

VIND- OG BØLGEFORHOLD I ÅLESUND

SEKSJON FOR TEKNISK RAPPORT

INNHOOLD

1	Maritime forhold	1
1.1	Generell beskrivelse	1
1.2	Erfaringer med vind og bølger i Ålesund	2
2	Vurdering av vindforhold	3
2.1	Beregning av nedetid på grunn av vindforhold	7
3	Vurdering av bølgeforhold	15
3.1	Beregning av nedetid på grunn av bølgeforhold	21
4	Referanser	22

1 Maritime forhold

1.1 Generell beskrivelse

Vindforholdene ved Ålesund er i stor grad påvirket av byens geografiske beliggenhet på vestkysten av Norge, hvor både lokale og regionale faktorer spiller en betydelig rolle. Nærheten til Nord-Atlanteren skaper et klima preget av hyppig og sterk vind, spesielt i vintermånedene. De dominerende vindretningene kommer ofte fra vest og sørvest, hvor stormsystemer kan gi sterke vindkast og høye bølger mot kysten.

Den komplekse topografien rundt Ålesund, som inkluderer øyer, fjorder og fjellandskap, skaper også lokale variasjoner i vindmønstre. Fjellene fungerer som barrierer som endrer vindretningen og skaper turbulens, noe som forårsaker ustabile og skiftende vindforhold over korte avstander og fjordene kanaliserer vinden og forsterker

PROSJEKT NR.

A273138

DOKUMENT NR.

VERSJON

3.0

UTGIVELSESDATO

18-02-2025

BESKRIVELSE

Vind og bølger

FORBEREDT

HGLN

KONTROLLERT

JJU

GODKJENT

JJU

hastigheten. Det er derfor stor variasjon i både retningsfordeling (vindroser) og vindstyrke innenfor et relativt begrenset geografisk område.

Bølgeforholdene er ikke mindre komplekse fordi de består av både dønninger fra Nord-Atlanteren og lokalt genererte vindbølger. Dønninger dannes under stormer i Nord-Atlanteren, som kan reise tusenvis av kilometer før de treffer kysten flere dager senere. Dønninger forekommer derfor ikke nødvendigvis i kombinasjon med stormer eller sterk vind i innlandet. Dønninger kan variere mye i bølgehøyde avhengig av lokasjon, men felles for dem er at de har lange bølgelengder og bølgeperioder i størrelsesorden 8-25 sekunder, noe som gjør dem i stand til å sette selv store cruiseskip i bevegelse og skape utfordringer i forbindelse med både navigasjon, dokking og når skipene ligger fortøyd.

I tillegg til dønninger er Ålesund også påvirket av lokalt genererte vindbølger. Disse bølgene oppstår som et resultat av regionale vinder som blåser over det nærliggende havområdet, og skaper dermed skarpe, kortere bølger med høyere frekvens. Kombinasjonen av dønninger fra åpent hav og lokalt genererte vindbølger gir varierende og ofte komplekse bølgeforhold, der dønninger kan komme fra én retning samtidig som vindbølger kommer fra en annen retning.

Samtidig påvirkes bølgeforholdene av den omkringliggende topografien, der øyer og skjær fungerer som naturlige moloer som kan diffraktere, absorbere eller reflektere innkommende bølger og skape lommer og områder med lavere bølgeenergi, men også områder hvor energien er fokusert.

Vurderingen av nedetid for en cruiseterminal på nordsiden og sørsiden av Ålesund er basert på det foreliggende datagrunnlag bestående av modellerte vind og bølger utført av NORCE kombinert med nedenstående erfaringer fra Ålesund.

1.2 Erfaringer med vind og bølger i Ålesund

Vindforholdene i Ålesund gir utfordringer for navigasjon, dokking og når skipene ligger fortøyd. De store cruiseskip vil være mer utsatt enn Kystruten pga. de store arealene som vinden påvirker. På samme vis kan turbulens og vindkast også skape større usikkerhet ved dokking.

Store bølger kan forekomme på nordsiden av Ålesund ifm. storm men disse er ikke relevante for vurdering av nedetid som avhenger av de normalt forekommende vind genererte bølger og dønninger (swell).

Nordsiden av Ålesund er vesentlig mer utsatt for vindkast og også for dønninger og bølger enn sørsiden. Dette vil skape større usikkerhet ved entring til kai.

Dønninger (langperiodiske bølger) kan skape urolig fortøyningssituasjon for Kystrutens skipe, spesielt når dønningene kommer inn fra vest/nordvest og svinger inn i Valderhaugfjorden.

Kystruten har erfaring med at bruke kaia nord for Ålesund, men må i tøft vær legge til kai på sørsiden av Ålesund. Ifølge opplysninger fra Kystruten er nedetiden ca. 5 %.

Et av Kystrutens skipe er Havila Polaris Kystruten som har følgende størrelse:

- › Lengde: 123 m
- › Bredde: 22 m
- › Dypgang: 5.2 m
- › GT: 15,519 t

Observasjoner fra havnen viser at det er dønninger som gir problemer med rulling og svai av fortøyde skipe fra Kystruten, f.eks. bevegelser av landgang og trosser ryker.

De største cruiseskip, der ankommer til Ålesund, er f.eks. MS Iona og AIDA nova. Begge disse skipene er nesten 350 m lange, 42 m brede og 70 m høye og dermed vesentlig større end de skipe anvendt av Kystruten.

MS Iona har følgende dimensjoner:

- › Lengde: 344.5 m
- › Bredde: 42 m
- › Dypgang: 11.8 m
- › GT: 184,089 t
- › Displacement: 87,306 t

Rulling og svai av cruiseskip avhenger av deres størrelse. Perioden for rulling vil typisk være 10 til 20 s og for svai 10 til 15 s. Et bredere skip vil generelt være mere stabil overfor rulling, dvs. at de største cruiseskipa vil være mer stabile overfor rulling enn Kystrutens mindre skipe.

2 Vurdering av vindforhold

Som grunnlag for å vurdere vindforholdene brukes tidsserier med modellerte vinddata fra MetCoOp fra perioden år 01.01.2019 – 01.12.2024 (5år og 11 måneder). Ensemble Prediction System (MEPS) på tre punkter nord for Ålesund og et punkt som ligger midt i Aspevågen, sør for Ålesund (se Figur 2-1).

MEPS-modellen har en oppløsning på 1,0 km og klarer derfor ikke å løse topografien i terrenget i detalj, inkludert «Sukkertoppen» på Hessa i vest og Aksla. Modelene gir imidlertid et uttrykk for de forventede gjennomsnittlige vindforholdene nord og sør for Ålesund, vel vitende om at forholdene kan variere i retningsfordeling og vindstyrke lokalt. En mere detaljert analyse kan foretages i senere faser for at undersøke vindforholdene mere eksakt under hensyn til de topografiske forhold.

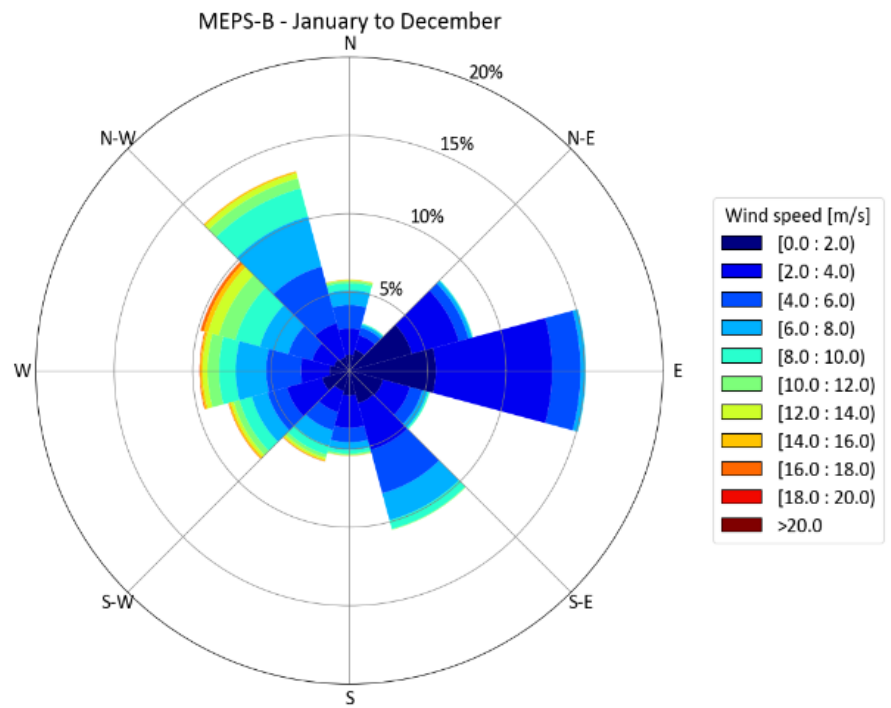


Figur 2-1 Plassering av fire MEPS vindpunkter, som brukes som grunnlag for å beskrive vindforholdene.

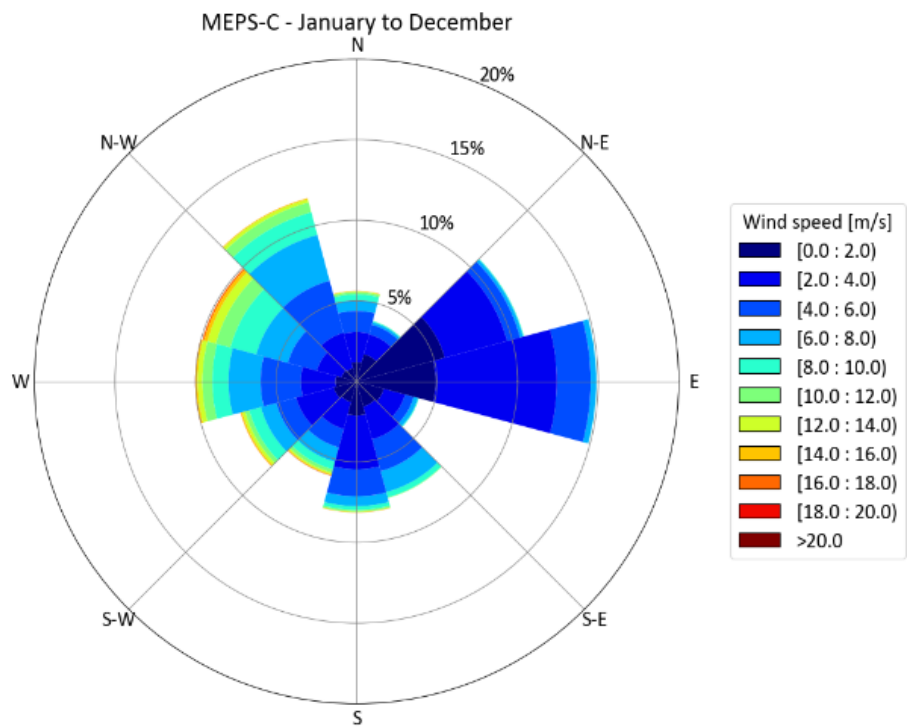
Retningsfordelingen av vindene vises med vindroser på Figur 2-2 til Figur 2-5 og bekrefter at vindforholdene domineres av sterk vind fra vestlige retninger.

Datasettene viser, at vind fra øst er relativt hyppig, men at vinden sjelden overstiger 10 m/s fra den retningen.

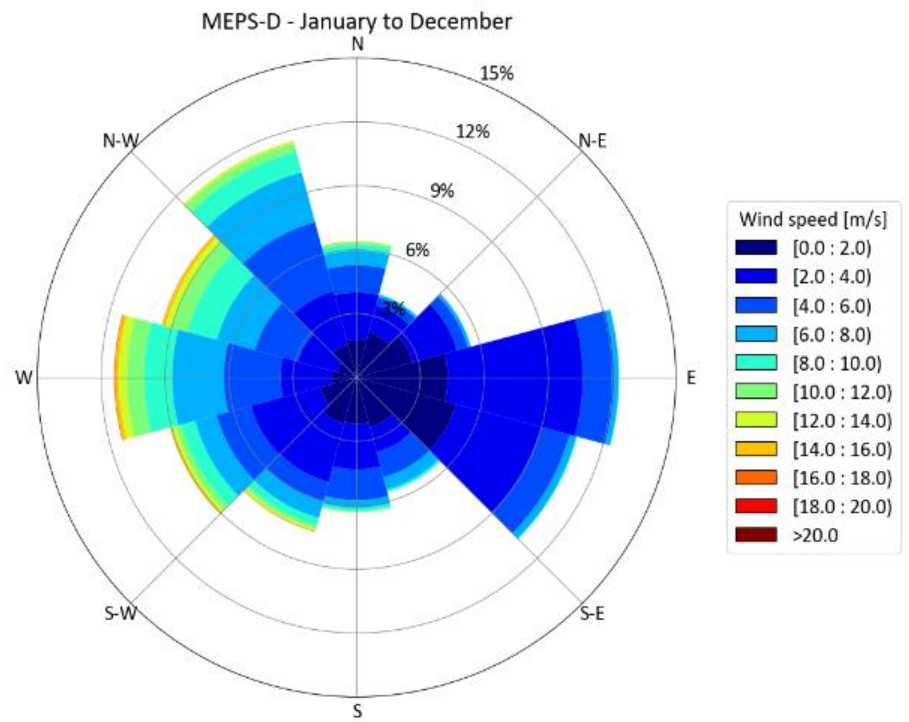
For punktetene nord for Ålesund, er den hyppigste vindretningen fra 330°, tilsvarende nord-nordvest. Den sterkeste vinden nord for Ålesund kommer fra vest-nordvestlig retning (270° til 315°), mens den sterkeste vinden i Aspevågen kommer fra Vest (270°).



Figur 2-2 Vindrose for vindforhold i Punktet MEPS-B vest for Sildegarnsholmen, nord for Ålesund (år 2019-2025) [ref. /1/].

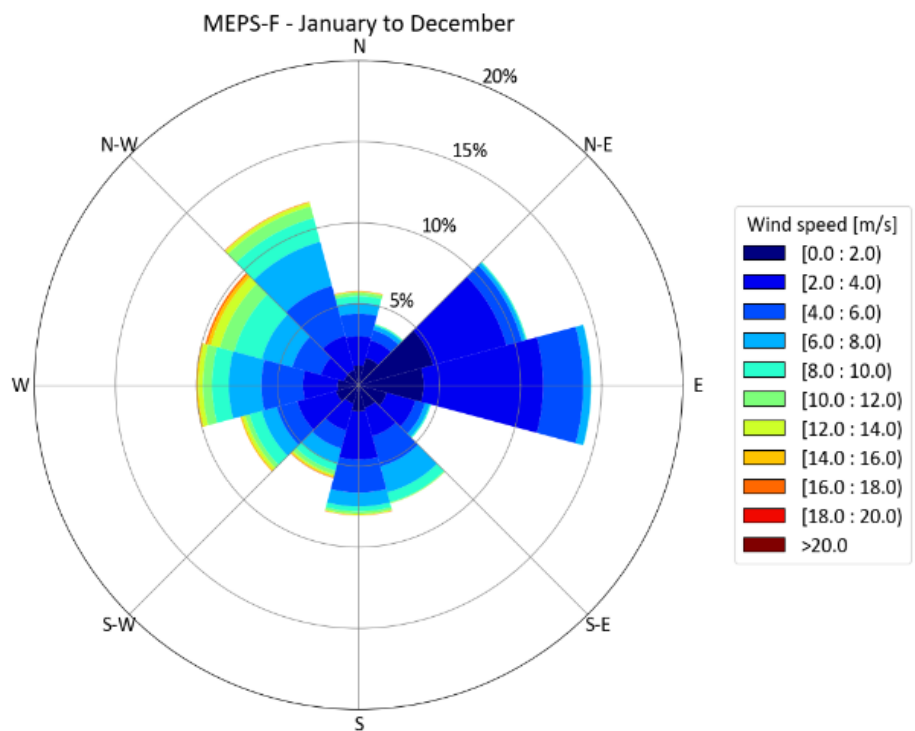


Figur 2-3 Vindrose for vindforhold i Punktet MEPS-C ved Skansekaia, nord for Ålesund (år 2019-2025) [ref. /1/].



Figur 2-4

Vindrose for vindforhold i Punktet MEPS-D i Aspevågen, sør for Ålesund (år 2019-2025) [ref. /1/].



Figur 2-5

Vindrose for vindforhold i Punktet MEPS-F i Verpingsvika, nord for Ålesund (år 2019-2025) [ref. /1/].

2.1 Beregning av nedetid på grunn av vindforhold

Cruiseskip har svært store sideflater og er derfor relativt vindfølsomme. I henhold til dimensjonerende forutsetninger for cruisekai av Asplan Viak [ref /2/] er anslått at vindhastigheter på over 12-15 m/s (20 knop) kan forårsake nedetid.

Nedetid kan enten relateres til om anløp kan gjennomføres trygt og sikkert, eller om skipets bevegelser ved kai er for store til at landingsrampene og landstrøm kan brukes trygt.

Men i praksis er det skipskapteinene som avgjør om det kan foretas et havneanløp eller ikke, og den vurderingen henger sammen med skipenes egenskaper og vær situasjonen.

En detaljert analyse av de begrensende vindforholdene under anløp og operasjoner ved kai krever detaljerte seilingssimuleringer og fortøyningsstudier av skipenes bevegelser. Videre behøves vinddata i fin oppløsning (20-100m) fra f.eks. MESO-skala modellering, for å beskrive effekten av topografien.

Det er foreløpig ikke utført slike studier, og derfor brukes vinddata fra MEPS, samt et kriterium på 12 m/s, 14 m/s og 15 m/s for å vurdere hvor hyppig nedetid oppstår. Vurderingen er basert på nesten 6 års vinddata fra MEPS som vist i Tabell 2-2 til Tabell 2-5. Resultatene for nedetid er vist i diagrammene i Figur 2-6 for punktene nord for Ålesund og Figur 2-7 for punktet i Aspevågen.

Nedetid for et kriterium på 12 m/s for de 4 punktene er oppsummert i Tabell 2-1.

Tabell 2-1 Nedetid på årsbasis for et kriterium på 12 m/s.

Kriterium	Nord for Ålesund			Sør for Ålesund
	Punkt B Sildegarnsholmen	Punkt C Skansekaia	Punkt F Verpingsvika	Punkt D Aspevågen
12 m/s	2,97%	2,33%	2,51%	1,78%
14 m/s	1,22%	0,88%	0,96%	0,70%
15 m/s	0,77%	0,55%	0,66%	0,40%

Tabellene viser at nord for Ålesund forekommer vindhastigheter over 12 m/s hyppigst ved Sildegarnsholmen (3,0%) etterfulgt av Verpingsvika (2,5%) og Skansekaia (2,3%). Dette svarer til en nedetid på i gjennomsnitt mellom 17 - 22 timer/måned. Det skal noteres at det er en betydelig årlig variasjon, e.g. er nedetiden i januar mellom 7,0% - 10,2% av tiden (52-75 timer/måned) og fra mai til september 1,5 % - 2,6% av tiden (11 til 19 timer/måned).

Det vil være av stor betydning om kriteriet for nedetid kan økes til 14 m/s, da det vil redusere nedetiden til et gjennomsnitt på 0,9% - 1,2% (6 - 9 timer/måned).

Til sammenligning viser tabellene at forholdene i Aspevågen sør for Ålesund er lidt mildere enn nord for Ålesund. Her forekommer vindhastigheter over 12 m/s gjennomsnittlig 1,8% af tiden svarende til 13 timer/måned, mens vindhastigheter over 14 m/s forekommer 0,7% af tiden (5 timer/måned). Nedetiden vil også sør for Ålesund være størst i januar og meget begrenset i månedene mai til september.

Sammenligningen viser at der er mindre nedetid på grund af vind på sørsiden sammenlignet med nordsiden, hvilket er forventet da sydsiden er mer beskyttet for vind fra vest. Den totale nedetiden må sammenlignes med antall anløp, som er høyere om sommeren enn om vinteren. Det betyr at sterk vind i vintermånedene ikke vil gi opphav til like mange kanselleringer som sterk vind i sommermånedene, og at det totale antallet kanselleringer vil være mindre enn 2 % per år (for $U_{10} < 12$ m/s).

Det skal også bemerkes at cruiseskipene trenger et værvindu på 4-7 timer med gode vindforhold (< 12 m/s) før at de legger til kai. Derfor skal beregning av nedetid på et senere tidspunkt gis en mer detaljert statistikk over værvinduer.

Tabell 2-2 Frekvens av overskridelser i prosent (%) for vindhastighet (U_{10}) ved MEPS-B vest for Sildegarnsholmen, nord for Ålesund, fordelt på måneder (data fra perioden 2019-2024) [ref. /1/].

Overskridelse [%]	Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Desember	Alle data
Vindhastighed													
> 2	86.99	84.55	80.48	70.94	72.22	69.65	73.3	71.41	72.2	78.78	77.28	80.97	76.49
> 4	61.78	57.4	51.08	43.95	39.45	39.24	40.93	37.29	45.93	46.87	44.54	45.32	46.1
> 6	43.8	39.37	33.11	25.85	19.35	19.24	18.27	17.33	27.8	26.8	27.45	27.74	27.09
> 8	29.56	22.74	16.96	12.61	8.02	7.22	5.33	5.19	14.25	13.4	16.4	15.08	13.82
> 10	17.92	12.21	7.34	5.34	2.49	0.9	1.08	1.35	5.07	7.01	8.83	7.66	6.38
> 12	10.22	6.11	3.63	2.21	0.61	0.21	0.13	0.07	1.53	2.79	5.07	3.31	2.97
> 14	4.22	3.16	1.08	0.93	0.07	0	0	0	0.56	0.68	2.71	1.37	1.22
> 16	2.11	0.96	0.2	0	0	0	0	0	0	0	1.25	0.24	0.4
> 18	0.61	0.29	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0.21	0.08	0.1
> 20	0.07	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14	0	0.03
> 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean [m/s]	6.2	5.5	4.9	4.3	3.9	3.7	3.8	3.7	4.4	4.5	4.7	4.6	4.5
P99 [m/s]	17.2	15.7	14.1	13.7	11.4	10	10	10.2	12.8	13.6	16.1	14.8	14.4
Maximum [m/s]	20.2	21.1	18.1	15.8	14.1	13.8	12.8	12.9	15.4	15.8	21.7	18.8	21.7
P50 [m/s]	5.4	4.9	4.2	3.4	3.2	3.2	3.4	3.2	3.7	3.7	3.5	3.6	3.7
P75 [m/s]	8.6	7.6	6.8	6.1	5.3	5.3	5.3	5.3	6.3	6.2	6.3	6.3	6.2
P90 [m/s]	12.1	10.5	9.3	8.7	7.6	7.3	7.1	7	8.8	8.8	9.4	9.2	8.8
P95 [m/s]	13.6	12.8	11	10.1	9	8.4	8.1	8	10.1	10.9	12	10.8	10.6
P99 [m/s]	17.2	15.7	14.1	13.7	11.4	10	10	10.2	12.8	13.6	16.1	14.8	14.4

Tabell 2-3 Frekvens av overskridelser i prosent (%) for vindhastighet (U_{10}) ved MEPS-C ved Skansekaia, nord for Ålesund, fordelt på måneder (data fra perioden 2019-2024) [ref. /1/].

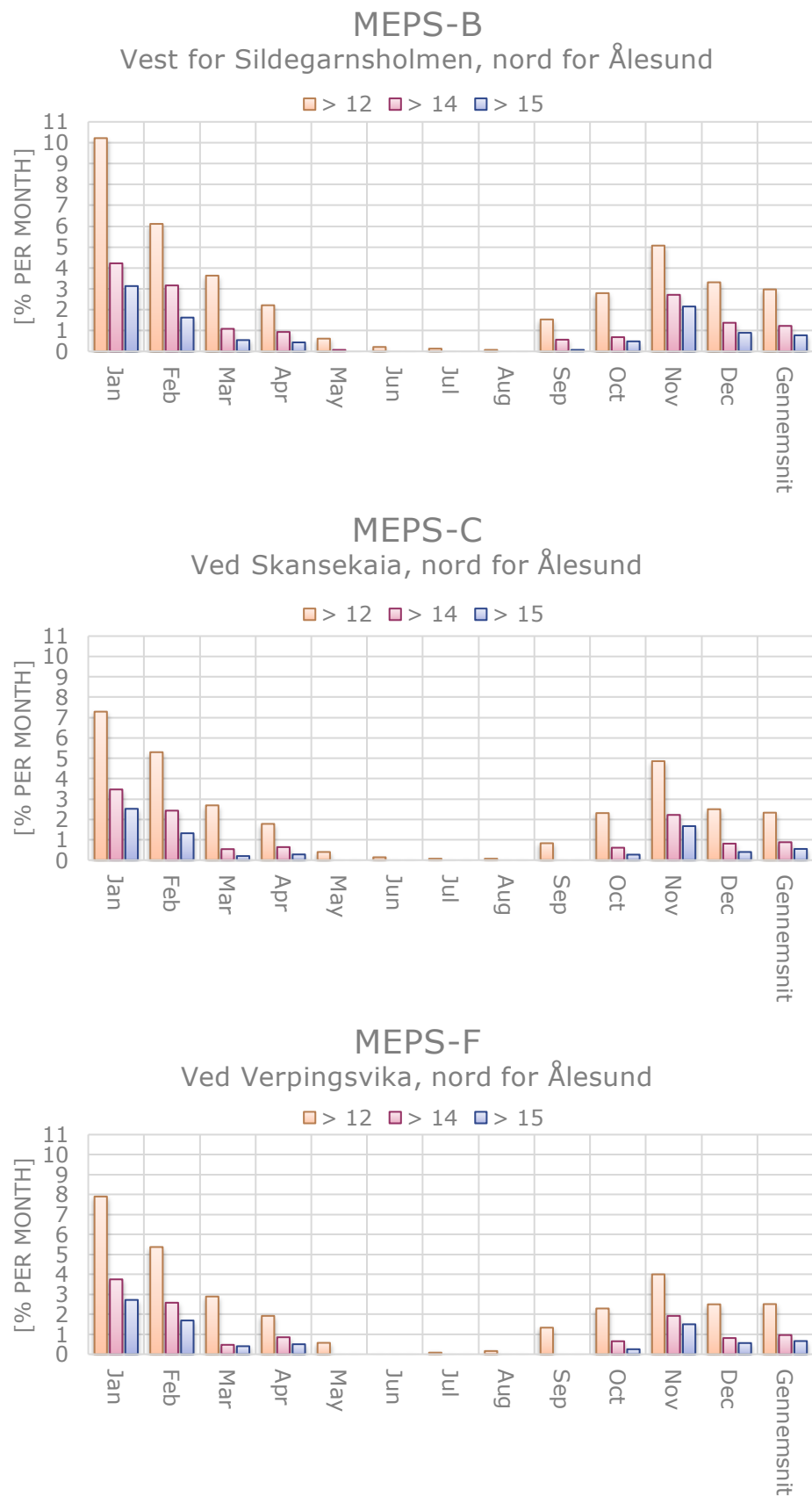
Overskridelse [%]	Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Desember	Alle data
Vindhastighed													
> 2	85.69	82.05	79.07	72.29	73.84	71.18	72.83	71	73.25	76.6	76.03	79.27	76.03
> 4	57.77	54.53	48.59	41.67	37.22	36.46	37.36	34.86	43.64	43.13	42.95	43.63	43.42
> 6	40.67	35.39	29.27	23.15	17.06	16.04	15.24	14.03	24.04	23.67	24.88	24.35	23.9
> 8	26.77	19.5	13.59	11.04	7.22	5.42	3.98	3.3	11.47	12.04	13.97	12.74	11.68
> 10	15.53	9.86	5.72	4.42	1.82	0.69	1.01	0.67	3.47	6.33	7.71	6.21	5.25
> 12	7.29	5.3	2.69	1.78	0.4	0.14	0.07	0.07	0.83	2.31	4.86	2.5	2.33
> 14	3.47	2.43	0.54	0.64	0	0	0	0	0	0.61	2.22	0.81	0.88
> 16	1.77	0.81	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0.63	0.16	0.28
> 18	0.41	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14	0.08	0.06
> 20	0	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14	0	0.02
> 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0	0.01
> 24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean [m/s]	5.8	5.2	4.6	4.1	3.8	3.6	3.7	3.5	4.1	4.3	4.5	4.4	4.3
P99 [m/s]	16.8	15.5	13.3	13.3	10.6	9.8	10	9.7	11.6	13.5	15.6	13.8	13.7
Maximum [m/s]	19.4	20.9	16.5	15.8	14	13.3	12.4	12.8	13.8	15.8	22.3	18.3	22.3
P50 [m/s]	4.9	4.5	3.8	3.3	3.2	3.1	3.4	3.1	3.4	3.6	3.3	3.5	3.5
P75 [m/s]	8.2	7.2	6.5	5.7	5	5	4.9	4.8	5.8	5.8	6	5.9	5.9
P90 [m/s]	11.2	9.9	8.7	8.2	7.2	7	6.7	6.6	8.3	8.6	9	8.9	8.4
P95 [m/s]	12.8	12.1	10.3	9.7	8.6	8.1	7.8	7.6	9.4	10.4	11.6	10.4	10.1
P99 [m/s]	16.8	15.5	13.3	13.3	10.6	9.8	10	9.7	11.6	13.5	15.6	13.8	13.7

Tabell 2-4 Frekvens av overskridelser i prosent (%) for vindhastighet (U_{10}) ved MEPS-D i Aspevågen, sør for Ålesund, fordelt på måneder (data fra perioden 2019-2024) [ref. /1/].

Overskridelse [%]	Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Desember	Alle data
Vindhastighed													
> 2	82.7	79.69	76.38	68.59	71.61	67.5	69.64	66.42	70.19	73.47	72.41	75.16	72.76
> 4	55.11	52.02	44.75	37.32	32.1	30.9	31.98	29	39.05	38.5	39.75	40.08	39.13
> 6	38.01	31.71	24.7	20.3	14.77	12.15	12.21	10.52	20.92	19.39	21.96	21.13	20.57
> 8	23.16	16.63	11.37	8.97	5.6	3.26	3.17	2.63	9.1	10.2	12.37	11.05	9.73
> 10	13.42	8.31	4.51	3.42	1.28	0.49	0.61	0.4	2.29	4.63	6.88	4.92	4.23
> 12	5.18	3.83	1.82	1.5	0.2	0.07	0	0.07	0.63	2.11	4.17	2.02	1.78
> 14	3.07	1.77	0.27	0.57	0	0	0	0	0	0.41	1.88	0.56	0.7
> 16	1.16	0.52	0	0	0	0	0	0	0	0	0.42	0.16	0.19
> 18	0	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14	0	0.02
> 20	0	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0	0.01
> 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0	0.01
> 24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean [m/s]	5.1	4.9	4.5	3.9	3.6	3.6	3.4	3.3	4.1	4.2	4.4	4.9	4.2
P99 [m/s]	16.1	14.8	13.9	11.9	10.1	9.6	9	9.3	13	13.2	14.6	15.1	13.6
Maximum [m/s]	30.6	23.7	19.9	19.7	20.2	16.9	13	17.2	18.8	20.7	20.2	27.6	30.6
P50 [m/s]	3.6	3.7	3.2	2.7	2.8	2.8	2.6	2.4	2.9	2.9	3	3.6	2.9
P75 [m/s]	7.2	6.7	6.3	5.1	4.7	4.7	4.3	4.2	5.4	5.6	6.1	6.8	5.4
P90 [m/s]	10.5	9.8	9.2	7.6	6.5	6.4	6	5.9	8.2	8.6	9.1	9.9	8.2
P95 [m/s]	12.4	11.6	11	9	7.7	7.4	7.1	7	9.8	10.3	11	11.8	10.1
P99 [m/s]	16.1	14.8	13.9	11.9	10.1	9.6	9	9.3	13	13.2	14.6	15.1	13.6

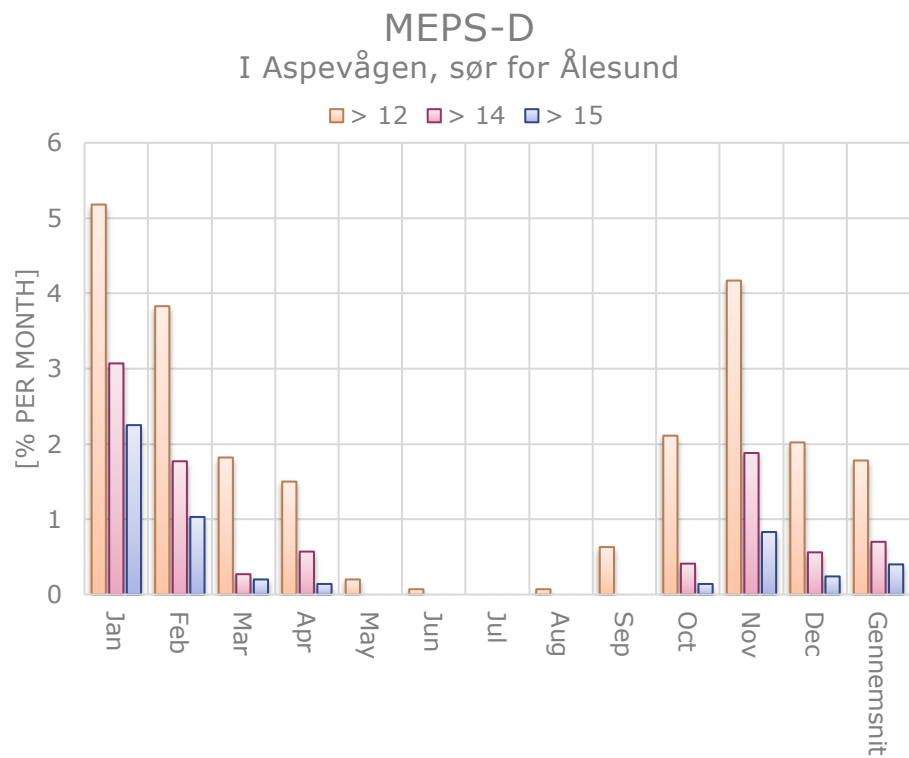
Tabell 2-5 Frekvens av overskridelser i prosent (%) for vindhastighet (U_{10}) ved MEPS-F i Verpingsvika, nord for Ålesund, fordelt på måneder (data fra perioden 2019-2024) [ref. /1/].

Overskridelse [%]	Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Desember	Alle data
Vindhastighed													
> 2	86.99	83.89	79.95	74.36	75.97	73.25	75.22	72.55	75.06	78.48	75.48	83.21	78.05
> 4	58.86	55.78	51.21	46.01	42.45	38.25	41.94	37.49	45.54	44.68	41.62	45.76	46.15
> 6	41.89	35.84	31.29	26.42	19.21	17.67	19.51	15.3	26.61	23.65	24.27	26.15	26.02
> 8	27.86	20.46	14.8	12.18	8.15	5.92	5.1	3.89	13.68	12.52	12.26	13.64	12.82
> 10	16.76	10.45	6.12	4.91	2.34	0.58	1.21	0.73	4.5	6.46	6.76	6.86	5.82
> 12	7.9	5.37	2.89	1.92	0.57	0	0.08	0.16	1.33	2.29	4	2.5	2.51
> 14	3.75	2.58	0.47	0.85	0	0	0	0	0	0.65	1.92	0.81	0.96
> 16	1.84	0.88	0.07	0.07	0	0	0	0	0	0.08	0.58	0.16	0.33
> 18	0.48	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08	0.06
> 20	0.07	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
> 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean [m/s]	5.9	5.3	4.7	4.3	4	3.7	3.9	3.6	4.3	4.4	4.4	4.6	4.5
P99 [m/s]	16.8	15.9	13.3	13.5	10.9	9.4	10.7	9.7	12.3	13.5	15.4	14	13.9
Maximum [m/s]	21.3	20.6	16.5	16.2	14	11.3	12.5	13	13.9	16.7	17.8	18.9	21.3
P50 [m/s]	4.9	4.6	4.1	3.7	3.4	3.3	3.5	3.3	3.6	3.6	3.3	3.7	3.7
P75 [m/s]	8.4	7.3	6.7	6.1	5.2	5.1	5.4	4.9	6.3	5.9	5.9	6.1	6.1
P90 [m/s]	11.4	10.1	8.9	8.4	7.5	7.1	7	6.7	8.7	8.6	8.8	9	8.6
P95 [m/s]	13	12.3	10.4	10	9	8.2	8	7.8	9.8	10.3	11.2	10.7	10.3
P99 [m/s]	16.8	15.9	13.3	13.5	10.9	9.4	10.7	9.7	12.3	13.5	15.4	14	13.9



Figur 2-6

Forventet nedetid i prosent (%) på grunn av sterk vind basert på data fra MEPS-B, MEPS-D og MEPS-F, nord for Ålesund, og avhengig av om nedetid oppstår i forbindelse med vind over 12,14 eller 15 m/s.

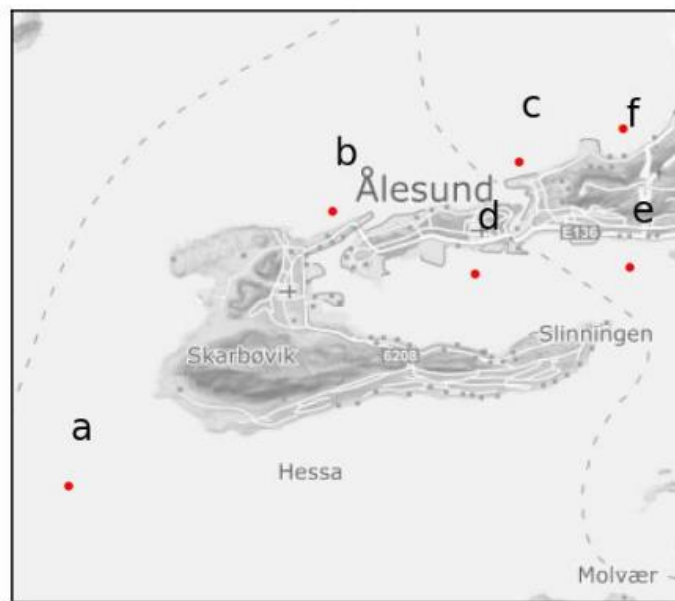


Figur 2-7 Forventet nedetid i prosent (%) på grunn av sterk vind basert på data fra MEPS-D, i Aspevågen, sør for Ålesund, og avhengig av om nedetid oppstår i forbindelse med vind over 12,14 eller 15 m/s.

3 Vurdering av bølgeforhold

Vurderingen av bølgeforhold er basert på data fra CoastEx, som er en numerisk bølgemodell som ved hjelp av inngangsdata fra MeteorologiBORsk institutt (MET) gir bølgedata i fin skala (100 m oppløsning) for hele norskekysten. Dataene er for perioden 1979 – 2018 (40 år). Modellen er basert på en Steady State Spectral Wave (STWAVE) modell fra U.S. Army Corps of Engineers. Det skal i en senere fase av prosjektet undersøkes om modellen kan ha noen begrensninger mht. transformasjon av dønninger (swell) fra åpent hav til kysten pga. de forekommende øyer og skjær. Videre om dønningene er korrekt beskrevet på åpent hav.

Analysen er basert på data levert af NORCE fra seks punkter CoastEx A til F, se Figur 3-1.



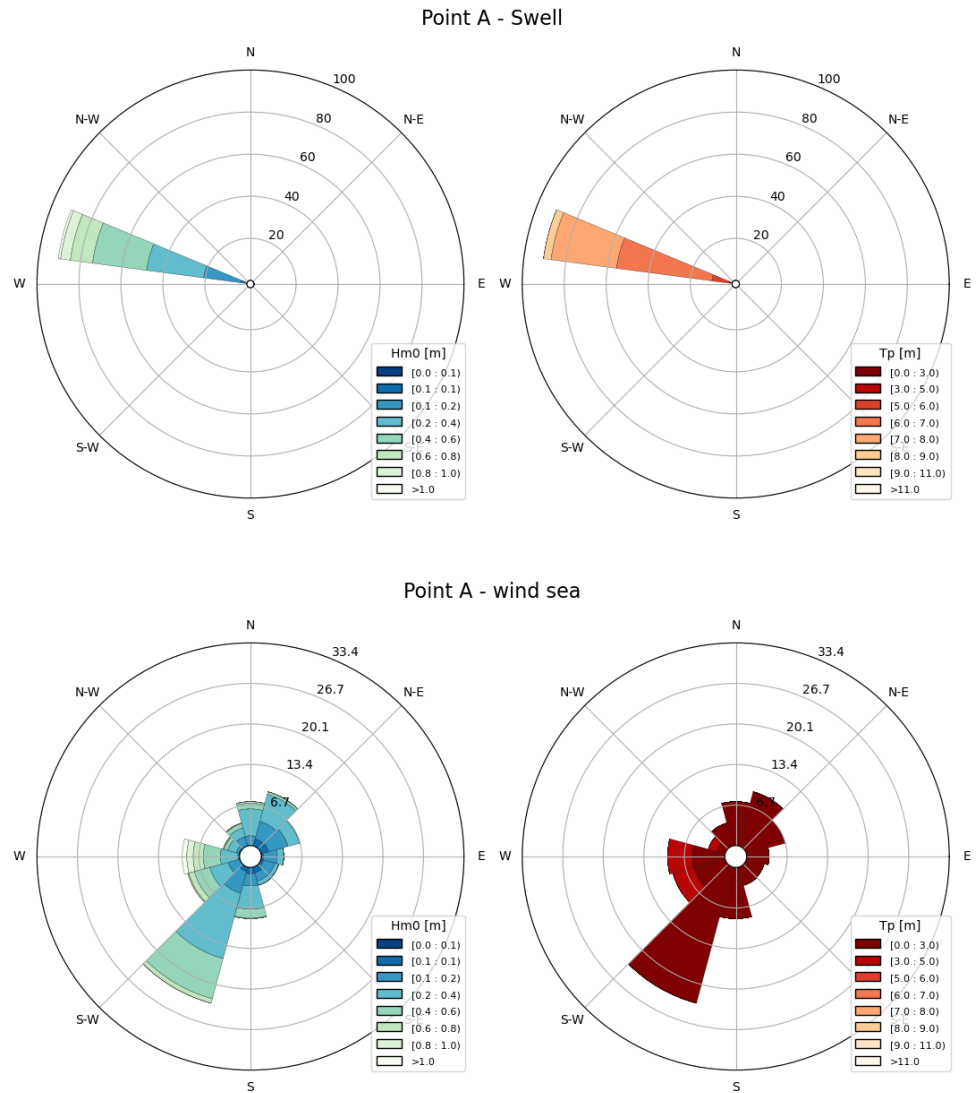
Figur 3-1 Plassering av uttrekkspunkter fra CoastEX-modellen.

Bølgeforholdene består av dønninger fra Nord-Atlanteren og vindgenererte bølger (wind seas) som genereres lokalt av de rådende vindforholdene. Forskjellen mellom de to fenomenene vises for punktet A ved Figur 3-2, som viser at det er en veldig stor forskjell mellom de to bølgefenomenene.

De langvarige dønningene kommer fra en veldig spesifikk og veldig smal retning på 285° , tilsvarende vest-nordvest.

Punktet A er relativt eksponert mot vest, og her kan dønningene være opp til størrelsesorden $H_{m0} = 1,5\text{m}$ og typisk ha perioder på $T_p = 6\text{-}11\text{s}$.

Til sammenligning kommer de vindgenererte bølgene hovedsakelig fra sør-sørvest. De vindgenererte bølgene kan også være opp til størrelsesorden $H_{m0} = 1,5\text{ m}$, men har vanligvis perioder på $T_p = 1\text{-}4\text{s}$ (dvs. betydelig kortere enn dønninger).



Figur 3-2 Bølgeroser med signifikante bølgehøyder (H_{m0}) og toppbølgeperioder (T_p) ved punkt CoastEX-A. Rosene er delt inn i dønninger øverst og vindgenererte bølger nederst

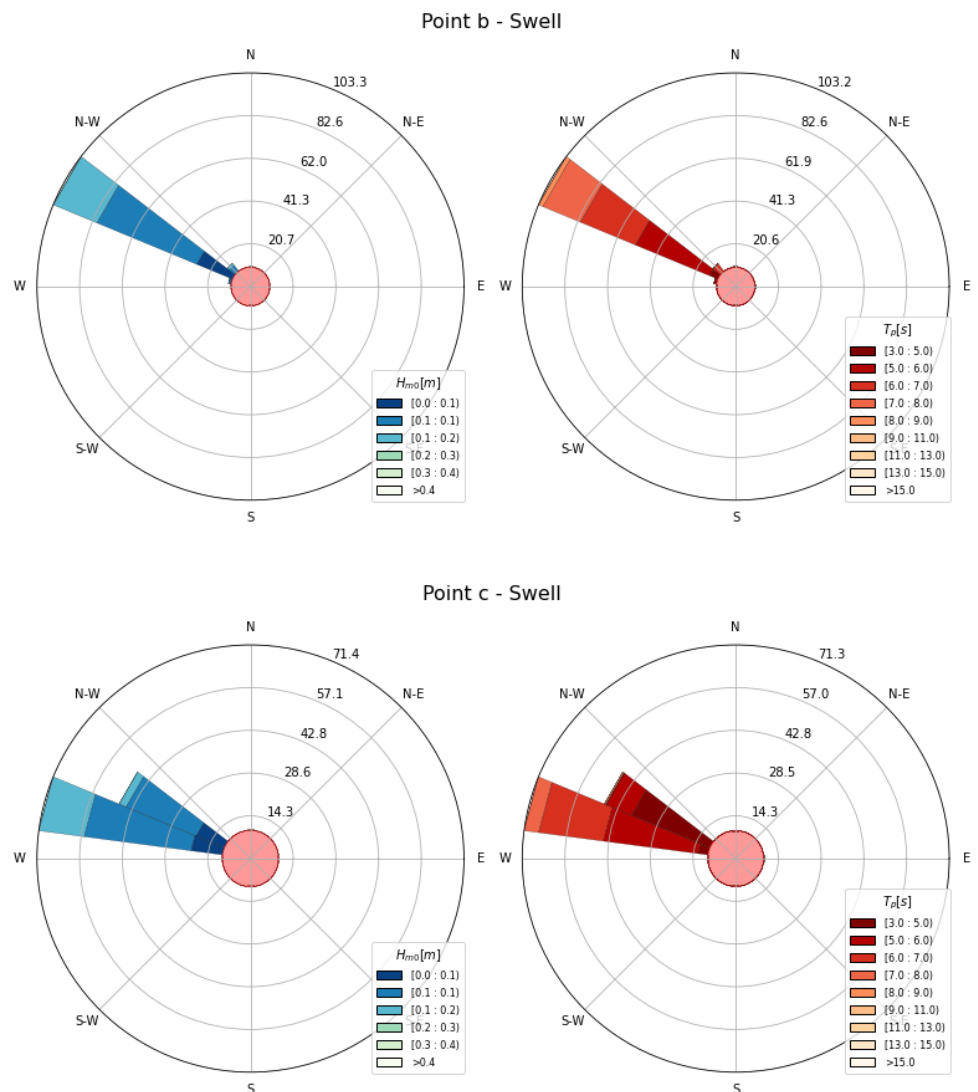
En oppsummering av maksimale modellerte bølgedata i de seks punktene er gitt i Tabell 3-1.

Tabell 3-1 Maximum modellert signifikant bølgehøyde (40 års data)

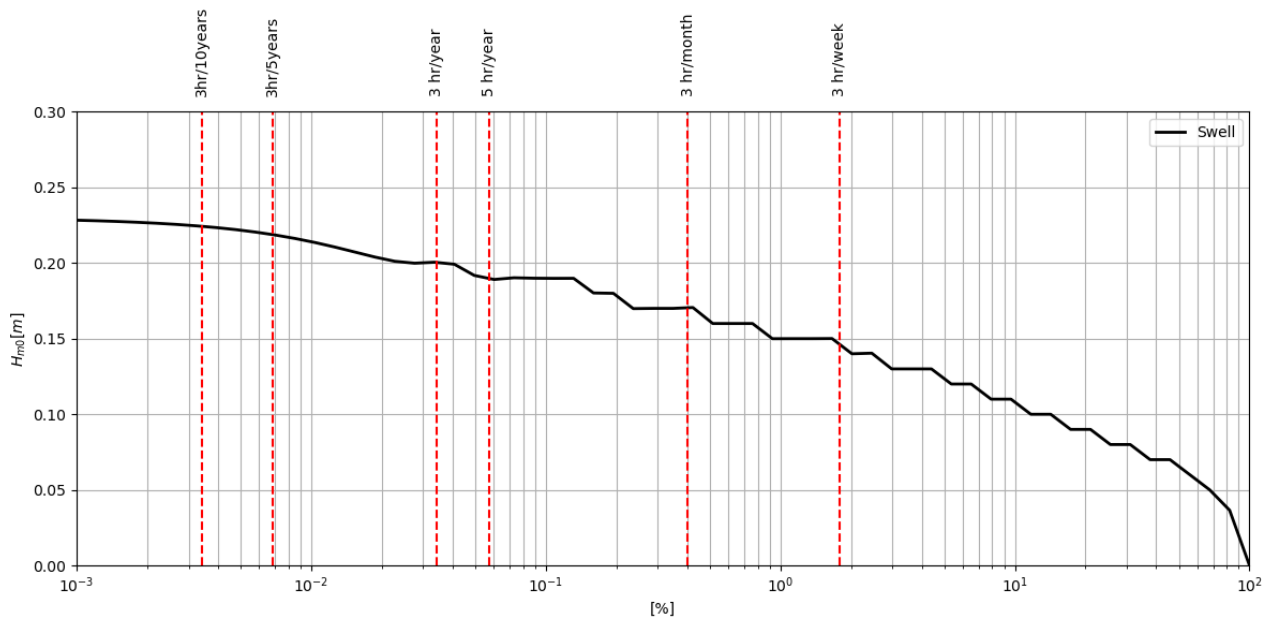
Signifi- kant bøl- gehøyde	Vest for Ålesund	Nord for Ålesund			Sør for Ålesund	
	Punkt A	Punkt B	Punkt C	Punkt F	Punkt D	Punkt E
Vind bølge	2,9 m	1,1 m	1,3 m	1,3 m	0,6 m	0,7 m
Dønning (swell)	1,6 m	0,2 m	0,2 m	0,3 m	0,0 m	0,0 m

Fremtidige kaiområder for cruiseskip ved Ålesund på nord- og sørsiden av byen er bedre beskyttet mot dønninger enn punkt CoastEx-A. Dette fremgår av Tabell 3-1 og Figur 3-3, som viser bølgeroser for dønninger på punktene CoastEx-B og C på nordsiden av Ålesund.

Dønningene fra modellen når knapt Ålesund, fordi byen ligger beskyttet i ly av øyene Havsteinen, Giske og Godøya i vest. Data viser dermed at dønningens aldring overstiger $H_{m0} = 0,25 - 0,30$ m nord for Ålesund (se fordeling av dønninger for punkt C i Figur 3-4), og i Aspevågen sør for Ålesund er det ingen dønninger.



Figur 3-3 Dønning. Bølgeroser med signifikante bølgehøyder (H_{m0}) og toppbølgeperioder (T_p) i punktet CoastEX-B øverst og CoastEX-C nederst.



Figur 3-4 Plott med overskridelser plott for dønninger. Data fra CoastEx-C (perioden 1979-2018).

Størrelsen på vindgenererte bølger avhenger delvis av vindhastigheten og den frie strekningen (avstanden) til nærmeste kyst i vindretningen. Nord for Ålesund er det ca. 5 km til nærmeste kyst i vestlig og nordvestlig retning, hvorfra vinden kan være over 20 m/s i forbindelse med storm.

Størrelsen på bølgene som skapes er beregnet langs nordsiden av Ålesund på grunnlag av formler utviklet av Hurdle & Stive [ref. /3/] og vises i Tabell 3-2.

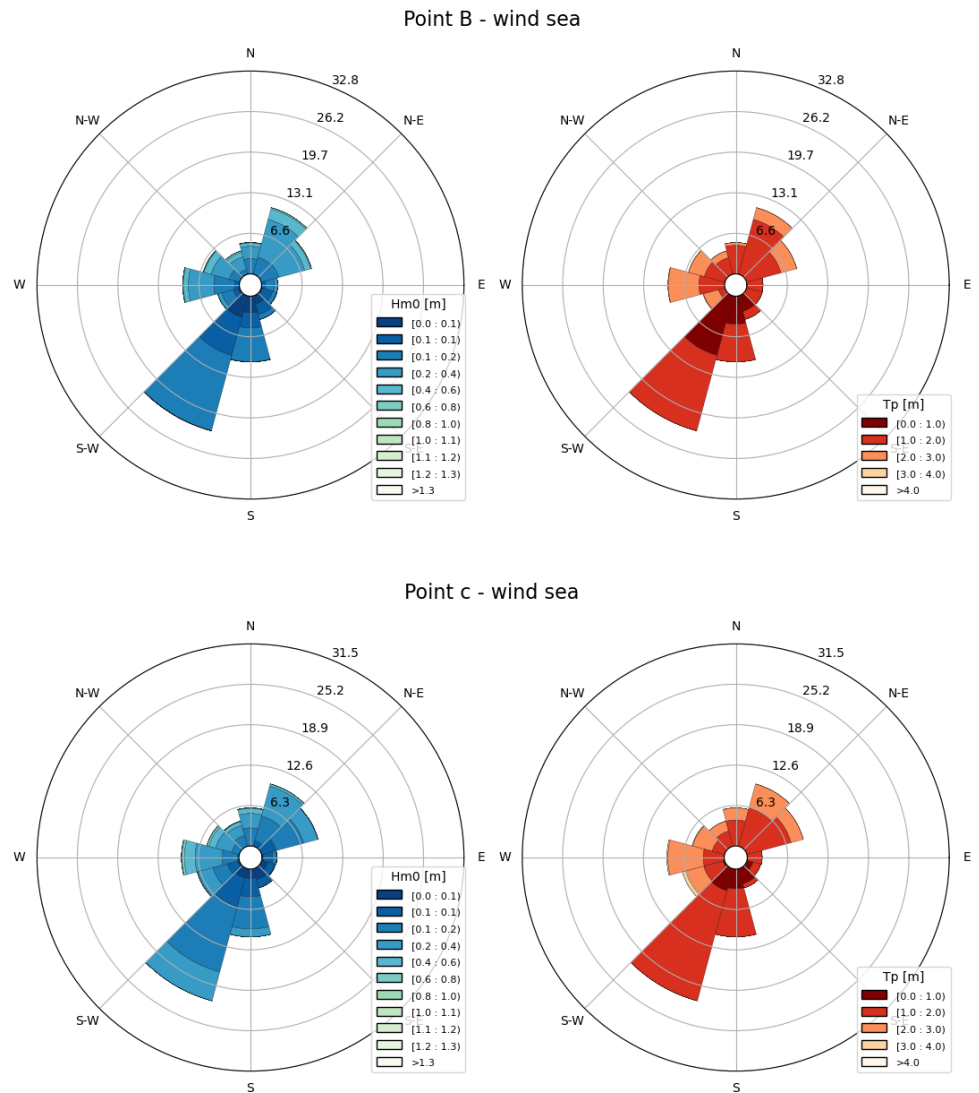
Tabellen viser en sammenheng mellom vindens hastighet og størrelsen på bølgene nord for byen. Som man ser vil vindhastigheter i størrelsesorden 10-14 m/s fra vestlig og nordvestlig retning gi opphav til bølger på $H_{m0} = 0,5 - 0,8$ m og bølgeperioder på $T_p = 2,6 - 3,0$ s, mens storme fra nordvestlige retninger vil kunne gi vesentlig større bølger.

Tabell 3-2 Korrelasjon mellom vindhastighet og bølgehøyde (H_{m0}) og bølgeperiode (T_p) nord for Ålesund basert på fristrekkeberegninger basert på Hurdle & Stiff [ref. /3/]

Vindhastighet	10 m/s	12 m/s	14 m/s	20 m/s
Fristrekk	5 km			
H_{m0} [m]	0,5	0,6	0,8	1,2
T_p [s]	2,6	2,8	3,0	3,4

Resultatet av den enkle beregningen stemmer godt overens med resultatene fra CoastEX-modellen i punkt B og C, jf. Tabell 3-3, Figur 3-5 og Figur 3-6.

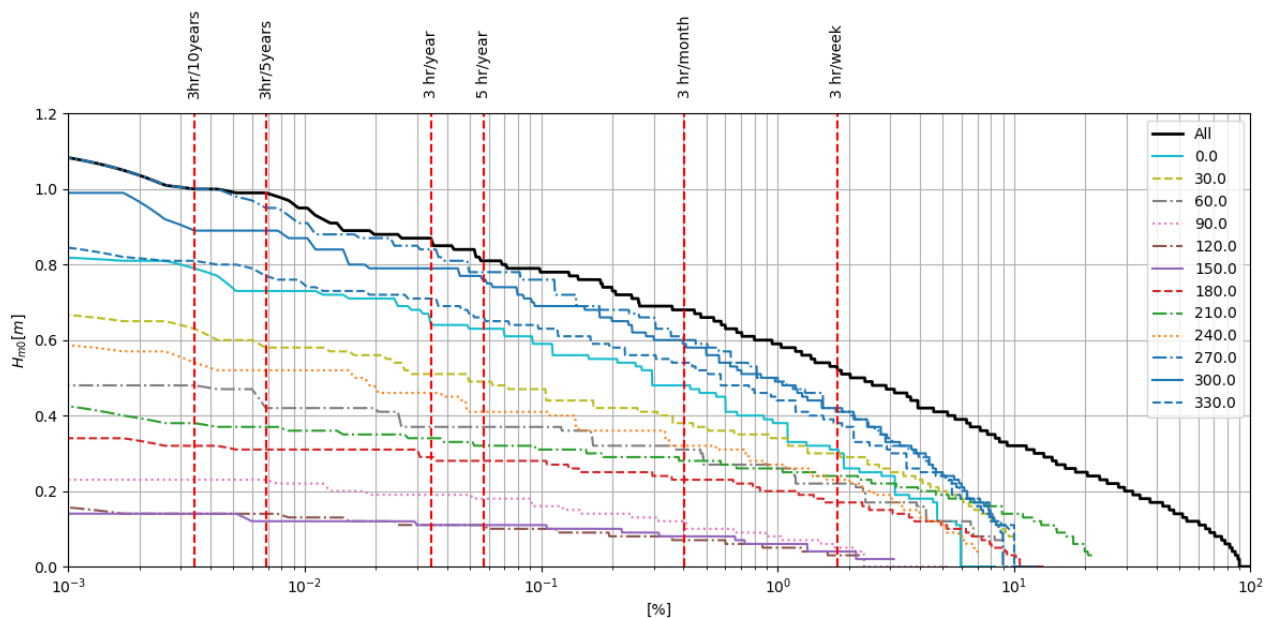
Figur 3-5 viser at de største bølger opp til $H_{m0} = 1\text{m}$ forekommer fra retninger 270° (vest) til 0° (nord) og at bølgeperiodene assosiert med bølger fra disse retningene er i størrelsesorden $T_p = 1\text{-}3\text{s}$.



Figur 3-5 Vindgenererte bølger. Bølgeroser med signifikante bølgehøyder (H_{m0}) og toppbølgeperioder (T_p) i punktet CoastEX-B øverst og CoastEX-C nederst.

Tabell 3-3 Spredningstabell mellom vindgenererte bølgehøyder (H_{m0}) og retning ved CoastEx-C-punktet basert på data for perioden 1979-2018. Tallene i tabellen viser frekvensen i prosent (%).

Frekvens [%]	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
0.0-0.05	-	-	-	3.10	0.95	1.77	4.14	1.49	0.24	2.21	-	-	16.26
0.05-0.1	2.36	0.87	2.37	1.48	1.16	1.12	2.88	4.68	1.66	0.19	-	-	16.41
0.1-0.2	2.81	4.02	4.39	0.63	0.12	0.22	5.04	10.50	2.35	2.44	1.24	1.75	35.51
0.2-0.4	2.26	4.83	2.33	0.02	-	-	1.23	4.67	2.41	4.22	2.58	1.64	26.19
0.4-0.6	0.78	0.35	0.03	-	-	-	-	0.00	0.14	1.67	1.09	0.62	4.68
0.6-0.8	0.09	0.01	-	-	-	-	-	-	0.00	0.40	0.31	0.07	0.88
0.8-1.0	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.02	0.003	0.07
1.0-1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	-	-	0.004
1.1-1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2-1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
Total	8.30	10.08	9.11	5.23	2.22	3.10	13.29	21.35	6.81	11.18	5.24	4.08	100.00



Figur 3-6 Plott med overskridelsessannsynligheter i prosent (overskridelsesplott) for vindgenererte bølger fra ulike retninger. Data fra CoastEx-C (perioden 1979-2018).

3.1 Beregning av nedetid på grunn av bølgeforhold

Cruiseskip er veldig store skip med lengder på opptil 350m, noe som gjør dem veldig stabile selv i møte med store bølger. Størrelsen gjør også at de knapt reagerer på korte vindgenererte bølger, blant annet fordi bølgene er betydelig kortere enn lengden på skipet (og ofte også bredden på skipet). Vindgenererte bølger med perioder på 3-4s, for eksempel, har bare bølgelengder på 15-25m, mens dønninger med perioder på 10-15s har bølgelengder på 120-200m.

Så til tross for at de vindgenererte bølgene i henhold til beregningene ovenfor kan være opp til $H_{m0} = 1\text{m}$ i forbindelse med en stiv kuling (14-17 m/s), vil de bølgegenererte skipsbevegelsene være svært begrensede og betydelig mindre enn vindens påvirkning. Det er derfor anslått at nedetid forårsaket av vind over 12-15m/s inntreffer før nedetid forårsaket av vindgenererte bølger. Vindgenererte bølger vil med andre ord trolig ikke føre til nedetid for cruiseskip verken på nord- eller sørsiden av Ålesund.

Data viser at dønninger nord for Ålesund ikke overstiger $H_{m0} = 0,3\text{m}$ i perioden 1979-2018, og på sørsiden av byen er det ingen dønninger i det hele tatt.

Det fremgår av PIANCs retningslinje No. 121 (2014) [ref. /4/] at nedetid kan forventes ved bruk av landingsrampene når bølgehøyden på dønningene overstiger $H_{m0} = 0,3\text{m}$. Dette svarer til de maksimalt modellerte dønninger over en periode på 40 år.

Erfaringer fra Ålesund viser at Kystrutens skipe blir påvirket av dønninger. Større og bredere cruiseskip vil generelt være mere stabil overfor rulling, dvs. at de største cruiseskip vil være mer stabile overfor rulling enn Kystrutens mindre skipe og dermed ha mindre nedetid enn erfart for Kystrutens skipe.

Sammenligningen og erfaringer viser at der er mindre nedetid på grund af dønninger på sørsiden sammenlignet med nordsiden.

I en senere fase av prosjektet vil det være krevet at utføre mere detaljert modellering av dønninger fra åpent hav og frem til Ålesund. Videre vil en detaljert fortøyningsstudie av skipenes bevegelser for disse dønninger være krevet for at bestemme nedetiden.

4 Referanser

- /1/ **NORCE Ocean and Coastal Systems**
Ålesund - Operational analysis of wind and waves
NORCE Coastal and Ocean Systems , 2025-01-08.
- /2/ **Asplan Viak**
Notat Dimensjoneringsforutsetninger - Dimensjoneringsforutsetninger
cruise kai Ålesund
2024.05.26.
- /3/ **Hurdle, D. P. & S. R. J. H.**
Revision of SPM 1984 Wave Hindcast Model to Avoid Inconsistencies in
Engineering Applications
in *Coastal Engineering*, 12 (1989) , pp. 339-351, Amsterdam., 1989.
- /4/ **PIANC**
Harbour Approach Channel Design Guidelines
pianc report no 121, 2014.