

Vurdering af bølgeforhold ifm. miljøgodkendelse af nødrute på ruten Sælvig- Aarhus



Samsø Rederi

Endelig Rapport

Oktober 2023

Denne rapport er udarbejdet under DHI's ledelsessystem, som er certificeret af Bureau Veritas
for overensstemmelse med ISO 9001 for kvalitetsledelse

ISO 9001
Management System Certification

BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S



Vurdering af bølgeforhold ifm. miljøgodkendelse af nødrute for hurtigfærge på ruten Sælvig-Aarhus

Udarbejdet for Samsø Rederi
Repræsenteret ved Poul Jensen

Projektleder	Peter Sloth
Kvalitetsansvarlig	Jesper Ulrik Fuchs

Projektnummer	11829842
Godkendelsesdato	02. oktober 2023
Revision	1.2

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Indledning	1
2	Grundlag for undersøgelsen	2
2.1	Navigationsforhold	2
2.2	Tilladelig bølgehøjde på 3 m vanddybde	3
2.3	Modellering af bølgetransformation og -henfald langs rute	3
2.3.1	Opstilling af modeller	3
2.3.2	Randbetingelser	3
3	Resultater.....	4
3.1	Aarhus-Sælvig.....	4
3.2	Sælvig - Aarhus.....	9
3.3	Konklusioner vedr. bølgehøjde-kriteriet på 3 m vanddybde.	13
3.4	Vurdering af bølgerelaterede miljøpåvirkninger	13
3.4.1	Bølgeenergi på kysterne	13
3.4.2	Påvirkning på Natura 2000 områder	16
3.4.3	Partikelhastigheder på havbunden langs ruten	16
4	Referencer	17

FIGURER

Figur 2.1	Hurtigfærgens nødrute.....	2
Figur 3.1	Aarhus Fairway Midt – WPT6. Fart = 25 knob.....	4
Figur 3.2	WPT6 - WPT7. Fart = 25 knob. Vest for ruten.....	4
Figur 3.3	WPT7 – WPT8. Fart = 25 knob. Vest for ruten.....	5
Figur 3.4	WPT7 – WPT8. Fart = 25 knob. Øst for ruten.	5
Figur 3.5	WPT8 – WPT9. Fart = 25 knob. Vest for ruten.....	6
Figur 3.6	WPT8 – WPT9. Fart = 25 knob. Øst for ruten.	6
Figur 3.7	WPT9 – WPT10. Fart = 25 knob. Øst for ruten.....	7
Figur 3.8	WPT9 – WPT10. Fart = 25 knob. Vest for ruten.....	7
Figur 3.9	WPT10 – Sælvig N. Fart = 25 knob. Øst for ruten.....	8
Figur 3.10	WPT10 – Sælvig N. Fart = 25 knob. Vest for ruten.....	8
Figur 3.11	Sælvig N - WPT10. Fart = 25 knob. Øst for ruten.....	9
Figur 3.12	Sælvig N - WPT10. Fart = 25 knob. Vest for ruten.....	9
Figur 3.13	WPT10 – WPT9. Fart = 25 knob. Øst for ruten.....	10
Figur 3.14	WPT10 – WPT9. Fart = 25 knob. Vest for ruten.....	10
Figur 3.15	WPT9 – WPT8. Fart = 25 knob. Øst for ruten.	11
Figur 3.16	WPT9 – WPT8. Fart = 25 knob. Vest for ruten.....	11
Figur 3.17	WPT8 – WPT7. Fart = 25 knob.....	12
Figur 3.18	WPT7 – WPT6. Fart = 25 knob.....	12
Figur 3.19	WPT6 - Aarhus Fairway Midt. Fart = 25 knob.	13
Figur 3.20	Positioner, hvor naturligt forekommende bølger er fastlagt.....	14
Figur 3.21	Overskridelsessandsynlighed (%) for bølgehøjder ved Position A (Figur 3.20). Naturligt forekommende vind-bølgehøjder fra østlige retninger. H_{m0} angiver den signifikante bølgehøjde.	15
Figur 3.22	Overskridelsessandsynlighed (%) for signifikant bølgehøjde = 0,2m for naturligt forekommende bølger ved Position A-D. For Position A-C er der tale om bølger fra østlige retninger, mens der for Position D er tale om bølger fra SE-SW (som er relevant for sydsiden af Tunø).	15
Figur 3.23	Markering af nødrute (rød) samt nordlig afgrænsning af Natura 2000 område 56 (gul).	16

TABELLER

Tabel 2.1	Nødrute, fartplan og waypoints. Aarhus - Sælvig.....	2
-----------	--	---

1 Indledning

Samsø Rederi ønsker at benytte en alternativ sejladsrute på ruten Sælvig-Aarhus i perioder med kraftig vind fra vestlige retninger. På den alternative rute sejles der vest om Tunø, hvor der med den normalt benyttede rute sejles øst om Tunø. Den alternative rute benævnes nødrute.

DHI har gennemført undersøgelser også for hovedruten. Dette er rapporteret i [1] og [2].

I den forbindelse har Samsø Rederi anmodet DHI om at vurdere bølgeforholdene på 3 m vanddybde langs nødruten samt bølgenes indvirkning på havbunden og kyster, til brug for myndighedsbehandlingen for den nye færgerute.

I denne rapport er resultaterne af beregningerne præsenteret sammen med en beskrivelse af forudsætningerne og den gennemførte modellering.

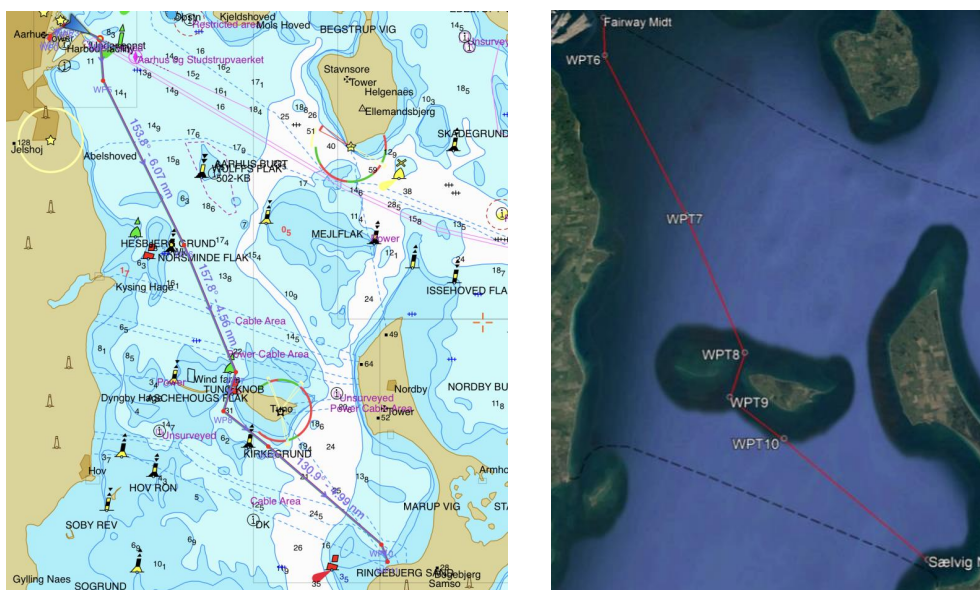
Hvad angår dokumentation af datagrundlag og detaljer om færgens og dens bølgegenerering henvises til DHI's tidligere undersøgelser af den allerede godkendte rute [1].

2 Grundlag for undersøgelsen

2.1 Navigationsforhold

Nærværende undersøgelse blev gennemført for den definerede nødrute. Strækninger (anløb tæt ved Aarhus og Sælvig), som er dokumenteret i den tidligere undersøgelse, er ikke gentaget i denne undersøgelse.

Nødruten er vist på Figur 2.1. Tabel 2.1 viser waypoints og fartplan. Ruten er vist for turen Aarhus-Sælvig. Waypoints og fartplan er den samme for turen Sælvig-Aarhus. Den komplette waypoint-liste, inkluderende også hovedruten, er angivet i [3].



Figur 2.1 Hurtigfærgens nødrute.

Tabel 2.1 Nødrute, fartplan og waypoints. Aarhus - Sælvig.

Waypoint	Breddegrad	Længdegrad	Kurs (oN)	Hastighed, Vs (Knob)	Distance (Sm)	WP nr.
DOK1 kaj	56°09.27N	10°12.93E				0
Indre havn	56°09.37N	10°13.00E	021,3	8	0,1	1
Indsejling	56°09.69N	10°13.82E	055,0	10	0,6	2
Aarhus Ø	56°09.75N	10°14.15E	072,0	16	0,2	3
Aarhus fairway midt	56°09.64N	10°14.57E	116,4	16	0,2	4
Aarhus fairway midt 1	56°09.27N	10°15.92E	115,9	25	0,8	5
Aarhus SØ	56°07.89N	10°16.11E	175,6	25	1,4	6
Norsminde NØ	56°02.45N	10°20.89E	153,8	25	6,0	7
Tunø NV	55°58.24N	10°23.96E	157,8	25	4,5	8
Tunø SV	55°56.95N	10°23.23E	197,6	25/18 *	1,4	9
Tunø S	55°55.78N	10°25.89E	128,1	25	1,9	10
Sælvig N	55°52.52N	10°32.60E	130,9	25	5,0	11
Sælvig mole	55°51.95N	10°32.95E	161,0	10	0,6	12
* ved after/nat-sejlads er farten 18 knob.						

2.2 Tilladelig bølgehøjde på 3 m vanddybde

Søfartsstyrelsens krav til den maksimale tilladte bølgehøjde, H_{max} , på 3 m vanddybde er udtrykt som:

$$H_{max} \leq 0.5 \sqrt{\frac{4,5}{T}}$$

hvor T er en karakteristisk bølgeperiode repræsentativ for de genererede færgébølger. For en karakteristisk bølgeperiode på 6,75 s, svarende til $V_s = 25$ knob, vil den tilladelige maksimale bølgehøjde på 3 m vanddybde således være $H_{max} = 0,41$ m.

2.3 Modellering af bølgetransformation og -henfald langs rute

Bølgerne, der dannes af skibet, påvirkes og ændres med hensyn til højde, periode og retning under deres udbredelse ind imod kysterne som følge af de varierende vanddybdeforhold.

Disse ændringer er modelleret med DHI's bølgemodel, MIKE 21 SW, mens bølgegenerering og -henfald er baseret på de i [1] præsenterede sammenhænge.

MIKE 21 SW er en spektral bølgemodel, som beskriver en række af de vigtigste fysiske processer, som påvirker bølgerne under deres udbredelse fra sejlrueten ind til kysten. Refraktion, shoaling og bølgebrydning er således inkluderet. Bundfriktion er ikke medtaget i simuleringerne, hvilket betyder, at resultaterne vil være på den konservative side.

2.3.1 Opstilling af modeller

Baseret på digitale søkort samt data baseret på satellitdata/billeder, blev der opstillet modeller til beregning af bølgeudbredelsen fra sejlrueten.

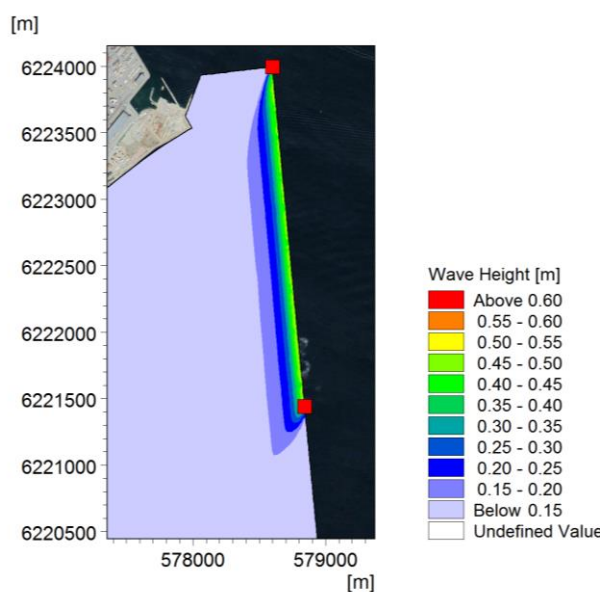
2.3.2 Randbetingelser

Randbetingelsen til bølgesimuleringerne er angivet som bølgehøjde, -periode og -retning i en afstand af 36 m fra skibet, estimeret som angivet i [1].

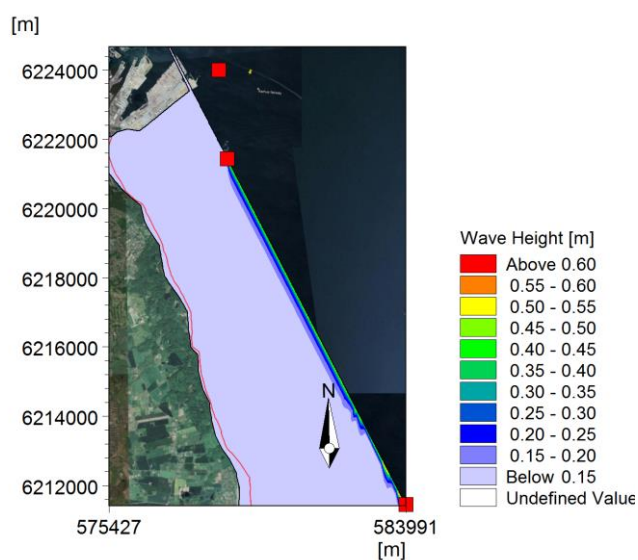
3 Resultater

I det følgende er resultater af bølgeberegningerne præsenteret som plot af bølgehøjde-transmissionen fra sejlrueten ind mod land til 3 m dybdekonturen, som er hvor bølgehøjdekriteriet skal være opfyldt. 3 m dybdekonturen er markeret med rødt på figurene. De røde punkter angiver waypoints.

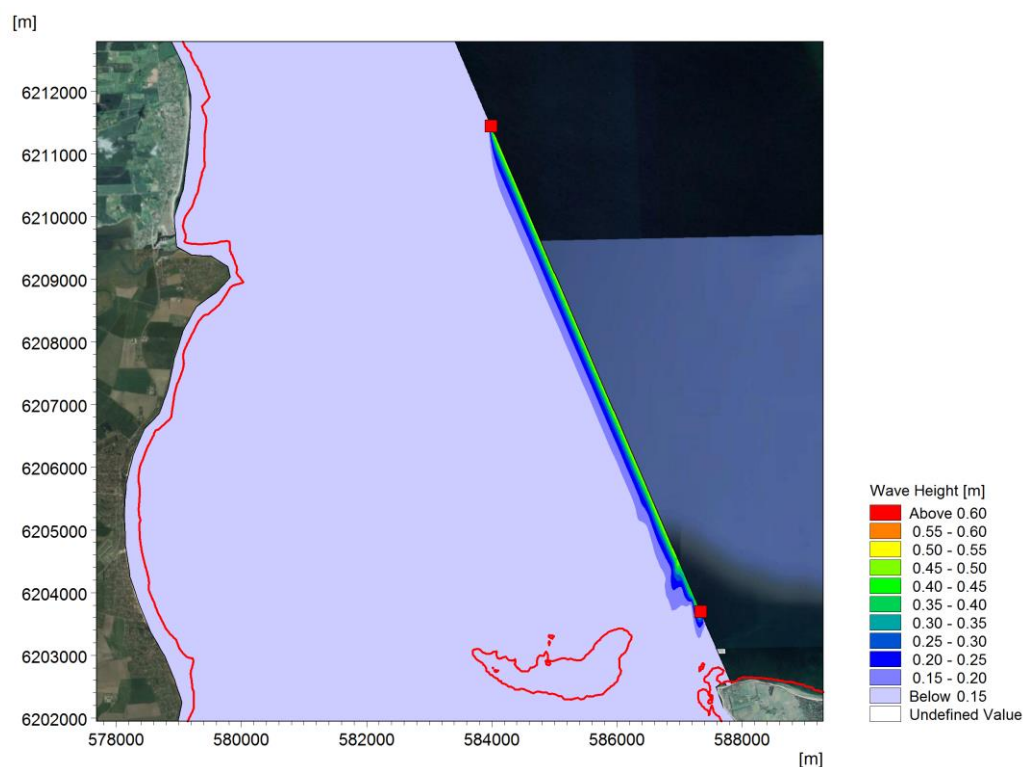
3.1 Aarhus-Sælvig



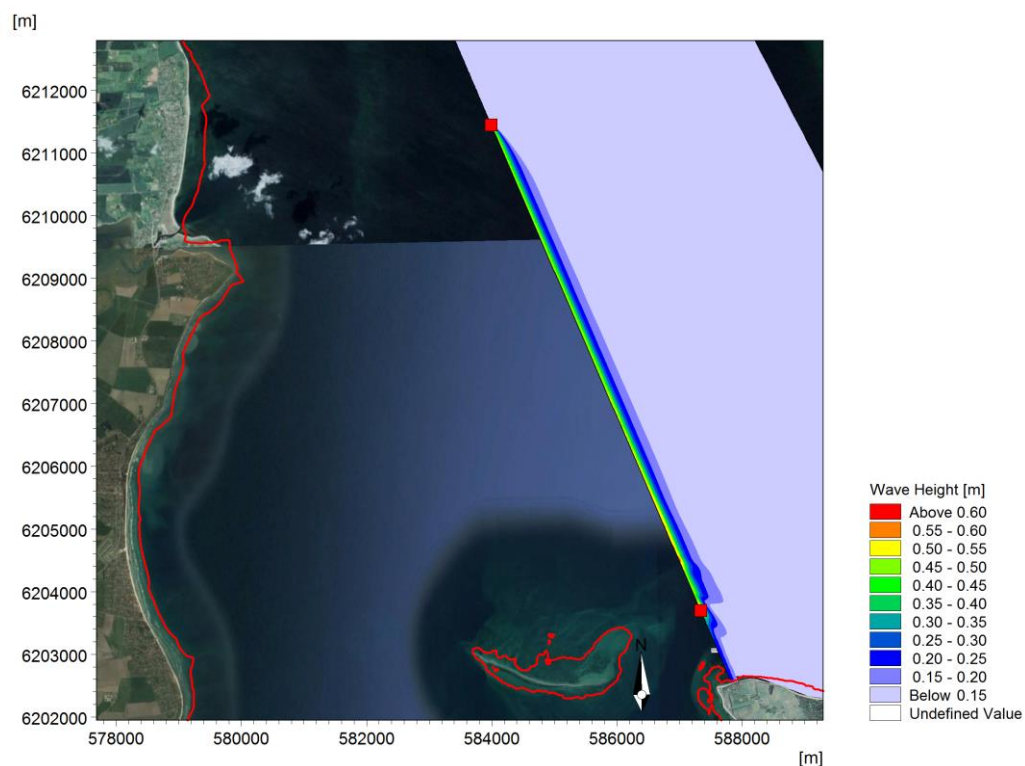
Figur 3.1 Aarhus Fairway Midt – WPT6. Fart = 25 knob.



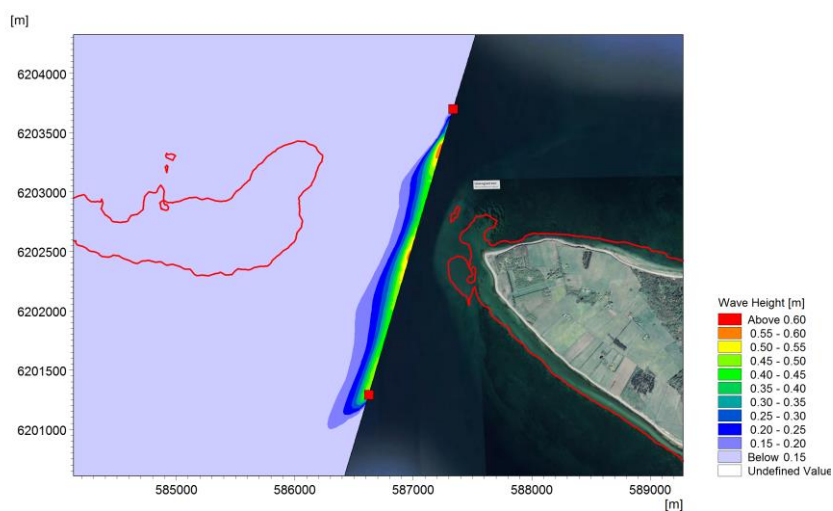
Figur 3.2 WPT6 - WPT7. Fart = 25 knob. Vest for ruten.



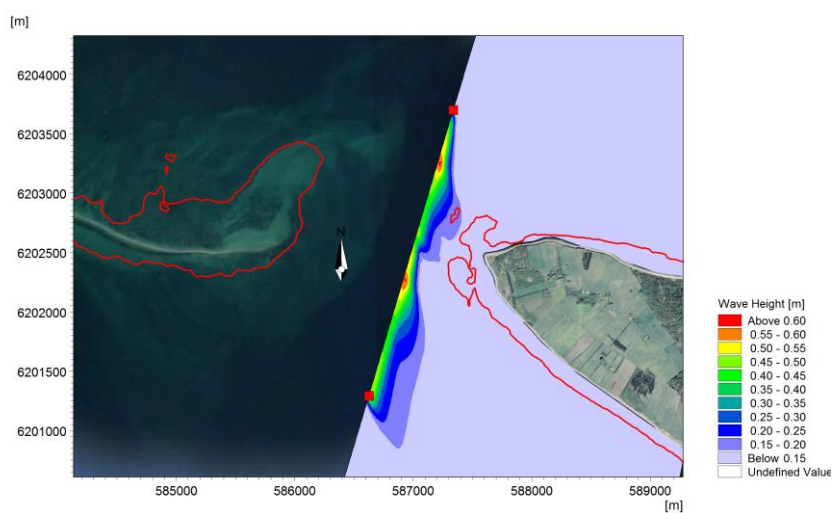
Figur 3.3 WPT7 – WPT8. Fart = 25 knob. Vest for ruten.



Figur 3.4 WPT7 – WPT8. Fart = 25 knob. Øst for ruten.

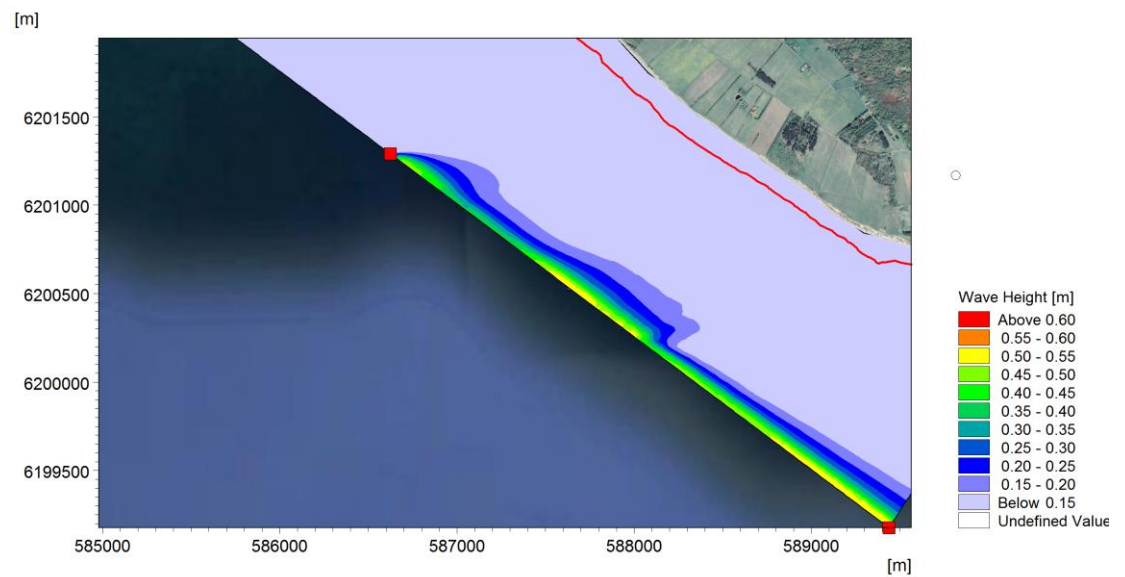


Figur 3.5 WPT8 – WPT9. Fart = 25 knob. Vest for ruten.

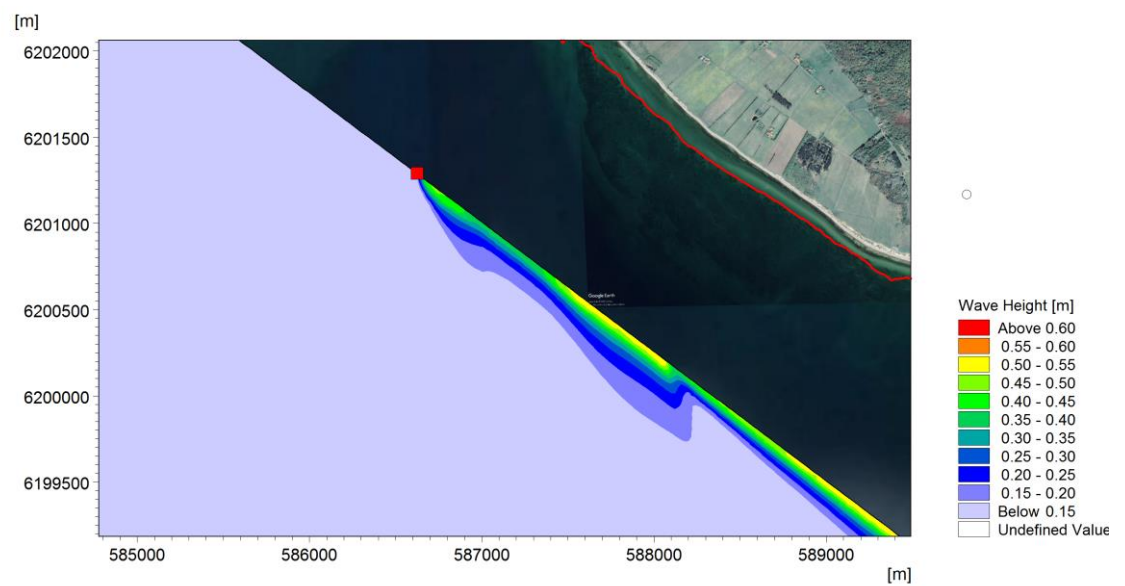


Figur 3.6 WPT8 – WPT9. Fart = 25 knob. Øst for ruten.

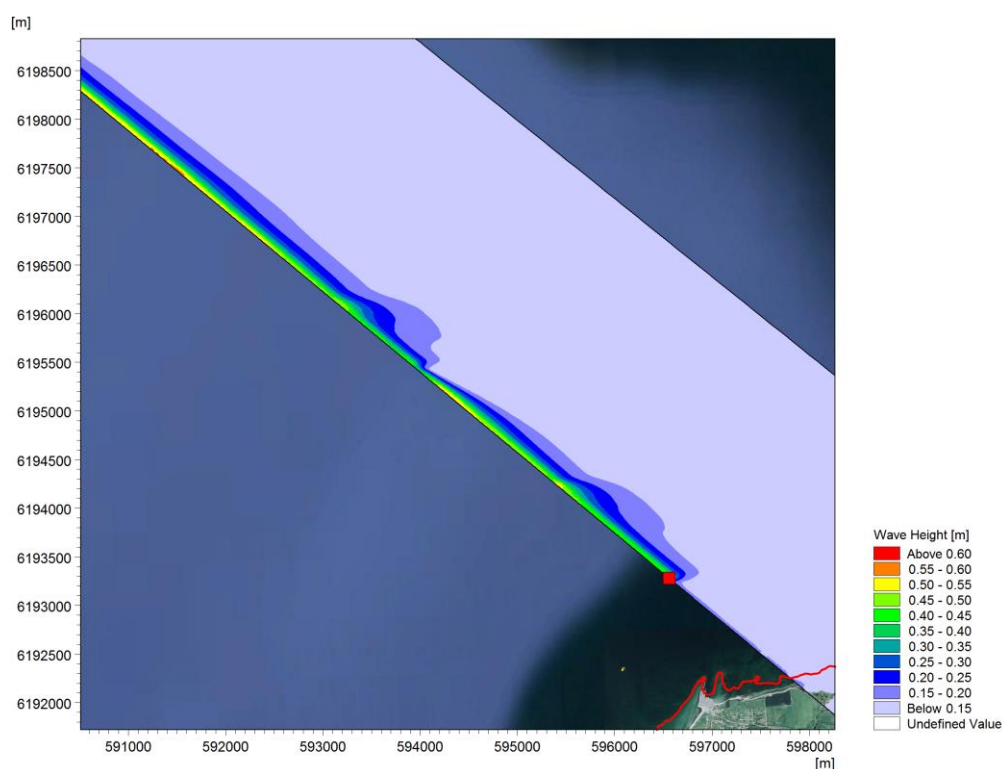
Ved aften/nat-sejlads er farten mellem WPT8 og WPT9 18 knob. Ved 18 knob genererer færgeren mindre bølger end med 25 knob, hvorfor bølgehøjdekriteriet heller ikke overskrides ved 18 knob.



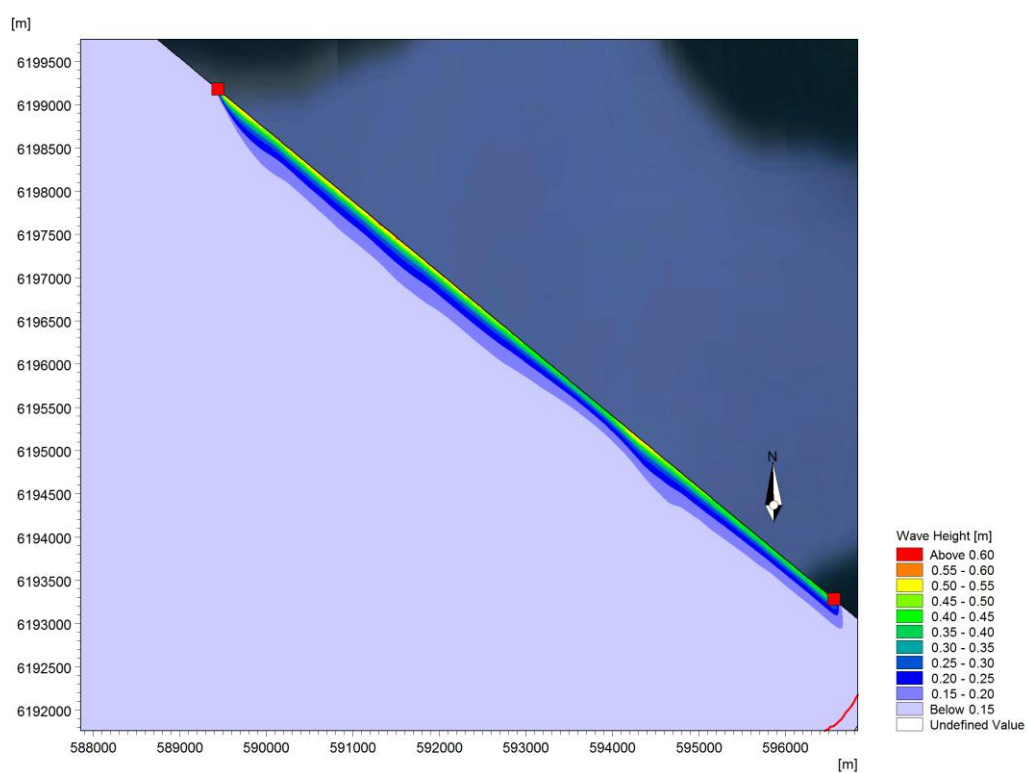
Figur 3.7 WPT9 – WPT10. Fart = 25 knob. Øst for ruten.



Figur 3.8 WPT9 – WPT10. Fart = 25 knob. Vest for ruten.

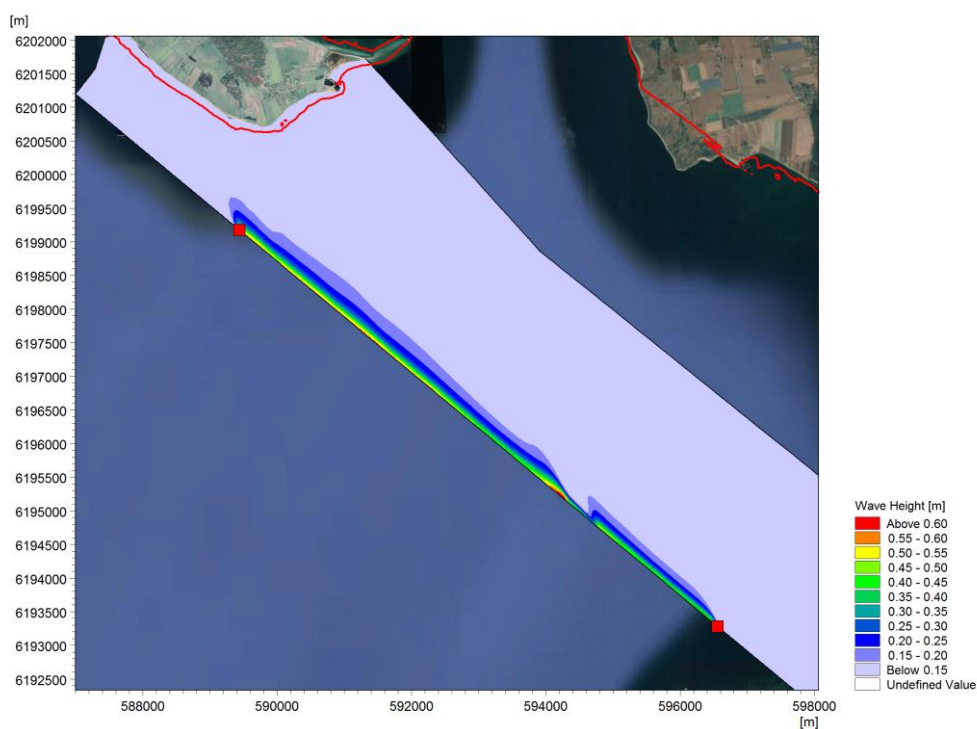


Figur 3.9 WPT10 – Sælvig N. Fart = 25 knob. Øst for ruten.

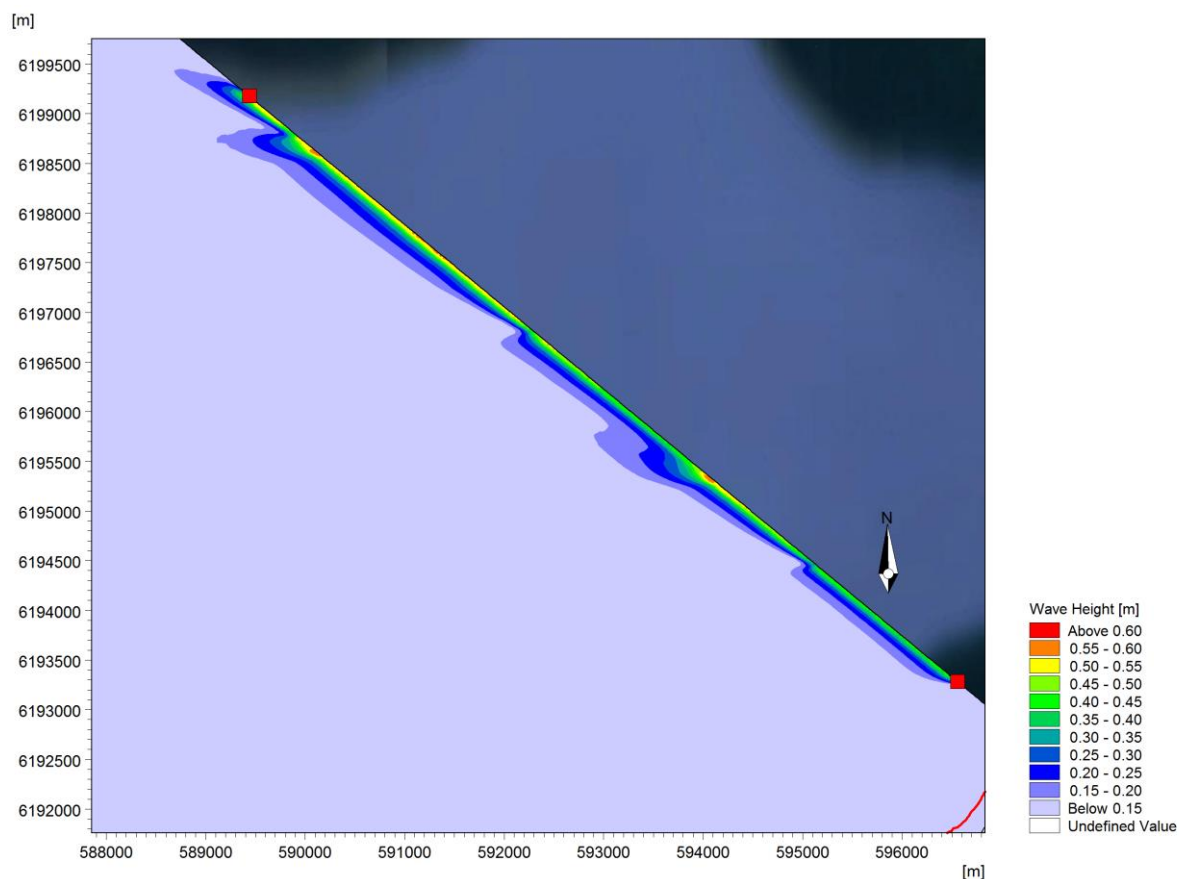


Figur 3.10 WPT10 – Sælvig N. Fart = 25 knob. Vest for ruten.

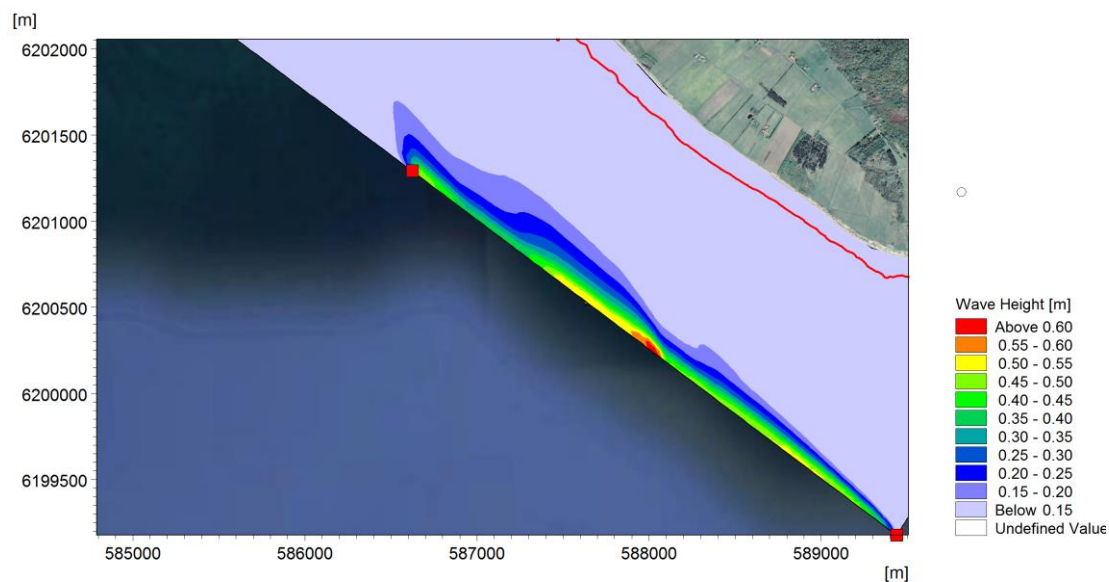
3.2 Sælvig - Aarhus



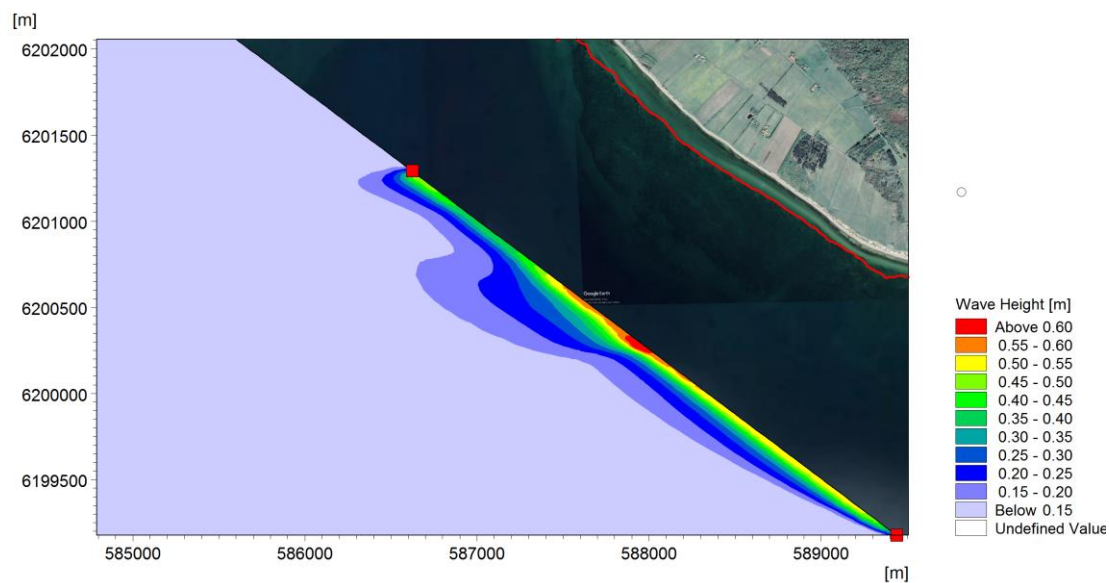
Figur 3.11 Sælvig N - WPT10. Fart = 25 knob. Øst for ruten.



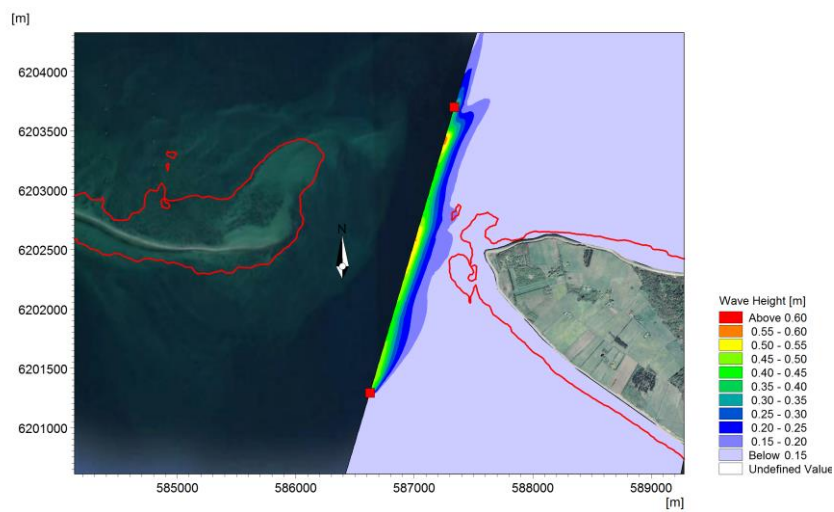
Figur 3.12 Sælvig N - WPT10. Fart = 25 knob. Vest for ruten.



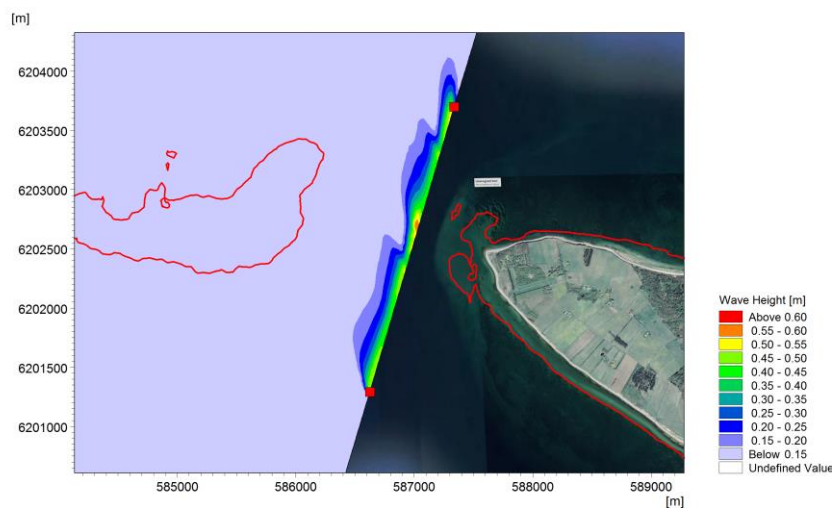
Figur 3.13 WPT10 – WPT9. Fart = 25 knob. Øst for ruten.



Figur 3.14 WPT10 – WPT9. Fart = 25 knob. Vest for ruten.

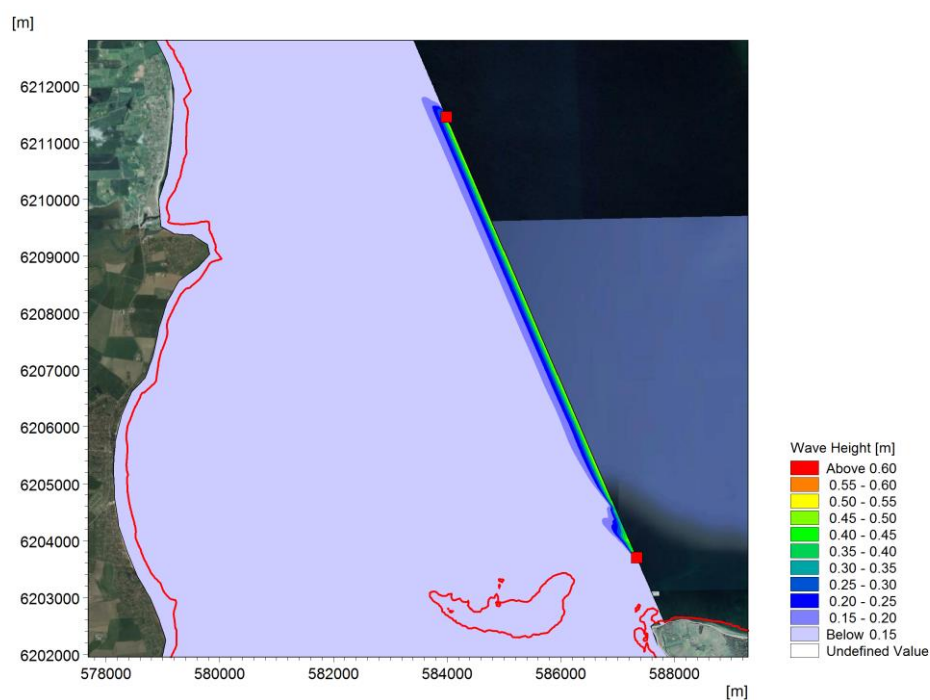


Figur 3.15 WPT9 – WPT8. Fart = 25 knob. Øst for ruten.

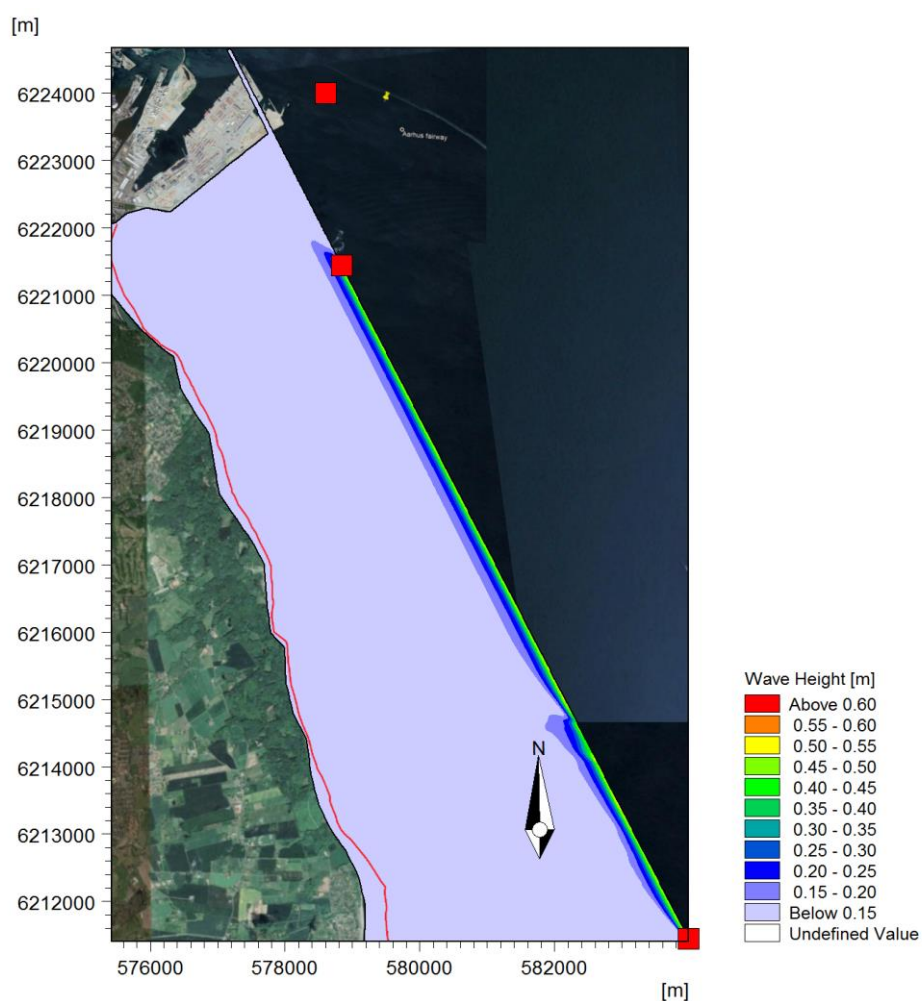


Figur 3.16 WPT9 – WPT8. Fart = 25 knob. Vest for ruten.

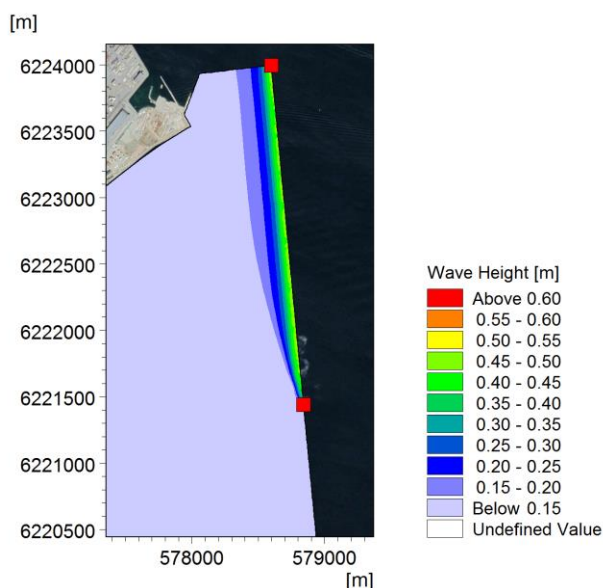
Ved aften/nat-sejlads er farten mellem WPT8 og WPT9 18 knob. Ved 18 knob genererer færgen mindre bølger end med 25 knob, hvorfor bølgehøjdekriteriet heller ikke overskrides ved 18 knob.



Figur 3.17 WPT8 – WPT7. Fart = 25 knob.



Figur 3.18 WPT7 – WPT6. Fart = 25 knob.



Figur 3.19 WPT6 - Aarhus Fairway Midt. Fart = 25 knob.

3.3 Konklusioner vedr. bølgehøjde-kriteriet på 3 m vanddybde.

Beregningerne viser, at bølgehøjde-kriteriet på 3 m vanddybde ikke overskrides noget sted langs ruten.

3.4 Vurdering af bølgerelaterede miljøpåvirkninger

3.4.1 Bølgeenergi på kysterne

Færgebølgenes potentielle indvirkning på kysterne skal ses i relation til det på det pågældende steds typiske bølgeklima. Ved eksponerede kyster vil den energi, som kysten påvirkes af fra naturligt forekommende vindbølger, typisk være størrelsesordener større end den energi, som færgebølgerne bidrager med, og derfor vil færgebølgenes betydning for kysterne være ubetydelig. Derfor, har tidligere undersøgelser, selv med betydeligt større hurtigfærger - og tilhørende større bølger – da også vist dette. For dokumentation af, at dette også er tilfældet for nærværende rute, er der i det følgende gennemført sammenligninger af de naturligt forekommende bølger og de forventede færgebølger.

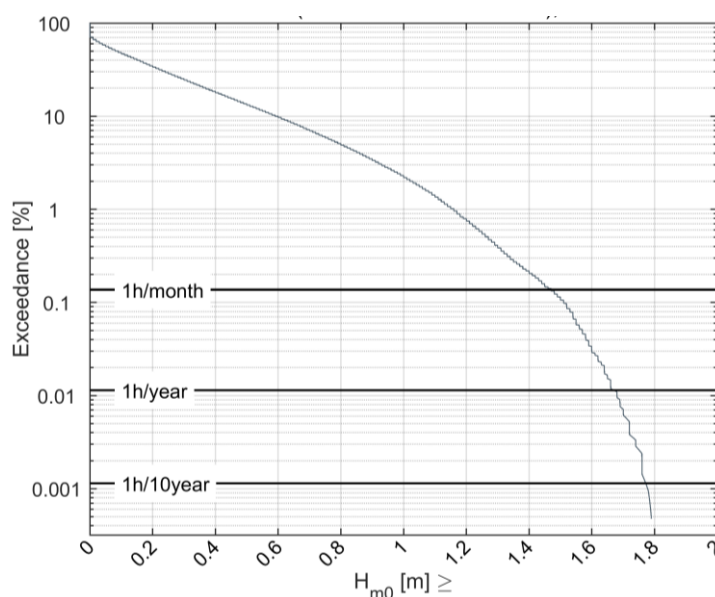
Fra DHI's databaser og modeller er der udtaget vindbølge-data for fire lokationer, som angivet på Figur 3.20, for at kunne sammenligne de naturligt forekommende bølger med færgebølgerne.



Figur 3.20 Positioner, hvor naturligt forekommende bølger er fastlagt.

Samsø rederi har estimeret 40-50 sejlads om året på nødruten i perioden oktober-marts, og hver færgepassage vil generere ca. 10 bølger. Der vil altså optræde op til ca. 500 færgebølger om året, hvor nødruten benyttes. Bølgeperioden vil være 5-7s. Hvis middel-bølgeperioden antages at være 7s, vil der således optræde færgebølger fra nødrutesejlad ved kysterne i ca. 1 time om året. Dette svarer til ca. 0,01% af tiden. Bølgehøjderne for færgebølgerne er i det følgende - konservativt - sat til at være 0,2m ved kysterne.

Figur 3.21 viser – for Position A, hvor hyppigt vindbølger fra østlige retninger optræder, i form af en figur som viser, hvor hyppigt en given bølgehøjde optræder. Som eksempel kan det ses, at vindbølger fra østlige retninger med en bølgehøjde større end 0,6m optræder i 10% af tiden på årsbasis. Resultatet for de naturligt forekommende vindbølger er vist som overskridelseshyppighed af signifikante bølgehøjder (hvor den maksimale bølgehøjde vil være større). Det skal bemærkes, at de beregnede og rapporterede færge-bølgehøjder er de estimerede maksimale bølgehøjder i et bølgetog af færgebølger.

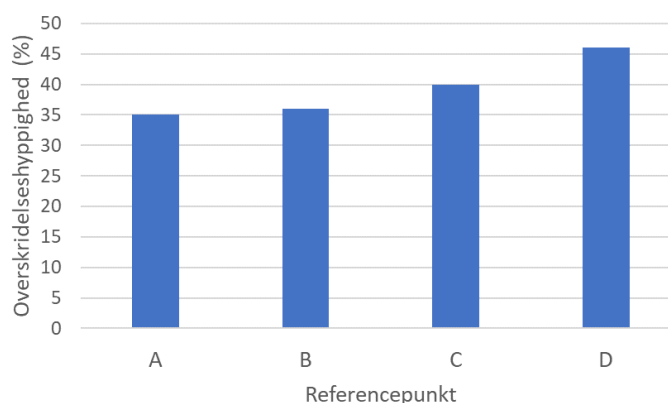


Figur 3.21 Overskridelsessandsynlighed (%) for bølgehøjder ved Position A (Figur 3.20). Naturligt forekommende vind-bølgehøjder fra østlige retninger. H_{m0} angiver den signifikante bølgehøjde.

Som eksempel ses på Figur 3.21, at bølgehøjden for de naturligt forekommende vindbølger fra øst, som optræder med samme hyppighed (0.01% af tiden) som færgebølgerne fra nødruten, er ca. 1,7m, hvor færgebølgerne er mindre end 0,2m jfr ovenfor. På figuren kan også aflæses, at naturligt forekommende bølger med samme eller større bølgehøjde end færgebølgerne optræder i ca. 30-40% af tiden (mod 0,01% for færgebølgerne). Med andre ord optræder færgebølger på ca. 0,2m i ca. 1 time om året ved Position A, hvor naturligt forekommende bølger med bølgehøjde større end 0,2m optræder i ca. 3000 timer årligt – altså mere end 3000 gange hyppigere.

Figur 3.22 viser overskridelseshyppigheden for en signifikant bølgehøjde på 0,2m for de fire referencepositioner, og det ses, at billedet er det samme for de øvrige positioner – dvs. at hyppigheden af de naturligt forekommende bølger med samme bølgehøjde som færgebølgerne er langt større end hyppigheden af færgebølgerne.

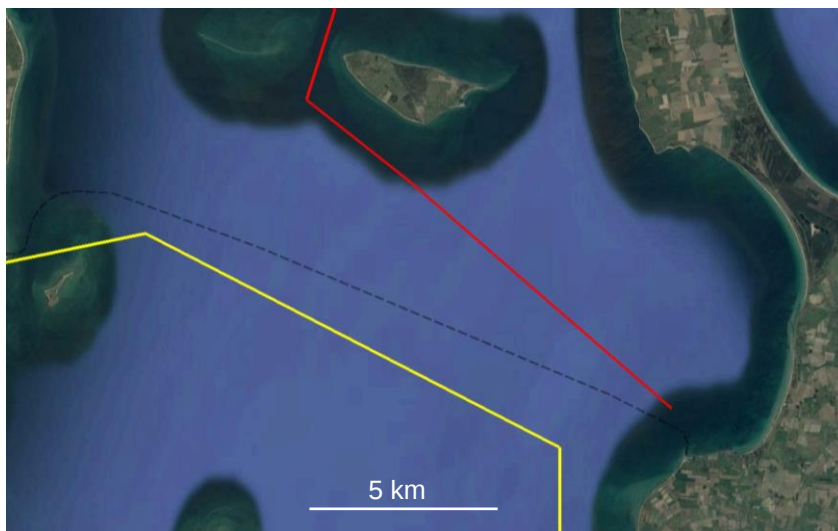
Derfor konkluderes det, at færgebølgerne indvirkning på kysternes erosionsforhold, sedimenttransport og morfologi er ubetydelig.



Figur 3.22 Overskridelsessandsynlighed (%) for signifikant bølgehøjde = 0,2m for naturligt forekommende bølger ved Position A-D. For Position A-C er der tale om bølger fra østlige retninger, mens der for Position D er tale om bølger fra SE-SW (som er relevant for sydsiden af Tunø).

3.4.2 Påvirkning på Natura 2000 områder

Den planlagte rute passerer 3-5 km fra Natura 2000 område nr. 56 (se Figur 3.23). De potentielle fysiske indvirkninger omfatter en kortvarig ændring af bølgeforskydningerne langs sejlruerne ved hver passage af færgen pga. de af færgen genererede bølger. De største færge-genererede bølger i området er mindre end 0,05 m høje. Til sammenligning er de vind-genererede bølger i området væsentlig større og hyppigere. Baseret på DHI's eksisterende vind-bølgemodeller findes det, at bølgehøjden ved Natura 2000 område nr. 56 større end 0,5 m i ca. 25% af tiden. Derfor konkluderes det at indvirkningerne af hurtigfærgesejladser i området at være ubetydelige.



Figur 3.23 Markering af nødrute (rød) samt nordlig afgrænsning af Natura 2000 område 56 (gul).

3.4.3 Partikelhastigheder på havbunden langs ruten

Det vurderes for hele nødruten, at re-suspension af sediment og tilhørende stigning i turbiditet som følge af færgebølgerne vil være ubetydelige. Dette skyldes de aktuelle vanddybder, de begrænsede færge-bølgehøjder og at vindbølgerne er væsentlig større og hyppigere end færgebølgerne.

4 Referencer

- [1] DHI-11823709 (2021). Vurdering af bølgeforhold for hurtigfærge på ruten Sælvig-Aarhus. Rapport.
- [2] DHI – Fartændring for HSC Lilleøre. 27. januar 2022. Brev.
- [3] Samsø Rederi – Bilag 2. Ruteplan_v02. Oversigt.