge av masseutskifting i grunnen.
5. Utbyggings-alternativene vurderes som følger:
  - Alternativ 1 (Figur 1 og Figur 11): Nytteverdien av dette alternativet for havneområdet ved Langstranda er liten, og tiltaket er urimelig stort. I tillegg kommer at grunnforholdene er usikre og vanskelige, slik at det må påregnes store kostnader til sikring av grunnen (motfyllinger og masseutskifting). Samlet sett vurderes dette alternativet som urealistisk både teknisk og økonomisk.
  - Alternativ 2 (Figur 1 og Figur 13): Dette alternativet gir den **beste effekten på bølger for området ved Langstranda**. Utfyllingsdybdene er moderate (maksimalt 20 m), og risiko for vanskelige grunnforhold er mindre (men ikke eliminert).
  - Alternativene 3 (Figur 1 og Figur 15) og 4 (Figur 1 og Figur 17): Disse alternativene er utvidelser av Alternativ 2, men tilleggseffekten for bølger for begge alternativene er så liten at det ikke er lønnsomt å realisere dem.
6. Det er ikke funnet viktige fiskeri-interesser i området som kan hindre en utbygging (men noen avbøtende tiltak kan være aktuelle).
7. Det er ikke funnet viktige biologiske interesser på land som kan hindre en utbygging (men noen avbøtende tiltak kan være aktuelle).
8. Områdene som blir sperret av Alternativene 2, 3 og 4 er ikke definert som farled eller tilhørende areal; ingen farledstiltak er nødvendige.
9. Det er ikke funnet sjøkabler eller ledninger i områdene som blir dekket av Alternativene 2, 3 og 4

## Vedlegg A: Overslagsberegning motfylling for molo

### Molo i sør

Høyde av molo:	$H := 50 \text{ m}$
Vekt av fylling under vann:	$\gamma' := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Vertikaltrykk i bunn av molo:	$\sigma_V' := H \cdot \gamma' = 500 \text{ kPa}$
Hviletrykkskoeffisient	$K_0 := 0.4$
Horisontaltrykk i bunn av molo	$\sigma_H := \sigma_V' \cdot K_0 = 200 \text{ kPa}$
Resultant horisontalt	$R_H := \sigma_H \cdot \frac{H}{2} = 5 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$
Nødvendig lengde motfylling for ulike skjærstyrker mellom fylling og leire	
$\tau := 10 \text{ kPa}$	$L := \frac{R_H}{\tau} = 500 \text{ m}$
$\tau := 20 \text{ kPa}$	$L := \frac{R_H}{\tau} = 250 \text{ m}$
$\tau := 30 \text{ kPa}$	$L := \frac{R_H}{\tau} = 166.667 \text{ m}$

### Molo i nord

Høyde av molo:	$H := 30 \text{ m}$
Vekt av fylling under vann:	$\gamma' := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Vertikaltrykk i bunn av molo:	$\sigma_V' := H \cdot \gamma' = 300 \text{ kPa}$
Hviletrykkkoeffisient	$K_0 := 0.4$
Horisontaltrykk i bunn av molo	$\sigma_H := \sigma_V' \cdot K_0 = 120 \text{ kPa}$
Resultant horisontalt	$R_H := \sigma_H \cdot \frac{H}{2} = 1.8 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$
Nødvendig lengde motfylling for ulike skjærstyrker mellom fylling og leire	
$\tau := 10 \text{ kPa}$	$L := \frac{R_H}{\tau} = 180 \text{ m}$
$\tau := 20 \text{ kPa}$	$L := \frac{R_H}{\tau} = 90 \text{ m}$
$\tau := 30 \text{ kPa}$	$L := \frac{R_H}{\tau} = 60 \text{ m}$

**Estimat av nødvendig høyde av oppfylling for å oppnå ulike skjærstyrker**

Sikkerhetsfaktor:	$\gamma_M := 1.5$
Styrkekoefisient:	$\alpha := 0.28$
$\tau := 10 \text{ kPa}$	Nødvendig høyde: $H_F := \frac{\tau \cdot \gamma_M}{\gamma' \cdot \alpha} = 5.4 \text{ m}$
$\tau := 20 \text{ kPa}$	Nødvendig høyde: $H_F := \frac{\tau \cdot \gamma_M}{\gamma' \cdot \alpha} = 10.7 \text{ m}$
$\tau := 30 \text{ kPa}$	Nødvendig høyde: $H_F := \frac{\tau \cdot \gamma_M}{\gamma' \cdot \alpha} = 16.1 \text{ m}$

**Nødvendig volum for de ulike moloene kan estimeres slik:**

Molo i sør:	$V := 2 \cdot L_s \cdot H_F = 5357 \text{ m}^2$ per meter molo
Molo i Nord:	$V := 2 \cdot L_n \cdot H_F = 1929 \text{ m}^2$ per meter molo

Referanse: MU2019-40 Miljøfaglig utredning.