

Kriegers Flak Havmøllepark

Sejladsforhold
VVM-redegørelse
Teknisk baggrundsrapport
Oktober 2015

NIRAS

DNV·GL



Denne rapport er udarbejdet for Energinet.dk som en del af VVM-redegørelsen for Kriegers Flak Havmøllepark. Rapporten er udarbejdet af DNV GL i samarbejde med NIRAS.

Sejladsforhold

VVM-redegørelse for Kriegers Flak Havmøllepark

Teknisk baggrundsrapport

Oktober 2015

Revision - Endelig version

DNV-GL

Arbejde udført af:

JORA

Arbejde verificeret af:

LSNI

Godkendt af:

NBK

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse.....	iii
1. Rettelser i den endelige revision af rapporten.....	1
1.1 Vedrørende ændringer i havmølleparkens layout	1
1.2 Sammenfatning	3
2. Resumé	4
3. Indledning.....	6
3.1 Formål med denne baggrundsrapport	7
4. Projektbeskrivelse	7
4.1 Vanddybde.....	8
4.2 Strøm og tidevand	9
4.3 Bølger.....	9
4.4 Vind.....	9
4.5 Is	10
4.6 Geologi.....	10
4.7 Havmølleparkens layout.....	11
4.8 Afmærkning for fly- og skibstrafik	13
4.9 Havmølle- og transformerfundamenter.....	14
4.10 Installation	15
5. Beskrivelse af aktiviteter, der kan medføre en potentiel påvirkning af sejladssikkerheden	16
6. Metode	17
6.1 Worst Case Scenario.....	18
6.2 Analysemetode.....	19
7. Hazard-identifikation.....	20

8.	Skibstrafik og sejlruiter	21
8.1	Datagrundlag, handelstrafik.....	21
8.2	Trafiktæthed.....	22
8.3	Normering af datagrundlaget.....	25
8.4	Rutelægning af trafikken	26
8.5	Geometrisk spredning af trafikken.....	29
8.6	Klassifikation af skibe	30
9.	Risikovurdering for fiskeri aktiviteter og lystsejlere	41
9.1	Fiskeri	41
9.2	Lystsejlere.....	48
10.	Vurdering af slæb i området omkring parken samt sandindvinding på Krigers Flak	48
10.1	Slæber og slæb	48
10.2	Sandindvinding på Kriegers Flak.....	50
11.	Vurderinger af påvirkninger i driftsfasen – frekvensanalyse	52
11.1	Skib – havmølle-kollisioner	52
11.2	Resume af kollisionsfrekvenser for Base casel.....	52
11.3	Base case - drivende skib kollisioner	53
11.4	Base case – direkte påsejling.....	56
11.5	Base case – skib-skib kollisioner.....	57
11.6	Inkludering af det tyske nødberedskab.....	58
12.	Vurderinger af påvirkninger i driftsfasen – færgeruteomlægning.....	58
13.	Konsekvensanalyse ved færgekollision.....	64
14.	Kompasforstyrrelser fra ilandføringskabler	66
15.	Vurderinger af påvirkninger i anlægsfasen	67
16.	Vurderinger af påvirkninger i afviklingsfasen	68

17.	Mulige risikoreducerende tiltag	68
17.1	Identificerede tiltag.....	68
18.	Konklusion	69
19.	Referencer	73
20.	Bilag	74

BILAGSOVERSIGT

Bilag 1	Koordinater for havmøller og transformerplatforme i Kriegers Flak Havmøllepark.
Bilag 2:	Koordinater for havmøller i havmølleparken Baltic II.
Bilag 3	Beskrivelse af beregningsværktøjet MARCS.

1. Rettelser i den endelige revision af rapporten

Efter udfærdigelsen af revision 1 af denne rapport er Energinet.dk's projektbeskrivelse for Kriegers Flak Havmøllepark opdateret med hensyn til ændringer af havmølleparkens layout.

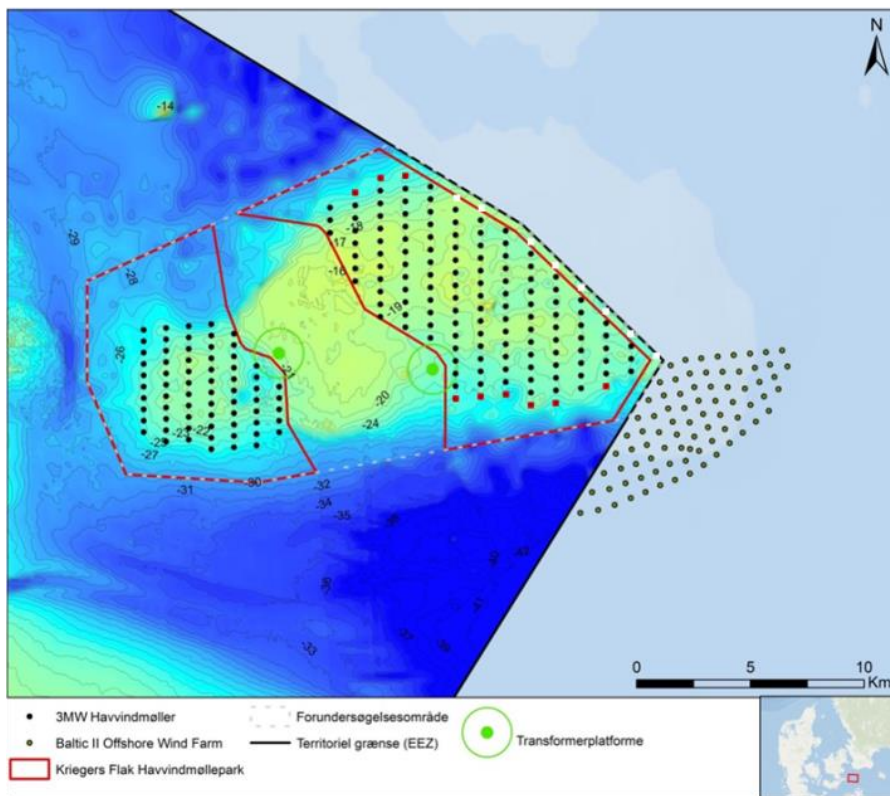
Havmølleparkens layout er en grundlæggende forudsætning for de beregnede kollisionsfrekvenser og kan derfor ikke tages ud af beregningerne uden at give et misvisende billede af rapportens resultater. Følgende afsnit vil derfor adressere ændringerne i projektbeskrivelsen i forhold til den forestående analyse.

1.1 Vedrørende ændringer i havmølleparkens layout

Mølleparkens layout er ændret, idet enkelte havmøller var placeret for tæt på EEZ-grænserne til Tyskland og Sverige.

Der er i projektbeskrivelsen (Energinet.dk, 2014) givet mulighed for opførelse af hhv. 3 MW eller 10 MW havmøller som i alt skal give en kapacitet på 600 MW. Frekvensanalysen foretaget i denne rapport er baseret på 3 MW-løsningen, som indebærer tættere placerede møller og dermed den største risiko for kollision.

Af Figur 1-1 viser det mulige layout for 3 MW havmøller, der fremgår af den seneste version af projektbeskrivelsen. I dette opstillingsmønster er havmøller beliggende tættest op af EEZ grænsen rykket til hhv. den nordlige og sydlige del af Kriegers Flak Øst, og den østlige del af havmølleparken har nu totalt set 135 havmøller i modsætning til tidligere 134.



Figur 1-1: Nyt havmøllelayout. Røde prikker illustrerer nye møllepositioner, hvide prikker illustrerer gamle møllepositioner.

Betragtes Figur 11-1 sammen med Figur 8-6 ses at de for parken kritiske sejlruiter er identificeret til rute, 1, 2 (syd for Kriegers Flak) og 8 (gående parallelt med den territoriale grænse mod nord).

I forhold til kollisionsfrekvensen for hver af disse ruter medfører det nye møllelayout følgende:

- Fjernelse af den yderste møllerække, der går parallelt med den territoriale grænse, vil sænke kollisionsfrekvensen for rute 8, idet afstanden til parken vil blive forøget.
- Tilføjelse af en række havmøller mod syd vil forøge kollisionsfrekvensen for rute 1 og 2, idet afstanden til ruterne vil blive mindsket. Det vurderes dog, at kollisionsfrekvensen for rute 2, som er vestgående, vil forblive upåvirket, idet havmølleparken Baltic II vil afskærme for den nye række havmøller.

Den i Tabel 18-1 beregnede kumulative kollisionsfrekvens er dog vurderet til at være uforandret, idet frekvensændringerne i rute 1 og 8 er vurderet at ville udligne hinanden.

1.2 Sammenfatning

Idet ovenstående forhold (møllelayout) er en modelforudsætning for nærværende frekvensanalyse, er kaptitlerne (afsnit 6-18,) der beskriver dette, ikke opdateret således, at de afspejler den reviderede projektbeskrivelse (Energinet.dk, 2014). De indledende kapitler (afsnit 2-5), som ikke direkte vedrører frekvensmodellen og dens antagelser, er dog opdateret til at afspejle den nye projektbeskrivelse.

På baggrund af ovenstående afsnit kan det konkluderes, at denne rapportes resultater stadig er retvisende.

2. Resumé

Denne rapport omhandler sejladsrisikovurderingen for en ny havmøllepark ved Kriegers Flak, der er placeret ca. 15 km øst for Møn. Området grænser op til den svenske og tyske territorial grænse. På den tyske side er havmølleparken Baltic II under opførelse.

En detaljeret risikovurdering er udført for den 600 MW store havmøllepark. Da de endelige mølleplaceringer ikke kendes, er der generelt anvendt et "worst case scenario", der er defineret som base case, således at den fundne risiko er konservativ (på den sikre side). "Worst case scenariet" er for 3 MW havmøller, da dette giver flere møller end eksempelvis 10 MW layoutet, og dermed en højere sandsynlighed for en skib - havmølle-kollision. Analysen dækker hovedsagelig operationsfasen, da informationer om konstruktionsfasen og afviklingsfasen, såsom antal installationsfartøjer, operationshavn, fundaments koncept osv., er ukendt. Der er således kun givet en kvalitativ vurdering af konstruktionsfasen og afviklingsfasen.

Risikovurderingen er baseret på anerkendte matematiske modeller, som typisk anvendes til sådanne analyser, hvor de anvendte modelparametre er baseret på historiske (statistiske) data. For nærværende analyse er der hovedsagelig anvendt de samme parametre, som anvendes for lignende analyser i Tyskland, og metode og parametervalg er aftalt og accepteret af Søfartsstyrelsen.

Resultatet af risikoanalysen er estimater som eksempelvis den gennemsnitlige tid mellem to ens hændelser såsom kollisioner mellem skib og en havmølle.

Via den stokastiske model kan de forskellige usikkerheder kvantificeres og den tilhørende usikkerhed medtages. Risikoanalysen bidrager derfor til en rationel beslutningsproces, som i denne analyse bruges til at bestemme den bedste lokalitet til mølleparken med hensyn til sejladsikkerhed.

Analysen omhandler følgende emner:

- En evaluering af mulig forøgelse af skib-skib kollisionsrisikoen som følge af etableringen af Kriegers Flak mølleparken.
- En estimering af skib-mølle kollision i driftsfasen.
- En identificering af mulige risikoreducerende tiltag, som eventuelt kan blive implementeret.

For at evaluere kollisionsrisikoen er skibstrafikken omkring Kriegers Flak identificeret. Dette betyder, at sejlruiter og skibenes fordeling efter størrelse og skibstype er bestemt for hver sejlroute.

Området ved Kriegers Flak er placeret forholdsvis langt fra land, og det er således kun lystsejlere på et længere togt, der vil passere havmølleparken. Hertil kommer, at denne

skibstrafik er relateret til nogle få sommermåneder. Da denne type skibe ikke medfører en stor miljørisiko (olie udslip eller lignende), og de ikke er i stand til at beskadige havmøllerne, er de ikke medtaget fuldt ud i den kvalitative analyse, men en kvalitativ vurdering er inkluderet.

Skibe dækket af SOLAS (Safety Of Life At Sea, større end 300 BT samt alle færger og farligt godsskibe mindre end 300 BT) samt øvrige skibe udrustet med AIS (Automatic Identification System) er medtaget.

Alle skibe over 300 BT, som sejler på internationale ruter, samt alle passager- og tankskibe skal være udstyret med AIS. For andre skibe gælder det alle skibe over 500 BT. EU-regler påkræver også, at fiskefartøjer ned til 15 meters længde har AIS. Nogle lystsejlere og mindre fiskefartøjer er også medtaget i analysen, da det bliver mere og mere almindeligt at udruste disse fartøjer med AIS på grund af den begrænsede pris for dette.

Indflydelsen på og fra fiskeskibe er vurderet. Datagrundlaget for dette er VMS data, der giver et detaljeret billede af fiskeaktiviteterne i området. To modeller er opstillet for kollision mellem fiskefartøjer og havmølleparken. Disse modeller er usikre, men meget forsigtige værdier er anvendt, og det er samtidig antaget, at fiskeaktiviteten for flydetrawl vil være uændret, efter havmølleparken er etableret. Dette vurderes, at være meget på den sikre side. På baggrund af dette, er det vurderet, at fiskerikollisioner sker med en forventet returperiode¹ på ca. 9 år. Konsekvensen ved en kollision mellem mølle og trawler vil, pga. fartøjets størrelse og lave fart, kun give mindre skader (ridser, buler) på fiskekutterne. Tilsvarende vil havmølle eller transformerplatform også kun få ubetydelige skader. For yderligere information henvises til baggrundsrapporten omkring fiskeri ved Kriegers Flak.

Med udgangspunkt i de identificerede sejlruiter med tilhørende skibstrafik og modelparametre, er skib-offshore transformerplatform og skib-mølle kollisionsfrekvenserne bestemt. Den samlede kollisionsfrekvens for skibskollision mod Kriegers Flak havmøllepark er bestemt til $1,4 \cdot 10^{-2}$ svarende til en returperiode mellem to kollisioner på 72 år (hhv. 72 år for drivende skibe og 377.000 år for direkte påsejling). Dette er for "worst case" scenariet for 3MW havmøller, hvor indflydelsen fra havmølleparken Baltic II er medtaget. Denne havmøllepark har en positiv indflydelse på kollisionsfrekvensen pga. Kriegers Flak Havmøllepark, da enkelte sejlruiter flyttes længere væk fra Kriegers Flak Havmøllepark som følge af etableringen af Baltic II.

Til sammenligning kan det oplyses, at for havmølleparken Horns Rev 2 blev returperioden for en kollision mellem skib og mølle fundet til mellem 84 år og 230 år afhængig af,

¹ Returperiode er den gennemsnitlige tid mellem to kollisioner

om det var den mulige sydlige placering eller placeringen nord for revet, som dermed giver en vis beskyttelse mod kollision. For havmølleparken Rødsand 2 er returperioden nede på ca. 20 år, hvilket skyldes den store trafik lige syd for mølleparken. En returperiode på 72 år vurderes derfor at være acceptabel.

En konsekvensanalyse for en eventuel kollision mellem en færge på Trelleborg og Rostock/Travemünde er udarbejdet baseret på statistik fra færgekollisioner fra hele verden. Ud fra specifikke informationer fra TT-Lines som sejler på disse ruter vurderes de fundne resultater til at være acceptable.

På baggrund af dette er det årligt gennemsnitlige antal tab af menneskeliv på grund af færge – mølle kollision fundet til $4,87 \cdot 10^{-3}$ svarende til en person per 205 år.

Ovenstående returperiode er domineret af tilfældet for drivende kollision. Konsekvensen for drivende kollision er i beregningen meget konservativ (6 tab af menneskeliv ved kollision). Det kan argumenteres for at skibet ved drivende kollision antageligvis vil drive med omkring 2-4 knob. Det vil være meget usandsynligt, at 6 personer vil omkomme ved en sådan "blød" påvirkning. I forbindelse med et black-out vil der være god tid for besætningen til at dirigere passagerene over i den modsatte side af skibet, i forhold til den retning skibet driver, og derved begrænse skaderne til mindre personskade.

Endelig er forskellige mulige risikoreducerende tiltag identificeret. Disse kan implementeres, hvis risikoen findes for høj, eller hvis de tilhørende omkostninger ved at indføre det pågældende tiltag er begrænset. Vurderingen af disse er ikke inkluderet i nærværende rapport.

Sejladsanalysen er baseret på AIS-data fra 2010-2011 samt en mindre mængde data fra 2012-2013. Da der kan have været ændringer i trafikmønsteret i de forløbne år, bør analysen opdateres med nyere data, når havmølleparkens endelige layout kendes.

Der bør desuden gennemføres en nærmere undersøgelse af påvirkningerne af det eksisterende sørednings- og eftersøgningsberedskab (SAR), når havmølleparkens endelige layout kendes, således at SAR-opgaver i området kan tilrettelægges med udgangspunkt i sejladsforholdene mellem havmøllerne.

3. Indledning

Nærværende rapport omhandler sejladsrisikovurderingen for en ny havmøllepark ved Kriegers Flak, der er placeret øst for Møn. Analysen udgør en del af den samlede VVM redegørelse for projektet, der udføres på vegne af Energinet.dk

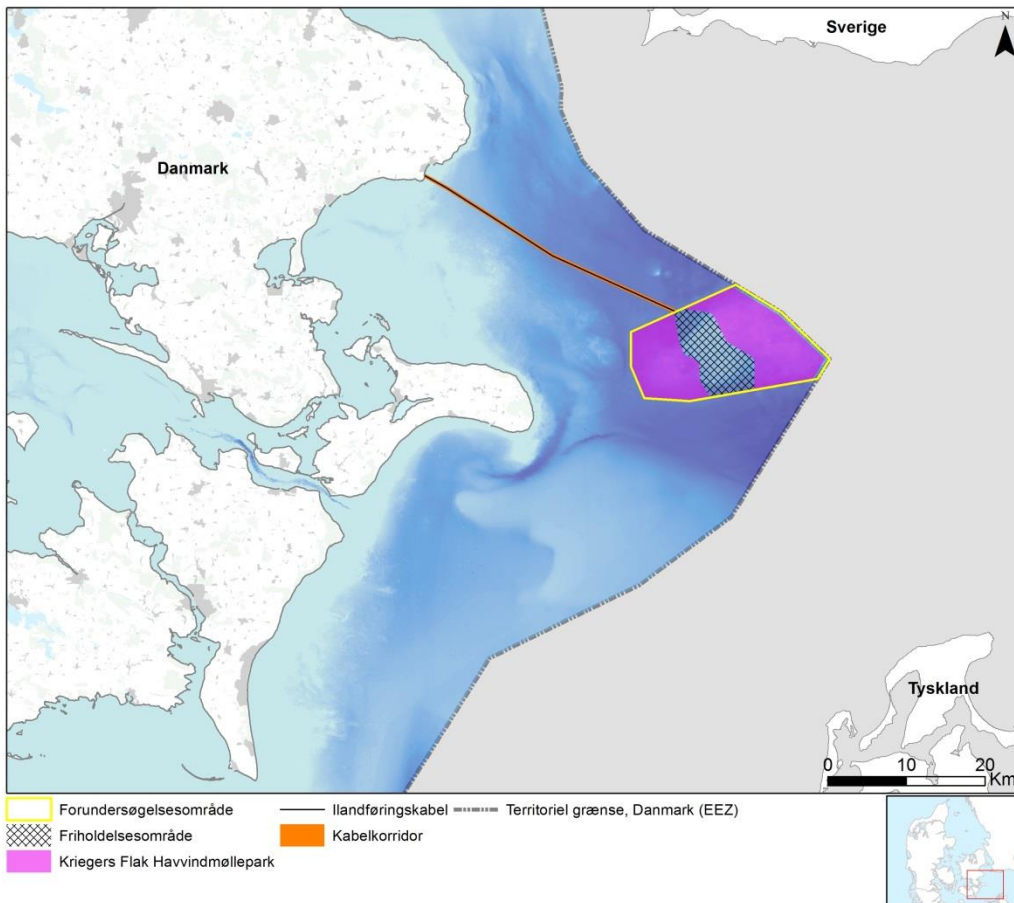
3.1 Formål med denne baggrundsrapport

Formålet med nærværende analyse omkring sejladsforhold for Kriegers Flak er at vurdere, hvordan og hvor meget skibstrafikken i området påvirkes, og estimere den øgede risiko, der opstår, når Kriegers Flak Havmøllepark etableres.

4. Projektbeskrivelse

Den planlagte Kriegers Flak Havmøllepark (600 MW) er beliggende omtrent 15 km øst for den danske kyst i den sydlige del af Østersøen tæt på grænsen til de eksklusive økonomiske offshore zoner (EEZ) tilhørende Sverige, Tyskland og Danmark, se Figur 4-1. På det tilgrænsende tyske territorium er havmølleparken Baltic II i øjeblikket under opførelse. I svensk territorium er der allerede foretaget forundersøgelser og VVM til havmøllepark, men den egentlige konstruktion er for øjeblikket på stand by.

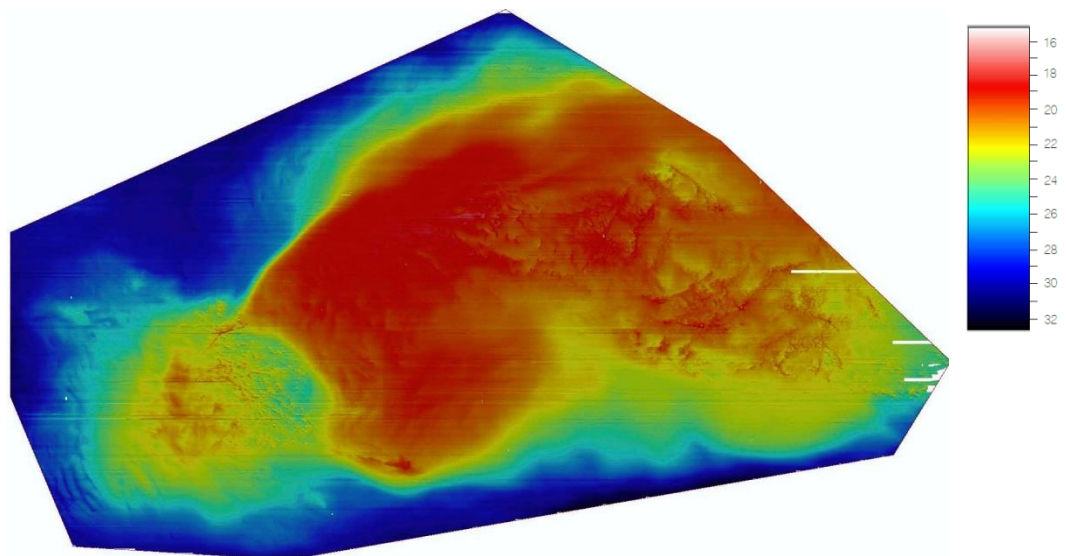
Det område, som er udpeget til forundersøgelser, dækker et areal på omtrent 250 km² og omkranser det bathymetriske højdedrag ved navn Kriegers Flak, et lavvandet område på omtrent 150 km². Centralt beliggende i forundersøgelsesområdet er et areal på ca. 28 km² reserveret til sandindvinding og således uden tilladelser til anbringelse af offshore havmølleinstallationer. Dermed bliver havmøllerne fordelt i henholdsvis en østlig (110 km²) og en vestlig del (69 km²). Den vestlige del omfatter 200 MW, den østlige del 400 MW.



Figur 4-1: Den planlagte beliggenhed af Kriegers Flak Havmøllepark (600 MW) på dansk søterritorium og den tilhørende kabelkorridor med ilandføring ved Rødvig. Området er angivet som et polygon på ca. 250 km². Omtrent midt i forundersøgellesområdet er der et område, som er udlagt til råstofindvinding.

4.1 Vanddybde

Vanddybden i de centrale dele af Kriegers Flak er mellem 16 og 20 meter, hvorimod vanddybden i områdets periferi er mellem 20 og 25 meter. Langs de nordlige, sydlige og vestlige kanter af undersøgellesområdet er vanddybden mere end 25 til 30 meter, se Figur 4-2.



Figur 4-2: Vanddybdevariation i undersøgelsesområdet på Kriegers Flak.

4.2 Strøm og tidevand

Strømforholdene i denne del af Østersøen er meget varierede og påvirket hovedsageligt af vinden, af vandrette densitetsgradienter og af variationer i vandniveau, som igen er afhængige af faktorer som høj- og lavtryk og lejlighedsvis vinterstorme. Strømmen er dog typisk meget begrænset i størrelse.

Der er så godt som ingen forskel på høj- og lavvande i Østersøen.

4.3 Bølger

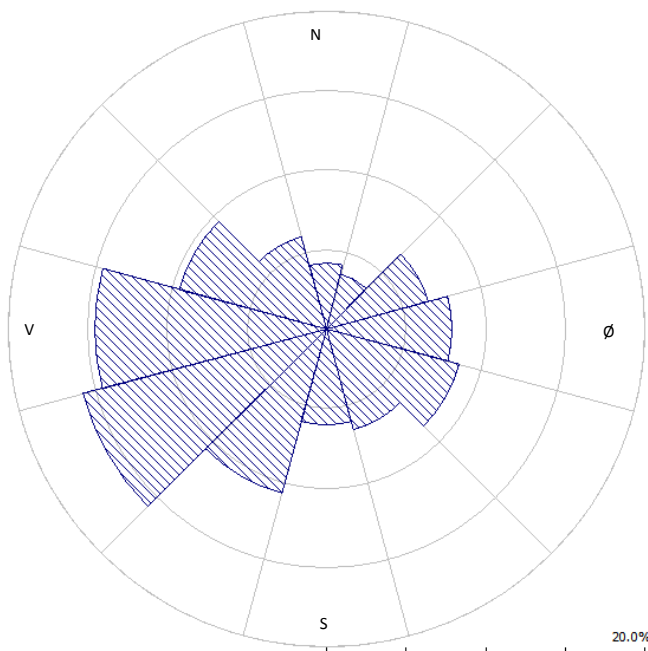
Størrelsen af et oprørt hav afhænger af vindstyrke, vindretning og varighed. Dønninger spiller en mindre rolle ved Kriegers Flak og forekommer forholdsvis sjældent, nemlig cirka 4 % af tiden.

Havblik med bølger på 0 – 0,5 meter er karakteristiske fra maj til august. Moderat hav med en bølgehøjde på 1 – 1,5 meter forekommer en tredjedel af året. Oprørt hav med bølger på 2 – 3 meter er almindelige om efteråret og vinteren og ses oftest i november og december.

4.4 Vind

Om sommeren er området ved Kriegers Flak domineret af vestenvind, mens østenvind er ret almindeligt om vinteren. Vindretningen ligger mellem sydvest og nordvest lidt over 50 % af tiden.

I Figur 4-3 er vist en vindrose for området, og denne vindrose er anvendt i forbindelse med analysen for kollision med drivende skib.



Figur 4-3: Vindrose for Kriegers Flak.

4.5 Is

Temperaturen i den østlige del af Østersøen varierer stærkt fra år til år, og mængden af is er derfor varierende. Det typiske er dog, at der sjældent er is i denne del af Østersøen.

På grund af den begrænsede mængde is og periode for isdække vurderes det, at dette ikke vil have indflydelse på den kommercielle skibstrafik i området.

4.6 Geologi

Geologisk set består Kriegers Flak af kvaternære sedimenter, herunder især glacialt moræneler og sand og ler, overlejret af forskellige marineaflejringer. Endelige er der kalkaflejringer, som kan sammenlignes med den nærliggende glacialt deformerede kalk ved Møns Klint.

Der er to aflange morænebakker mod nordvest – sydvest i den østlige og sydvestlige del af området, og generelt må det forventes, at den overordnede geologiske afgrænsning af området er N/S eller N/V orienteret som følge af gennemløb af mindst to gletchere fra øst (S/Ø).

Vanddybden i området er også passende for ankring, og den øverste del af havbunden er ideel for ankring dvs., sandsynligheden for succesfuld ankring er stor i tilfælde af, at et skib kaster anker, og dette er medtaget i kollisionsmodellen.

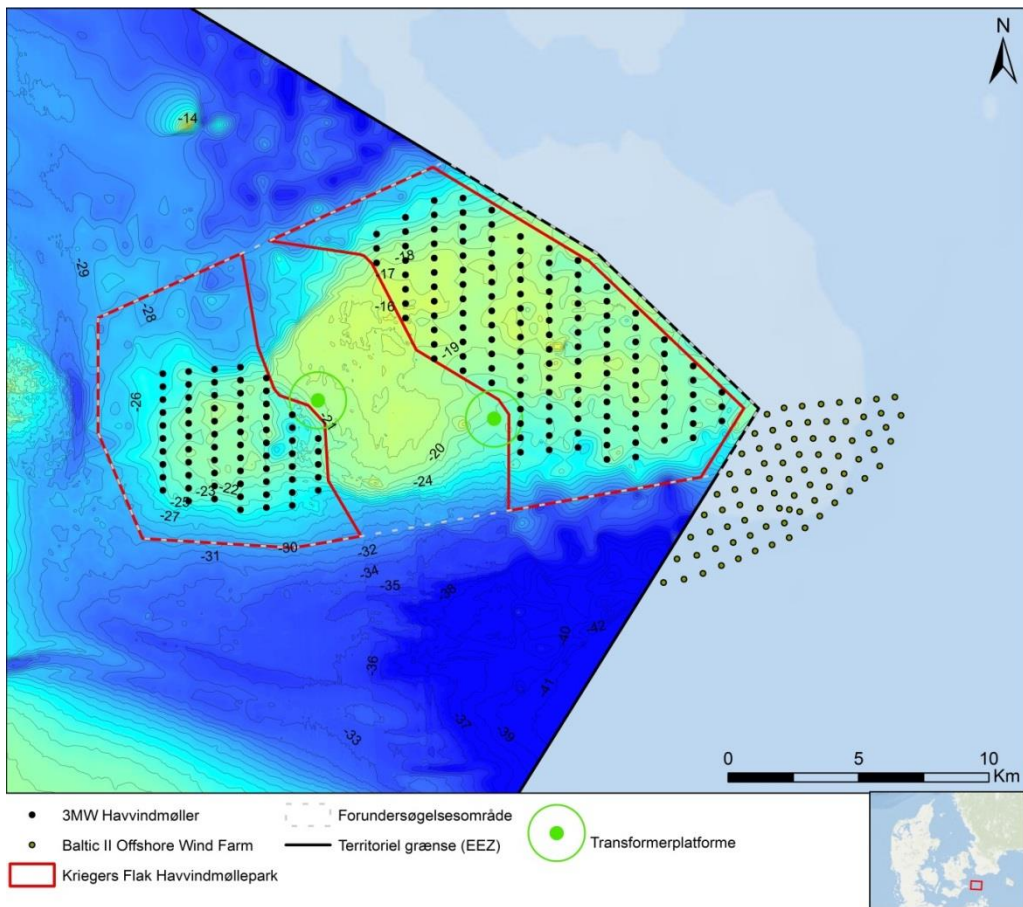
4.7 Havmølleparkens layout

Som en del af grundlaget for vurdering af virkningerne på miljøet (VVM) er mulige og sandsynlige layouts af Kriegers Flak Havmøllepark vurderet. Disse parklayouts anvendes i VVM-redegørelsen, men det skal understreges, at det endelige parklayout kan ændres, da det bestemmes af koncessionshaver. Mulige parklayouts for 3 MW og 10 MW havmøller fremgår af Figur 4-4 og Figur 4-5. Den mindste afstand under vingspids skal være 20 meter i forhold til Highest Astronomical Tide (HAT).

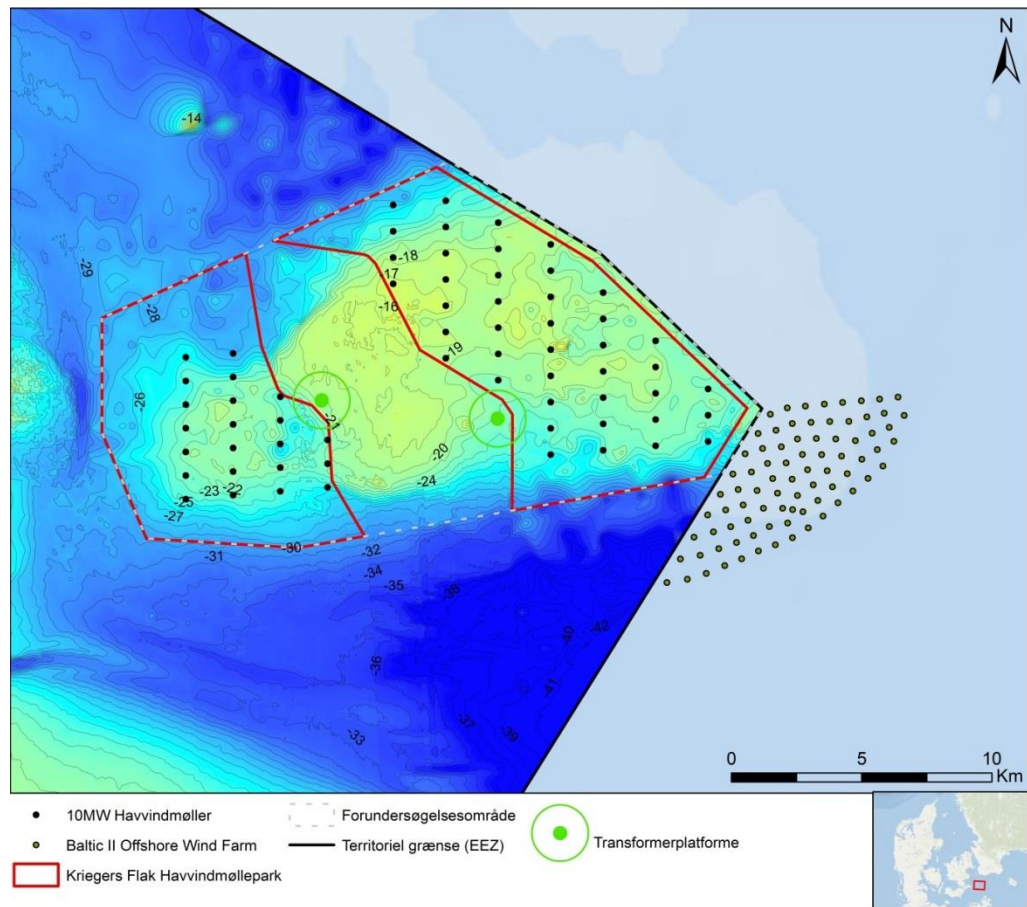
Den installerede kapacitet på Kriegers Flak er begrænset til 600 MW. Udgangspunktet for nærværende tekniske projektbeskrivelse, som danner grundlag for vurdering af virkninger på miljøet er, at kapaciteten af hver enkelt havmølle vil være mellem 3 og 10 MW. Afhængigt af, hvilken møllestørrelse, der vælges, vil mølleparken komme til at bestå af mellem 60 og 200 havmøller for at nå den installerede effekt på 600 MW. Der gives desuden mulighed for at etablere ekstra havmøller for at sikre, at en tilstrækkelig strømproduktion opretholdes selv i perioder, hvor havmøller er ude af drift. Ved 3 MW gives mulighed for at etablere 203 havmøller, mens der ved 10 MW gives mulighed for at etablere 64 havmøller. Det præcise design og udseende af havmøllen vil afhænge af producenten, som bliver valgt af den kommende koncessionshaver.

I forbindelse med udarbejdelsen af den tekniske projektbeskrivelse er der indsamlet oplysninger om aktuelle havmøller fra forskellige producenter. Den tekniske projektbeskrivelse tager udgangspunkt i de mindste og største mølletyper, som er aktuelle for Kriegers Flak. Derved sikres det, at alle havmøletyper mellem 3 MW og 10 MW uanset havmølleproducent er indeholdt i projektbeskrivelsen.

Havmølleparkens maksimale kapacitet er begrænset til 600 MW. Analysen er udført for "worst case scenariet", hvor en lille mølle (3 MW) er antaget, således at antallet af møller er størst muligt. For yderligere beskrivelse henvises til afsnit 6.1.



Figur 4-4: Muligt parklayout med 3 MW havmøller opdelt på den østlige (400 MW) og vestlige del (200 MW) af Kriegers Flak (omkranset af rød linje). Den stiplede linje angiver forundersøgsområdet. De to grønne cirkler markerer placeringen af transformerplatforme. I det sydøstlige hjørne af kortet vises havmøllerne i den tyske havmøllepark Baltic II.



Figur 4-5: Muligt parklayout med 10,0 MW havmøller opdelt på den østlige (400 MW) og vestlige del (200 MW) af Krigers Flak (omkranset af rød linje). Den stiplede linje angiver forundersøgelsesområdet. De to grønne cirkler markerer placeringen af transformerplatforme. I det sydøstlige hjørne af kortet vises havmøllerne i den tyske havmøllepark Baltic II.

4.8 Afmærkning for fly- og skibstrafik

Havmøllerne skal afmærkes, så de er synlige for skibe og luftfartøjer i overensstemmelse med Søfartsstyrelsens og Trafikstyrelsens krav. Herunder beskrives de forventede krav til lys og afmærkning.

Krigers Flak Havmøllepark vil blive markeret på relevante aeronautiske kort, som krævet af Transportministeriet. Samtidig vil parken blive lysafmærket efter kravene for flytrafikken (civil og militær) samt søfarten. Det forventes, at der skal etableres to separate systemer for at opfylde kravene til både flytrafikken og søfarten. Lysafmærkningen skal synliggøre havmølleparkens udvikling både for flytrafikken og søfarten.

De endelige krav til lysafmærkning vil blive fastlagt af Søfartsstyrelsen og Transportministeriet, når det endelige layout og havmøllernes højder er bestemt.

Afmærkning for skibstrafik

Afmærkning med navigationslys på havmøllerne forventes at følge nedenstående beskrivelse, men den konkrete afmærkning skal aftales mellem koncessionshaver og Søfartsstyrelsen, når parklayoutet er endeligt besluttet.

- Alle havmøller, som er placeret i hjørnerne og ved skarpe bøjninger langs perimetren af havmølleparken (betydelige perifere strukturer = SPS), skal mærkes med et gult lys. Derudover skal andre havmøller langs mølleparkens perimeter være mærket, således at der vil være en maksimal afstand mellem SPS-definerede havmøller på 2 sømil.
- Det gule lys skal være synligt i en vinkel på 180 grader langs havmølleparkens perimeter og 210-270 grader for havmøller, som er placeret i hjørner. Lyset placeres typisk omkring 5-10m oppe på overgangsstykket. Lyset skal blinke synkront med 3 blink pr. 10 sekunder og med en effektiv rækkevidde på mindst 5 sømil, hvilket svarer til ca. 75 candela. Møller inden for havmølleparkens perimeter vil ikke blive markeret.
- Den øverste del af fundamentet skal males gul med udgangspunkt i IALA (International Association of Lighthouse Authorities) forskrifter. Hver havmølle skal have et individuelt identifikationsnummer, der er skrevet med sort på gul baggrund. Indirekte lys vil oplyse den del af den gule markering, hvor havmøllens identifikationsnummer er malet.
- Afmærkning af Kriegers Flak Havmøllepark forventes synkroniseret med afmærkningen af havmølleparken Baltic II.
- Det forventes, at Søfartsstyrelsen, afhængigt af den konkrete udformning af havmølleparken, vil kræve racon på den vestlige del af Kriegers Flak Havmøllepark.
- Afmærkning af transformerplatforme afhænger af deres placering i forhold til havmøllerne. Placeringen af transformerplatformene er fastlagt, men udformningen af havmølleparken besluttet af den kommende koncessionshaver. Hvis transformerplatformen placeres uden for havmølleparkens område, vil der vil sandsynligvis blive stillet krav om, at transformerplatformene markeres med hvide, blinkende lanterner, som kan ses på en afstand af 10 sømil. Specifikationer for denne markering skal aftales med Søfartsstyrelsen.
- Der etableres i byggeperioden en sikkerhedszone på typisk 500 m rundt om havmølleparken, og rundt om transformerplatformene, hvis disse placeres uden for selve havmølleparken.

4.9 Havmølle- og transformerfundamenter

Havmøllerne installeres på fundamenter, som står fast på havbunden. Der tages i nærværende tekniske projektbeskrivelse udgangspunkt i fire typer af havmølle-fundamenter og disse danner rammen fra vurderingerne af virkninger på miljøet (VVM-redegørelsen)

De fire typer er:

- Monopæl fundament af stål.
- Gravitationsfundament af beton.
- Jacketfundament.
- Bøttefundament.

Møllediameteren i vandlinjen antages til 10 m. Dette er på den sikre side for monopæle og skaffet på gravitationsfundamenter. Det vil være ikke konservativt for jacketfundamenter, men denne fundamentstype vil kun være relevant ved meget store møller (og dermed et mindre antal møller), så den for lille diameter vurderes i dette tilfælde at opvejes af færre møller. I tilfælde af at et gravitationsfundament vælges, anbefales det, at fundamentsplade og ballastceller nedsænkes i havbunden for de mest udsatte møller, eller at der laves anden form for afværgeforanstaltning.

Fundamenter og mølletårne skal udformes på en "kollisionsvenlig" måde, således at der ikke er skarpe kanter, der kan virke som en dåseåbner på et skibsskrog, der måtte komme i kontakt med fundament/mølle.

4.10 Installation

Installationen af en monopæl vil komme til at foregå enten fra et jack-up fartøj eller fra et skib, der er monteret med 1 til 2 marinekraner, inklusiv udstyr. Herudover vil der være andre fartøjer som support jack-up fartøj, ledsagefartøj, slæbebåd, sikkerhedsbåd samt fartøj til personaletransport.

I tilfælde af et tyngdebaseret fundament vil installationen blive noget forskellig fra ovenstående. Inden installation er det oftest nødvendigt med en forberedelse af havbunden. Det øverste lag materiale på havbunden bliver fjernet og erstattes med en stenbund. Idet fundamentet placeres på havbunden, fyldes det ud med et passende ballastmateriale, og der installeres eventuelt et stål "skørt" rundt om fundamentbasen, som skal trænge ned i havbunden og fastholde havbunden nedenunder basen.

På grund af transformerplatformenes størrelse vil der højst sandsynlig være tale om jacketfundamenter. Installationen vil være meget lig en monopæl, men der vil være tale om kranskip i stedet for en jack-up rig.

Konstruktionsaktiviteterne forventes at skulle gennemføres 24 timer i døgnet, indtil konstruktionen er komplet, idet man dog naturligvis tager højde for vejrforholdene.

Under konstruktion og idriftsættelse af havmølleparken etableres en sikkerhedszone på typisk 500 meter med henblik på at beskytte etableringsarbejde og personel. Endelig størrelse af sikkerhedszone skal godkendes af Søfartsstyrelsen. Omfanget af sikkerheds-

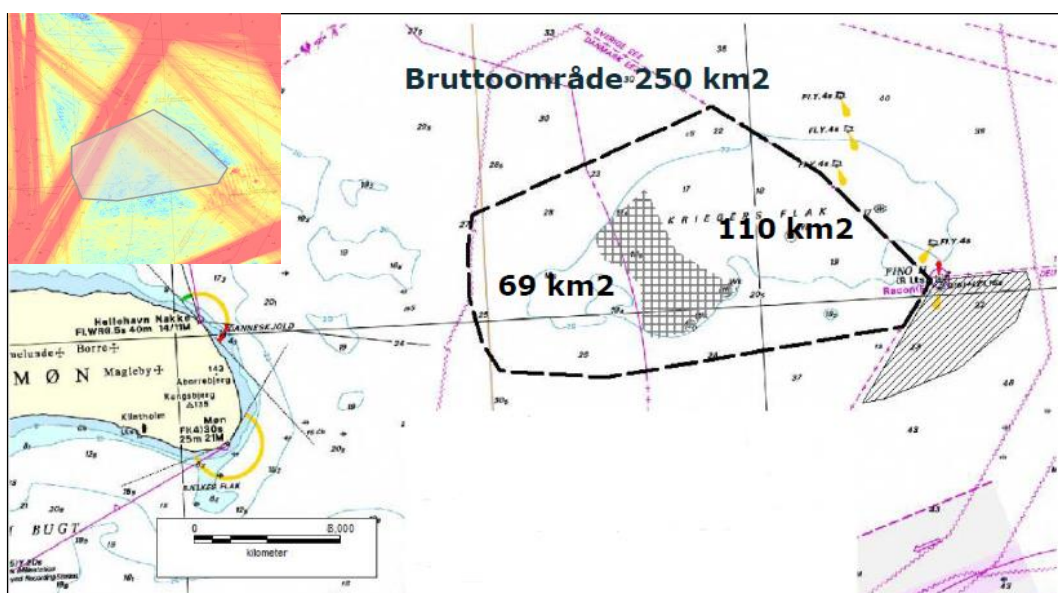
zonen vil afhænge af, hvor konstruktionsaktiviteterne foregår på det givne tidspunkt. Sikkerhedszonen kan enten omfatte hele konstruktionsområdet eller et mindre startområde (den østlige eller vestlige del).

Detaljerne om placering og antal af bøjer skal aftales med Søfartsstyrelsen og det anbefales, at der ansøges i god tid (mindst 3 måneder) hos Søfartsstyrelsen for både byggefasen og driftsfasen.

5. Beskrivelse af aktiviteter, der kan medføre en potentiel påvirkning af sejladsikkerheden

Etableringen af den 600 MW store havmøllepark, delt i et østligt og vestligt område med indvindingsområdet på Kriegers Flak imellem disse områder, vil dække et areal på ca. 150 km² og medføre nogle ændringer af sejladsen i området. Se Figur 5-1.

Placeringen af mølleparken er dog som udgangspunkt valgt i et område med begrænset skibstrafik, således at ingen af de store sejlruiter for trafikken i Østersøen går igennem området. Den største påvirkning er færgeruten mellem Trelleborg og Rostock/Travemünde, der passerer igennem det nordvestlige område af parken. Denne rute må derfor ændres, hvilket betyder lidt længere sejltid og brændstofforbrug.



Figur 5-1: Forundersøgelingsområde ved Kriegers Flak. I øverste venstre hjørne er vist den faktiske nuværende skibstrafik i området.

Flytning af færgeruten kan medføre en højere trafikintensitet ved den nord-syd gående trafik vest for området og dermed have indflydelse på sejladsikkerheden.

Herudover er der en sejlroute i retningen NV-SØ i den østlige del af havmølleparken, som også må ændres, men da denne rute passerer igennem havmølleparken Baltic II, som på

nuværende tidspunkt er under opførelse, og denne rute er derfor automatisk blevet flyttet nordøst om Krigers Flak havmøllepark.

Denne antagelse er dokumenteret ud fra nye AIS data fra perioden efter arbejdsområdet for Baltic II var udlagt. AIS data perioden dækker fra 1. september til 25. november 2013, og det nye trafikbillede er beskrevet i afsnit 7.2.

Det vurderes ikke, at skibene i T-ruten (hovedruten mellem Femern Bælt til Bornholms Gat) er et problem for havmølleparken på grund af den store afstand mellem ruten og parken, men fortrængning af trafik fra parkområdet vil muligvis give en svag forøgelse af trafik i T-ruten.

På grund af indvindingsområdet mellem det vestlige og østlige mølleområde vil der opstå et frit område mellem disse, og det skal bemærkes at havmølleparken Baltic II kan medføre en mulig øget skibstrafik op i gennem dette område. Udformningen af parken, samt udlægning af arbejdsområde, bør derfor gøres på en sådan måde, at sejladsen primært går udenom. Søfartsstyrelsen ønsker derfor ikke, at der afmærkes en sejlads-korridor gennem råstofindvindingsområdet. Af samme årsag bør arbejdsområdet omkring anlægsarealet udlægges tidligere end opstart, for at give en større sikkerhed for kendskab til anlægsarbejdet og dermed imødegå manglende opdatering af kortmateriale på skibene.

Forud for analysen er der gennemført en HAZID (HAZard Identification)-workshop med deltagelse af eksterne interessenter som f.eks. lodser, søfartsmyndigheder, rederier, og råstofindvindingsoperatører. På workshoppen blev interessenterne informeret om projektet, og de tænkelige risici ved projektet i forhold til sejladssikkerheden blev identificeret (DNV, 2013a). HAZID dannede grundlaget for den første evaluering af projektet. For en detaljeret liste over mulige uønskede hændelser forårsaget af parken henvises der til HAZID rapporten (DNV, 2013a).

6. Metode

Risikovurderingen er baseret på anerkendte matematiske modeller, som typisk anvendes til sådanne analyser, hvor de anvendte modelparametre er baseret på historiske (statistiske) data.

Den overordnede fremgangsmåde følger IMO's (International Maritime Organization) retningslinjer for sikkerhedsvurderinger af sejlads. En trinvis fremgangsmåde, der dækker både Horns Rev 3 og Krigers Flak Havmøllepark, er aftalt med Søfartsstyrelsen, således at resultaterne efter hvert trin præsenteres, og det vurderes i samarbejde med Søfartsstyrelsen, om næste trin skal udføres.

Trin 1:

Gennemførelse af frekvensanalysen baseret på aftalt metode og parametervalg.

Trin 2:

Hvis Søfartsstyrelsen ikke kan godkende risikoen alene på grundlag af frekvensresultaterne, skal en konsekvensanalyse udføres. Den opdaterede sejladsanalyse med frekvensanalysen og konsekvensanalyserne, der giver den samlede risiko (risiko = frekvens × konsekvens).

Trin 3:

Hvis Søfartsstyrelsen ikke kan godkende den estimerede risiko, skal der gennemføres analyse af mulige risiko-reducerende tiltag indtil at risikoen er acceptabel.

6.1 Worst Case Scenario

Sejladssikkerheden er evalueret for parklayoutet med 202 styk 3 MW møller (baseret på den oprindelige projektbeskrivelse, se afsnit 1), da dette giver den største risiko for kollision. Det skal bemærkes, at det faktiske mølleområde er næsten identisk for de to scenarier med 202 stk. 3 MW havmøller eller 62 stk. 10 MW havmøller, men flere møller giver en højere kollisionsrisiko.

Møllediameteren i vandlinjen antages til 10 m. Dette er på den sikre side for monopæle og skaftet på gravitationsfundamenter. Det vil være ikke konservativt for jacket fundamenter, men denne fundaments type vil kun være relevant ved meget store møller (og dermed et mindre antal møller), og den for lille diameter vurderes i dette tilfælde at opvejes af færre havmøller.

Ud over de 202 havmøller er der også medtaget to AC transformero-latforme. AC transformer stationerne er antaget til at have et areal på $B \times L = 30\text{m} \times 45\text{m}$. Tværsnittet vil nok være mindre i vandlinjen, men de fleste større skibe vil være høje nok til at kolliderede med topsiden. For placeringen af transformersplatformene henvises til Figur 8-5.

Eventuel havmøllepark på svensk side er ikke medtaget i "worst case" tilfældet. Den tyske havmøllepark Baltic II er dog medtaget, da denne møllepark er under opførelse og derfor allerede påvirker skibstrafikken i området. Havmølleparken Baltic II vil give en vis beskyttelse, da skibe fra øst og sydøst vil kolliderede mod denne park frem for Kriegers Flak parken. En eventuel svensk møllepark er ikke medtaget og ved at se bort fra dette, bliver de fundne resultater på den sikre side, (den her evaluerede risiko bliver større end den faktiske risiko). En fremtidig svensk møllepark vil således isoleret set forbedre situationen for Kriegers Flak Havmøllepark.

Om den svenske park bliver etableret er noget usikkert, men en park på 400 MW er planlagt.

6.2 Analysemetode

For nærværende analyse er der hovedsagelig anvendt de samme parametre som anvendes for lignende analyser i Tyskland, og metode og parametervalg er aftalt og accepteret af Søfartsstyrelsen jfr. (DNV, 2013b).

Det vigtigste grundlag for en sejladsrisikoanalyse er skibstrafikken. Etablering af denne nødvendige information er baseret på AIS data. Alle skibe over 300 BT, som sejler på internationale ruter, samt alle passager- og tankskibe skal være udstyret med AIS. For andre skibe gælder det alle skibe over 500 BT. EU-regler påkræver også, at fiskefartøjer ned til 15 meters længde har AIS.

Nogle lystsejlere og mindre fiskefartøjer er også medtaget i analysen, da det bliver mere og mere almindeligt at udruste disse fartøjer med AIS på grund af den begrænsede pris for dette.

Udover kortlægningen af den faktiske skibstrafik kommer identificering af mulige ændrede trafikmønstre forårsaget af etableringen af havmølleparken, således at betydning af dette for sejladsikkerheden kan evalueres. Baseret på denne information er der foretaget en hazard-identifikation (uønskede hændelser), der således skal vurderes ud fra den opstillede statistiske model for sejladsikkerheden.

Udover skibstrafikken indgår også miljøparametre som vind, bølger, strøm og havbundsforhold i forbindelse med ankring som input til modellen.

De vigtigste hændelser er den samlede risiko for skib-mølle kollisioner, som beskrevet nedenfor, men også andre specifikke hændelser bliver vurderet. For yderligere detaljer henvises til afsnit 6 "Hazard identifikation".

Analysen omhandler følgende 3 overordnede scenarier:

- En evaluering af skib-mølle kollisionsrisikoen i forbindelse med drivende skibe (skibe med motor skade).
- En evaluering af skib-mølle kollisionsrisikoen forårsaget af direkte påsejling pga. menneskelig fejl eller radarfejl.
- En evaluering af den forøgede skib-skib kollisionsrisiko forårsaget af øget trafikintensitet som følge af havmølleparken.

Baseret på ovenstående er første delresultat en frekvensanalyse, altså hvor ofte forventes hændelsen at indtræffe.

Hvis frekvensen er lav, kombineres denne med konsekvensen af hændelsen, således at den samlede risiko (frekvens gange konsekvens) kan etableres, og er denne uacceptabelt høj, må risikoreducerende tiltag inkluderes, indtil risikoen er acceptabel.

7. Hazard-identifikation

En HAZID (Hazard Identification)-workshop blev afholdt på Tivoli Congress Center onsdag d. 16. januar 2013. Hazard gruppen afspejlede de forskellige interessenter og fagområder og bestod af personer med stor erfaring og kompetencer indenfor sejladsikkerhed.

Hazards relateret til kommerciel trafik, færge trafik, fiskeri, lystsejlere og eventuelle indvindingsfartøjer i forbindelse med en eventuel råstofindvinding på Kriegers Flak blev identificeret.

De hazards, hvor risikoen i første omgang er skønnet til at være i ALARP området (As Low As Reasonably Practicable) eller i det ikke acceptable område, vil blive analyseret nærmere sammen med de identificerede mulige risikoreducerende tiltag.

De vigtigste identificerede hazards er givet nedenfor, og for yderligere beskrivelse og vurdering af de enkelte hazards henvises der til HAZID rapporten (DNV, 2013a).

Ud over disse hazards blev der rejst nogle spørgsmål under HAZID-workshoppen som ikke direkte indgår i de identificerede hazards. Det er dog væsentlige punkter, som kan have indflydelse på sejladsikkerheden i området og de er derfor medtaget.

En eventuel flytning af den vestlige afgrænsning af forundersøgelsesområdet. En flytning af denne grænse, eller at der ikke opstilles møller i denne del, vil betyde mindre gene for færgesejladsen (længere sejl tid, øget forurening etc.). Det er vurderet, at trafikken vil gå udenom parkområdet i alle tilfælde, men parkudstrækningen mod vest/nordvest kan medføre en højere trafikintensitet og dermed have indflydelse på sejladsikkerheden.

På grund af indvindingsområdet mellem det vestlige og østlige mølleområde vil der opstå et frit område mellem disse. Udformningen af parken, samt udlægning af arbejdsområde, bør gøres på en sådan måde, at sejladsen primært går udenom. Søfartsstyrelsen ønsker derfor ikke, at der afmærkes en sejladskorridor gennem råstofindvindingsområdet. Af samme årsag bør arbejdsområdet omkring anlægsarealet udlægges tidligere end opstart for at give en større sikkerhed for kendskab til anlægsarbejdet. Hermed imødegås manglende opdatering af kortmateriale på skibene.

SOK har gjort opmærksom på, at der kan vise sig at være radar-interferens. En eventuel radarinterferens kan først vurderes, når der er truffet beslutning om parkens udseende (antal møller, placering, højde osv.). Dette vil blive fulgt op af Energinet.dk, der tager kontakt til SOK med henblik på denne vurdering.

Driftsfasen		
Kommerciel skib øst-vest gående (gennem parken) eller vest om parken	Havari / black-out	Drivende kollision med hav havmølle
Kommerciel skib øst-vest gående (gennem parken) eller vest om parken	Menneskelig fejl eller teknisk svigt	Direkte påsejling
Færge (Trelleborg og Rostock / Travemünde)	Havari / black-out	Drivende kollision med havmølle
Færge (Trelleborg og Rostock / Travemünde)	Menneskelig fejl eller teknisk svigt	Direkte påsejling
Færge (Trelleborg og Rostock / Travemünde)	Menneskelig fejl eller teknisk svigt	Øget skib-skib kollisionsrisiko pga. trafik omlægning som giver øget intensitet
Fiskeri	Fisker i mølleområde	Større kollision med havmølle som følge af mindre/ingen manøvreduktighed eller direkte påsejling
Lystsejlere (Sejlbåde samt motorbåde) - 9000 anløb i Klintholm havn	Menneskelig fejl eller teknisk svigt	Direkte påsejling
Alle	Radarskygge/interferens forårsaget af parken	Skib-skib Kollision
Slæbebåde	Tab af slæb	Drivende kollision med havmølle

Tabel 7-1: De vigtigste identificerede hazarder hvor nærmere vurdering er krævet.

8. Skibstrafik og sejlruiter

8.1 Datagrundlag, handelstrafik

Analysen og modelleringen af skibstrafikken i området er baseret på AIS data. AIS er en forkortelse af *Automatic Identification System*, og dette system består af en radiosender/modtager, der er monteret på det enkelte skib. Denne enhed udsender digitale radiomeldinger med information om identitet, position, fart, kurs mm. Andre skibe, der modtager meldingen, får dermed bedre udgangspunkt for at navigere sikkert i forhold til det skib, der har udsendt meldingen. Alle skibe over 300 tons er forpligtet til at anvende systemet. Det samme gælder alle færger og farligt gods skibe uanset størrelse.

Ved systematisk opsamling af disse radiomeldinger fra alle skibene i et område kan der skabes en detaljeret digital historik for skibstrafikken i området. AIS data repræsenterer i dag en uundværlig datakilde i relation til undersøgelser af navigationssikkerheden.

Søfartsstyrelsen har til projektet stillet AIS data til rådighed indenfor det geografiske område begrænset af:

Længdegrad (Longitudinal) [12.394°; 13.373°]

Breddegrad (Latitude) [54.662°; 55.377°]

Datasættet dækker perioden fra 2010-10-01 kl. 00:00 til 2011-11-30 kl. 23:59. Altså en periode på 426 døgn eller 10.224 timer og omfatter 5,6 millioner digitale meldinger.

Modelleringen af skibstrafikken er alene baseret på dette datasæt.

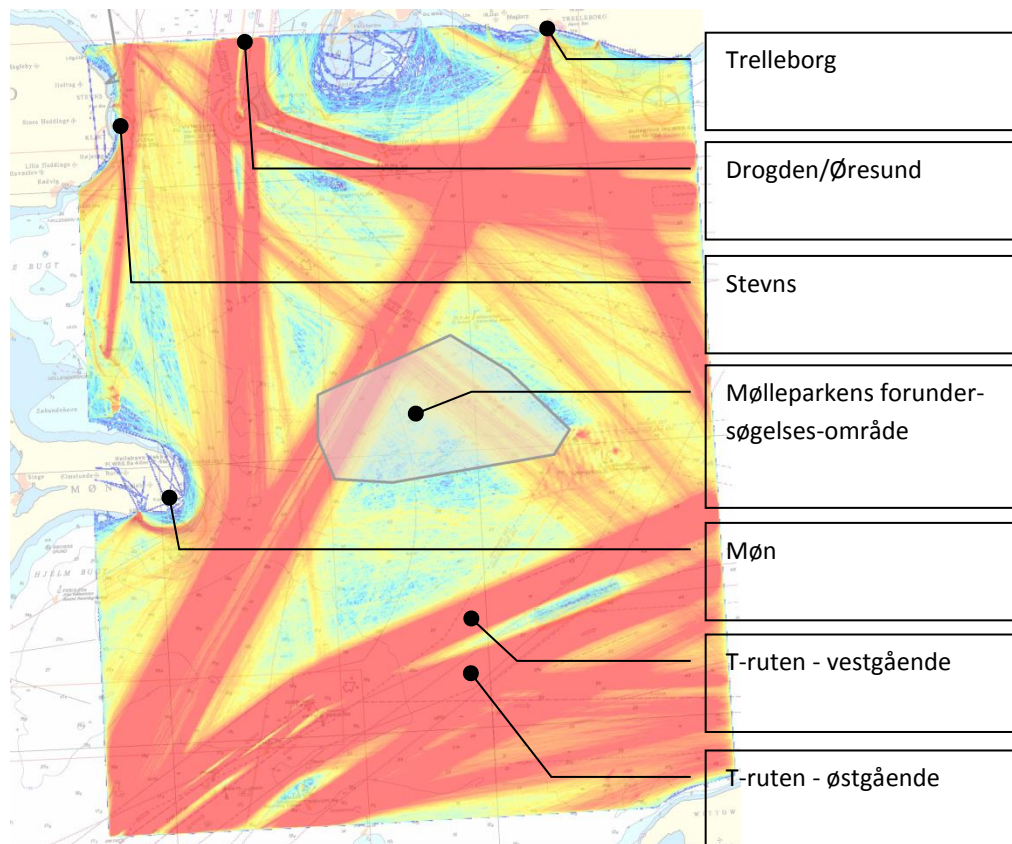
Datasættet dækker en periode, der ligger 1-2 år tilbage, og selvom trafikken i Østersøen ikke erfaringsmæssigt er i udvikling, er det alligevel relevant at afklare, om der er indikation på ændringer. Myndighederne har derfor tillige stillet et nyere men mindre datasæt til rådighed for perioden 1. december 2012 til 31. januar 2013. Dette bruges alene til at afklare, om der er indikationer på udvikling/ændringer i forhold til det store sammenhængende datasæt fra 2010-11.

Endelig er AIS data for perioden 1. september til 25. november analyseret for at bestemme indflydelsen fra havmølleparken Baltic II på skibstrafikken.

8.2 Trafiktæthed

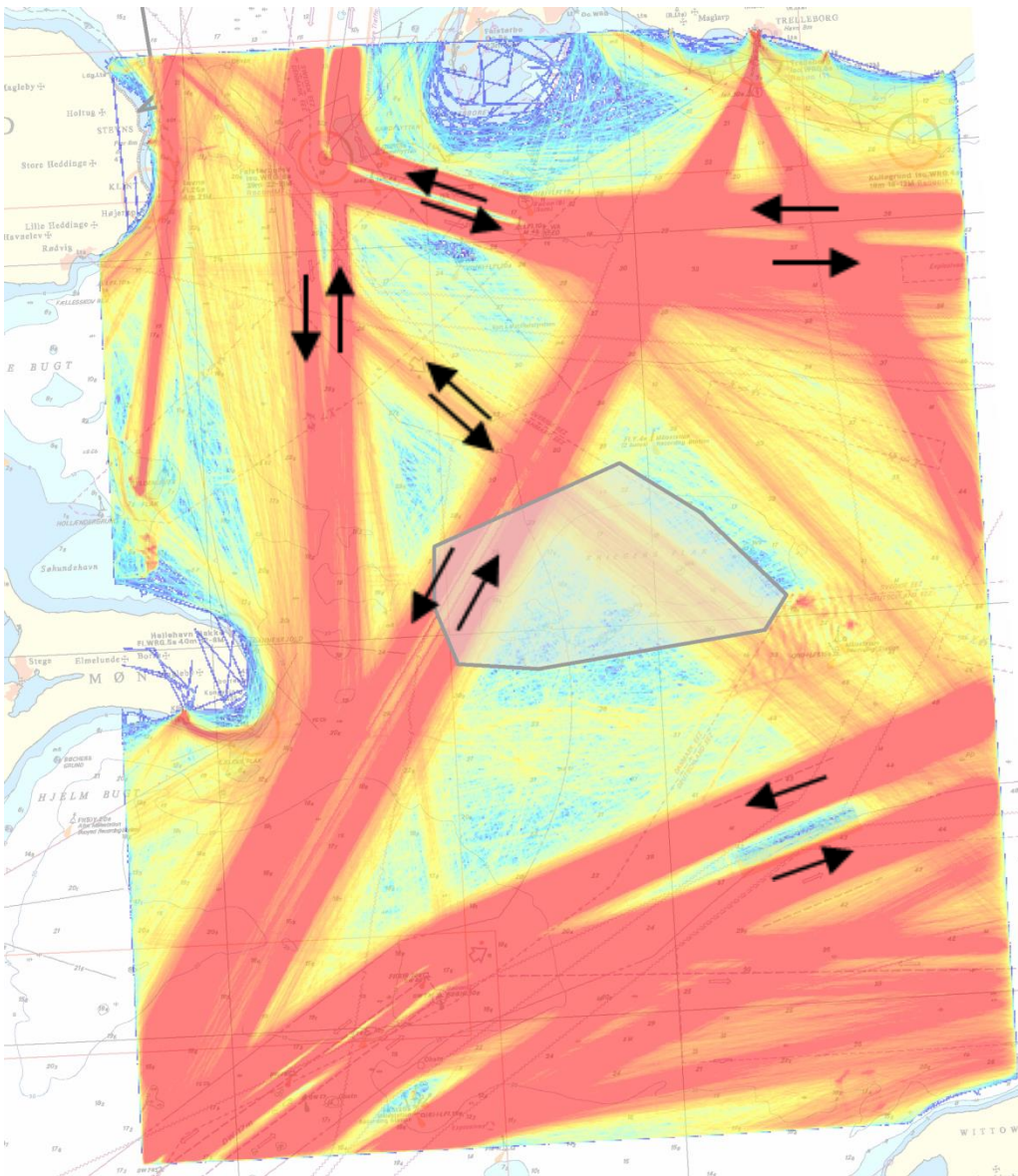
Som det første kædes positionsmeldingerne for hvert enkelt skib i datasættet sammen til et spor, der beskriver skibets passage igennem området. Ved at samle alle disse spor og bestemme deres geografiske tæthed opnås et klart indtryk af det overordnede sejladsmønster i området. Denne tæthed er vist i Figur 8-1. Mere rød betyder højere trafik-tæthed.

Figuren tegner et tydeligt billede af trafikken i området, med en stor trafiktæthed på T-ruten igennem Øresund, og en væsentlig trafik udgående fra den svenske færgehavn Trelleborg. Endvidere ses en ikke uvæsentlig og mere spredt trafik syd for T-ruten ind og ud af Østersøen.



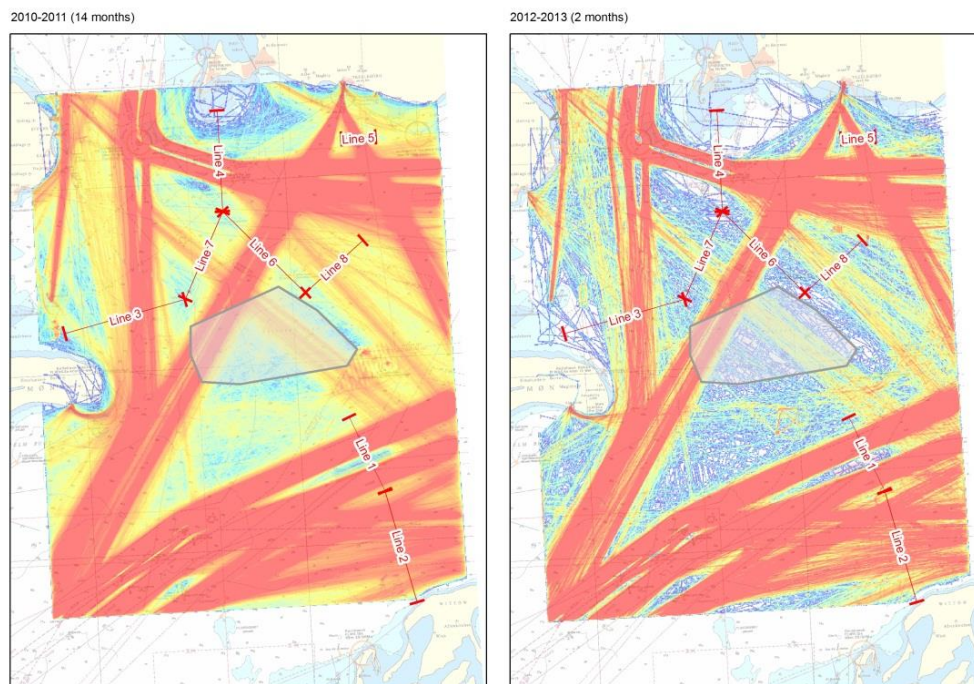
Figur 8-1: Trafiktæthed baseret på de modtagne AIS data.

I Figur 8-2 er vist de faktiske sejlretninger på de forskellige ruter, og viser en klar adskillelse af sejlretninger.



Figur 8-2: Tydeligt adskilte sejladsretninger i trafikbilledet.

I Figur 8-3 er trafiktætheden for det anvendte datasæt sammenlignet med tætheden for det mindre og nyere datasæt. Denne sammenligning antyder ikke, at der skulle være særlige tendenser til udvikling af- eller ændringer i trafikbilledet. Forskellene på tæthederne er størst i de tyndt trafikerede dele, og det skyldes alene datasættenes forskellige størrelse. Det lille datasæt er ikke stort nok til at give en pålidelig mætning af observationer i disse områder.

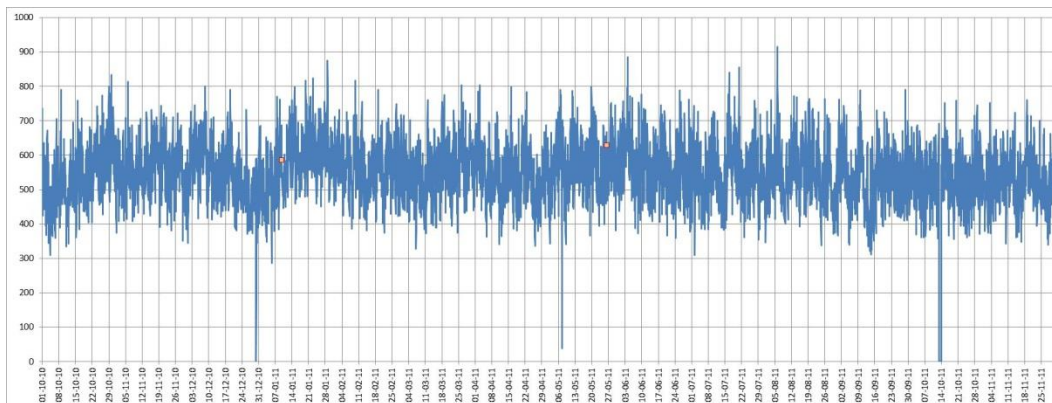


Figur 8-3: Sammenligning af trafiktætheder: det anvendte datasæt til venstre og det mindre og nyere datasæt til højre.

Trafikken i denne del af Østersøen vides fra andre tilsvarende studier at være ret konstant, og støttes med sammenligningen i Figur 8-3.

8.3 Normering af datagrundlaget

Det anvendte datasæt dækker en tidsmæssig periode på 426 dage eller 10.224 timer. Det vides fra tidligere studier, at datasættene kan have udfald. For at undersøge omfanget af eventuelle udfald, er datastrømmen (AIS-rapporter pr. time) bestemt for hele perioden og afbildet som vist i Figur 8-4. Gennemsnitligt er der ca. 550 rapporter pr. time, men der ses en betydelig variation omkring denne middelværdi – fra 350 til 750 rapporter pr. time. Disse variationer kan tilskrives dels reelle variationer i trafikken, men også forskelle i antallet af rapporter pr. time gemt for det enkelte skib. Denne variation er sædvanlig, og datasættet må siges at have en konsistent høj kvalitet (regularitet og konsistens) sammenholdt med tidligere analyserede datasæt. Der ses ingen udpræget sæsonvariation i aktiviteten, omend der dog kan noteres en reduktion omkring jul og nytår, der kunne have relation til netop denne højtidsperiode.



Figur 8-4: Variation af registreret AIS data (pr time) for hele datasættets periode.

Særlig interesse har de tre tilfælde, hvor datastrømmen dropper helt ud. Dette antyder fejl/udfald i dataopsamlingen og skal indregnes, når trafikken i datasættet skal omregnes til årstrafik. Nærmere inspektion viser, at der kun er tale om samlet 25 timers udfald i perioden. For at blive omregnet til årlig aktivitet, skal datasættets trafik reduceres med faktoren

$$(365 \times 24) / (10.224 - 25) = 0.859$$

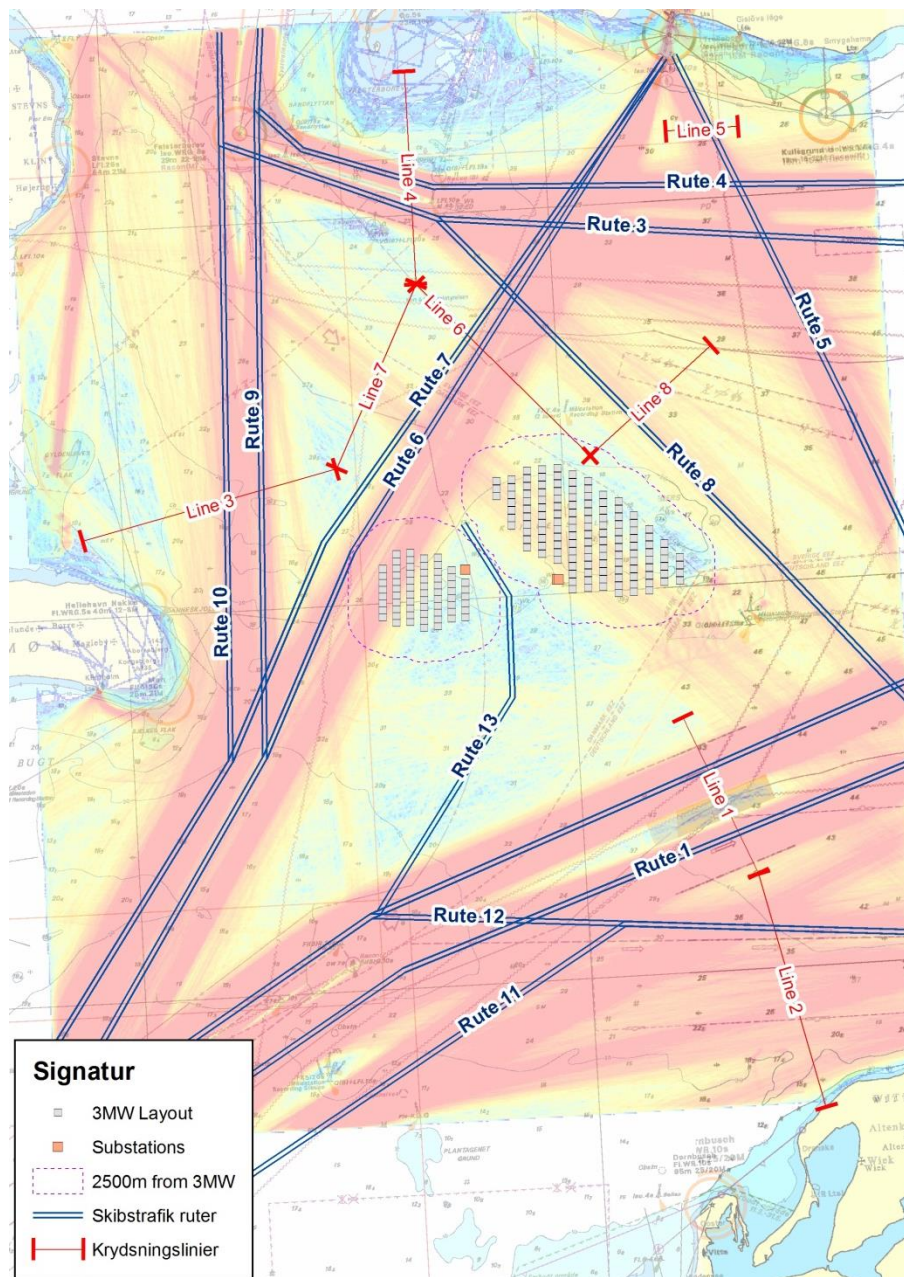
Denne normeringsfaktor er indregnet i alle de følgende resultater.

8.4 Rutelægning af trafikken

De tydelige trafikstrømme, der tegner sig med i trafiktæthederne, anvendes til at definere idealiserede geografiske ruter og ud fra AIS dataene associerede faktiske passager til disse ruter for derved at bestemme den associerede skibstrafik. Denne modellering danner grundlaget for den senere risikoberegning. I rutelægningen er en detaljeret modellering af trafikstrømme i nærheden af projektområdet givet høj prioritet for trafikstrømme i nærheden af projektområdet, mens der kan anvendes en mere simplificeret modellering for skibstrafik, der er længere væk fra projektområdet.

Trafikstrømmene i området og dermed på ruterne kvantificeres ved at registrere hvor mange og hvilke skibe, der passerer udlagte krydsningslinjer. Der er i alt defineret 8 linjer, se Figur 8-5, og de er udlagt, så de hver især fanger en af de klart definerede trafikstrømme, der fremgår af trafiktætheden.

Der er i alt defineret 13 ruter, se Figur 8-5, til at repræsentere trafikstrømmene i området. Ruterne er udlagt, så de tager hensyn til skibstrafikkens omlægning omkring mølleparken. Således regnes færgetrafikken, til og fra Trelleborg vest om parken at følge en lidt nordligere rute (rute 6 og 7). Og trafikken, der nu går tværs igennem parken til og fra Øresund regnes at følge en mere østlig rute (rute 8).



Figur 8-5: Definerede ruter og krydsningslinjer.

Rute 13 er introduceret for at kunne modellere trafikken af sandindvindingsfartøjer, der i fremtiden vil hente sand fra indvindingsområdet til brug ved Femern tunnel projektet. Det skal bemærkes at rute 8 er modificeret i den endelige analyse på grund af indflydelsen fra havmølleparken Baltic II. Den endelige placering af rute 8 er vist i afsnit 7.2.

Relationen imellem trafik, der passerer krydsningslinjerne, og trafik på de definerede ruter er summeret i Tabel 8-1.

Rute	Retning	Trafikgrundlag
1	Østgående	Linje 1 – østgående passager
2	Vestgående	Linje 1 – vestgående passager
3	Østgående	Linje 4 – østgående passager
4	Vestgående	Linje 4 – vestgående passager
5	Begge	Linje 5
6	Nordgående	Linje 6 – nordgående passager
7	Sydgående	Linje 6 – sydgående passager
8	Begge	Linje 8, Linje 7
9	Nordgående	Linje 3 – nordgående passager
10	Sydgående	Linje 4 – sydgående passager
11	Østgående	Linje 2 – østgående passager
12	Vestgående	Linje 2 – vestgående passager
13	Begge	Estimeret indvindings trafik

Tabel 8-1: Relation imellem trafikstrømme over krydsningslinjer og trafik på ruterne.

Rute 13 vedrører en planlagt trafik af sandindvindingskibe, der vil hente sand til Femern projektet. Denne trafik kan ikke ses af AIS data, men der forventes af størrelsesordenen 300 besøg til indvindingsområdet om året.

Rute	Retning	Trafik (pr. år)	Rute	Retning	Trafik (pr. år)
1	Østgående	17 225	8	Sydgående	1 760
2	Vestgående	12 456		Nordgående	2 060
3	Østgående	10 754	9	Nordgående	3 083
4	Vestgående	12 633	10	Sydgående	3 134
5	Sydgående	2 393	11	Østgående	4 982
	Nordgående	2 403	12	Vestgående	7 811
6	Nordgående	3 429	13	Nordgående	300
7	Sydgående	3 418		Sydgående	300

Tabel :8-2 Estimeret og antaget årstrafik for de definerede ruter.

Ud fra de ovenstående retningslinjer, antagelser og via den statistiske analyse af AIS-data, kan den totale årlige trafik på ruterne opgøres som vist i Tabel :8-2. Trafikbilledet domineres som forventet af den øst-vestlige trafik ind og ud af Østersøen (ruterne 1-4, 11 og 12). Trafikken på de nord-sydgående ruter er af mere lokal/regional karakter, og er af et noget mindre volumen.

8.5 Geometrisk spredning af trafikken.

Trafiktætheden i Figur 8-1 giver tydeligt indtryk af, hvor meget skibene spreder sig i de forskellige trafikstrømme. Denne spredning har central betydning i modelleringen af trafikken i risikoberegningen, og kan estimeres ud fra trafiktætheden ved at aflæse bredden af trafikstrømmen. Denne bredde regnes at være 4 gange standardafvigelsen for en underliggende normalfordeling, der anvendes til at approksimere trafikkenes fordeling.

Rute	Bredde, $4 \times \sigma$ (sømil)	Rute	Bredde, $4 \times \sigma$ (sømil)
1	2,00	8	2,00
2	2,00	9	1,00
3	1,00	10	1,00
4	1,00	11	1,50
5	2,00	12	1,50
6	1,25	13	0,40
7	1,25		

Tabel 8-3: Aflæste spredninger for de definerede ruter.

Bredden på 0,4 sømil for rute 13 er antaget og er ikke aflæst fra trafiktætheden i Figur 8-1. Der er tale om en fremtidig trafik, og bredden er antaget med udgangspunkt i, at denne trafik vil tilpasse sin navigation til tilstedeværelsen af mølleparken og det relativt snævre område, sandindvindingen skal foregå i.

I risikoanalysen antages skibstrafikken at følge en fordeling bestående af to komponenter:

En normalfordelt komponent med spredningen σ (andel: 98%)

En jævn fordeling over en bredde svarende til $6 \times \sigma$ (andel: 2%)

8.6 Klassifikation af skibe

AIS data indeholder forskellige identifikationer (MMSI og IMO nummer, navn og kalde-signal) samt nogle få rudimentære oplysninger om skibet (type, last, dybgang, overordnet bredde længde). De karakteristika, der kan udledes direkte af AIS data, er sædvanligvis ikke tilstrækkelige i forhold til de oplysninger, der skal bruges i risikoanalysen. Og erfaringerne viser også, at oplysningernes pålidelighed kan være svingende. I stedet tages der udgangspunkt i IMO-nummeret, og via dette kan en lang række informationer udtrækkes af klassifikationsdatabaser (f.eks. Lloyds Register).

Baseret på de detaljerede oplysninger fra skibsregistre opdeles trafikken i typer og størrelser med udgangspunkt i type- og størrelsesklasserne vist i Tabel :8-4.

Id	Skibstyper	Størrelsesklasser
1	Olietanker	0 - 1.000 DWT
2	Kemikalietanker	1.000 - 3.000 DWT
3	Øvrige	3.000 - 5.000 DWT
4	Færge	5.000 - 10.000 DWT
5	RO-RO (Lastvognsfærge)	10.000 - 20.000 DWT
		20.000 - 40.000 DWT
		40.000 - 80.000 DWT
		> 80.000 DWT

Tabel :8-4 Skibstyper og størrelser anvendt ved klassifikation af trafikken.

Størrelsesklassificeringen er baseret på dødvægtstonnagen (DWT), der er den mest sædvanlige tonnageangivelse. Tabel 8-5 til Tabel 8-7 angiver de typiske parametre, der antages i analysen, for de 5 skibsklasser og hver af de 8 størrelsesklasser.

Olie- og kemikalietanker				
Størrelsesklasse (DWT)	DWT	BRT	L (m)	B (m)
0 – 1.000	800	560	53	9
1.000 – 3.000	2.400	1.680	77	13
3.000 – 5.000	4.000	2.800	91	15
5.000 – 10.000	8.000	5.600	115	19
10.000 – 20.000	16.000	11.200	145	24
20.000 – 40.000	32.000	22.400	183	30
40.000 – 80.000	64.000	44.800	230	38
>80.000	96.000	67.200	263	44

Tabel 8-5: Antagne typiske parametre for olie- og kemikalietankskibe.

Færger og RO-RO				
Størrelsesklasse (DWT)	DWT	BRT	L (m)	B (m)
0 – 1.000	800	4.000	103	17
1.000 – 3.000	2.400	12.000	148	25
3.000 – 5.000	4.000	20.000	176	29
5.000 – 10.000	8.000	40.000	222	37
10.000 – 20.000	16.000	80.000	279	47
20.000 – 40.000	32.000	160.000	351	59
40.000 – 80.000	64.000	320.000	443	74
>80.000	96.000	480.000	507	84

Tabel 8-6: Antagne typiske parametre for færger og RO-RO.

Øvrige				
Størrelsesklasse (DWT)	DWT	BRT	L (m)	B (m)
0 – 1.000	800	560	53	9
1.000 – 3.000	2.400	1.680	77	13
3.000 – 5.000	4.000	2.800	91	15
5.000 – 10.000	8.000	5.600	115	19
10.000 – 20.000	16.000	11.200	145	24
20.000 – 40.000	32.000	22.400	183	30
40.000 – 80.000	64.000	44.800	230	38
>80.000	96.000	67.200	263	44

Tabel 8-7: Antagne typiske parametre for restgruppen "øvrige skibe".

Med udgangspunkt i den valgte klassifikation bliver den identificerede skibstrafik på de 13 ruter fordelt på typer og størrelser som vist i Tabel 8-8 til Tabel 8-20.

DWT	Tanker	Kemi-tanker	Øvrige	Færge	RO-RO	Total
0 – 1.000			129	7		136
1.000 – 3.000	14	19	1.090	13	7	1.143
3.000 – 5.000	6	281	3.040	67	156	3.550
5.000 – 10.000	30	457	1.654	913	628	3.682
10.000 – 20.000	85	1.008	2.040	369	898	4.400
20.000 – 40.000	91	908	1.204	1	5	2.210
40.000 – 80.000	258	177	520			955
80.000 -	953	3	192			1.148
Total	1.438	2.853	9.870	1.370	1.694	17.225

Tabel 8-8: Rute 1: Trafikkens fordeling på typer og størrelser.

DWT	Tanker	Kemi-tanker	Øvrige	Færge	RO-RO	Total
0 – 1.000			58	6		65
1.000 – 3.000	7	17	640	14	11	689
3.000 – 5.000	5	183	1.725	56	81	2.051
5.000 – 10.000	25	460	1.369	754	583	3.192
10.000 – 20.000	73	868	1.866	299	815	3.921
20.000 – 40.000	65	385	799		5	1.254
40.000 – 80.000	155	95	244			494
80.000 -	687	2	101			790
Total	1.018	2.011	6.803	1.129	1.495	12.456

Tabel 8-9: Rute 2: Trafikkens fordeling på typer og størrelser.

DWT	Tanker	Kemi-tanker	Øvrige	Færge	RO-RO	Total
0 – 1.000	29		340	12		381
1.000 – 3.000	56	70	1.690	30	113	1.959
3.000 – 5.000	49	217	3.054	409	60	3.788
5.000 – 10.000	130	406	2.219	33	502	3.290
10.000 – 20.000	9	148	372	1	608	1.138
20.000 – 40.000	2	23	110		3	138
40.000 – 80.000	5	4	42			50
80.000 -	1		9			9
Total	280	867	7.835	485	1.286	10.754

Tabel 8-10: Rute 3: Trafikkens fordeling på typer og størrelser.

DWT	Tanker	Kemi-tanker	Øvrige	Færge	RO-RO	Total
0 – 1.000	29		364	14		407
1.000 – 3.000	57	62	1.564	35	107	1.826
3.000 – 5.000	52	254	3.022	406	125	3.859
5.000 – 10.000	139	412	2.145	28	537	3.261
10.000 – 20.000	25	376	303	9	734	1.448
20.000 – 40.000	30	543	416		3	992
40.000 – 80.000	106	85	298			489
80.000 -	266	1	84			351
Total	703	1.734	8.197	493	1.507	12.633

Tabel 8-11: Rute 4: Trafikkens fordeling på typer og størrelser.

DWT	Tanker	Kemi-tanker	Øvrige	Færge	RO-RO	Total
0 – 1.000			12			12
1.000 – 3.000	2	2	8			11
3.000 – 5.000		16	5	2.937		2.957
5.000 – 10.000			1	1.811	2	1.814
10.000 – 20.000						
20.000 – 40.000						
40.000 – 80.000	2					2
80.000 -						
Total	3	17	25	4.748	2	4.796

Tabel 8-12: Rute 5: Trafikkens fordeling på typer og størrelser.

DWT	Tanker	Kemi-tanker	Øvrige	Færge	RO-RO	Total
0 – 1.000			20	1		21
1.000 – 3.000	9	7	77	2		95
3.000 – 5.000		12	46			57
5.000 – 10.000		4	15	3.225	3	3.247
10.000 – 20.000		1	1		3	5
20.000 – 40.000		1	3			4
40.000 – 80.000						
80.000 -						
Total	9	25	162	3.228	5	3.429

Tabel 8-13: Rute 6: Trafikkens fordeling på typer og størrelser.

DWT	Tanker	Kemi-tanker	Øvrige	Færge	RO-RO	Total
0 – 1.000			16			16
1.000 – 3.000	10	6	56	2		74
3.000 – 5.000		37	40			77
5.000 – 10.000		4	13	3.207	2	3.226
10.000 – 20.000		2	1		4	6
20.000 – 40.000		2	3			5
40.000 – 80.000	2		6			8
80.000 -	7					7
Total	19	51	134	3.209	5	3.418

Tabel 8-14: Rute 7: Trafikkens fordeling på typer og størrelser.

DWT	Tanker	Kemi-tanker	Øvrige	Færge	RO-RO	Total
0 – 1.000	15		274	5		294
1.000 – 3.000	14	39	1.253	44	39	1.389
3.000 – 5.000	5	108	1.191	9	5	1.318
5.000 – 10.000	15	60	408	32	12	526
10.000 – 20.000	2	85	76		17	180
20.000 – 40.000		5	54			59
40.000 – 80.000	3	3	26			32
80.000 -	16		6			22
Total	70	299	3.287	90	73	3.820

Tabel 8-15: Rute 8: Trafikkens fordeling på typer og størrelser.

DWT	Tanker	Kemi-tanker	Øvrige	Færge	RO-RO	Total
0 – 1.000	5		170	8		183
1.000 – 3.000	6	15	529	8	1	559
3.000 – 5.000	4	55	337	19	32	448
5.000 – 10.000	8	32	171	559	169	939
10.000 – 20.000		17	36	696	195	944
20.000 – 40.000	1	3	4			8
40.000 – 80.000			1			1
80.000 -			1			1
Total	24	121	1.250	1.290	397	3.083

Tabel 8-16: Rute 9: Trafikkens fordeling på typer og størrelser.

DWT	Tanker	Kemi-tanker	Øvrige	Færge	RO-RO	Total
0 – 1.000	5		172	13		190
1.000 – 3.000	4	8	573	12	3	599
3.000 – 5.000	3	24	401	54	11	492
5.000 – 10.000	8	25	125	604	171	932
10.000 – 20.000	1	8	33	700	169	910
20.000 – 40.000		2	5			7
40.000 – 80.000			4			4
80.000 -						
Total	21	66	1.312	1.383	353	3.134

Tabel 8-17: Rute 10: Trafikkens fordeling på typer og størrelser.

DWT	Tanker	Kemi-tanker	Øvrige	Færge	RO-RO	Total
0 – 1.000	3	1	318	14	1	337
1.000 – 3.000	5	42	1.270	14	5	1.336
3.000 – 5.000	14	74	1.086	3	4	1.181
5.000 – 10.000	21	137	551	377	60	1.145
10.000 – 20.000	11	321	388	8	53	780
20.000 – 40.000		16	110		4	130
40.000 – 80.000		2	61			63
80.000 -	3		8			11
Total	56	592	3.793	415	126	4.982

Tabel 8-18: Rute 11: Trafikkens fordeling på typer og størrelser.

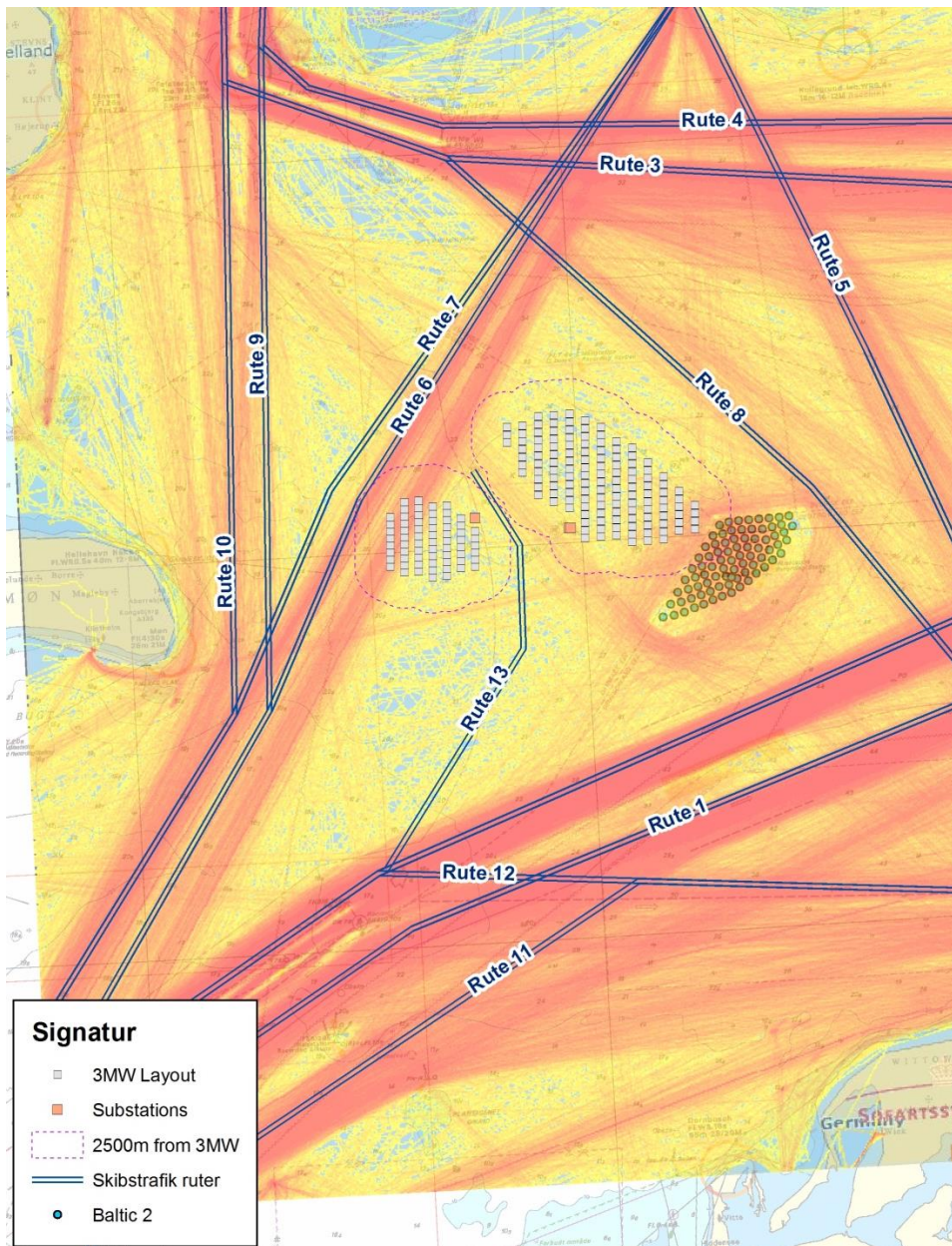
DWT	Tanker	Kemi-tanker	Øvrige	Færge	RO-RO	Total
0 – 1.000	3	1	362	12	1	378
1.000 – 3.000	10	42	1.811	6	4	1.873
3.000 – 5.000	14	105	2.439	19	16	2.594
5.000 – 10.000	16	132	873	548	76	1.646
10.000 – 20.000	8	218	616	74	20	936
20.000 – 40.000		16	224		5	244
40.000 – 80.000	2	6	89			96
80.000 -	9		34			44
Total	62	520	6.449	659	121	7.811

Tabel 8-19: Rute 12: Trafikkens fordeling på typer og størrelser.

DWT	Tanker	Kemi-tanker	Øvrige	Færge	RO-RO	Total
0 – 1.000						
1.000 – 3.000						
3.000 – 5.000						
5.000 – 10.000			100			100
10.000 – 20.000						
20.000 – 40.000			400			400
40.000 – 80.000			100			100
80.000 -						
Total			600			600

Tabel 8-20: Indflydelsen fra havmølleparken Baltic II.

I sommeren 2013 blev arbejdsområdet for havmølleparken Baltic II udlagt, og dette har en vis indflydelse for skibstrafikken omkring Kriegers Flak havmølleparken. For at undersøge denne indflydelse, er AIS data fra 1. september til 25. november 2013 analyseret. Perioden er bevidst valgt til at starte et par måneder efter arbejdsområdet var udlagt, for at sikre at eventuelle "begyndervanskeligheder" ikke er medtaget. Den nye skibstrafik der afspejler den faktiske situation er vist i Figur 8-6.

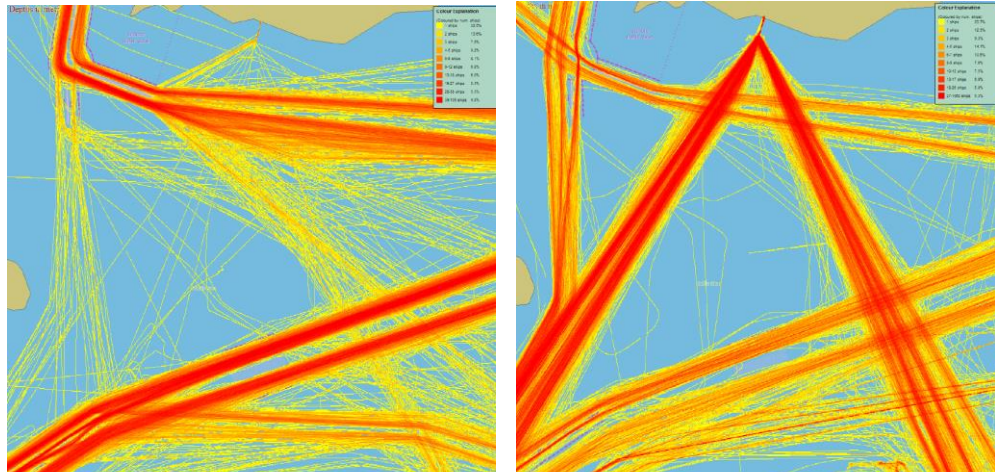


Figur 8-6: Den nye skibstrafik som følge af havmølleparken Baltic II.

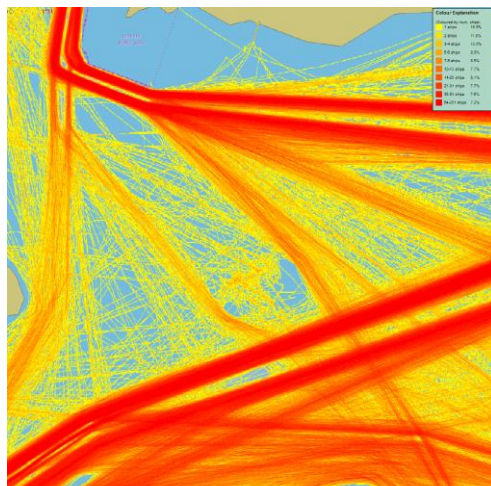
Når Figur 8-6 sammenholdes med Figur 8-3, ses det, at den trafik der tidligere passerede igennem den østlige del af Kriegers Flak havmølleparken, nu er flyttet nord om havmølleparken Baltic II og dermed adskillige sømil nordøst om Kriegers Flak Havmøllepark.

Det bemærkes dog også, at en mindre del af skibstrafikken går syd om havmølleparken Baltic II og derved passerer op gennem sandindvindingsområdet mellem den østlige og den vestlige del af Kriegers Flak Havmøllepark. Denne trafik er uønsket, da det kan give en forøgelse af kollisionsrisikoen, og det er derfor vigtigt, at arbejdsområdet for Kriegers Flak Havmøllepark udlægges som et samlet område, således at denne skibstrafik fjernes.

Trafikken, som på nuværende tidspunkt passerer syd om Baltic II, er undersøgt og af Figur 8-8 fremgår det at det typisk er "Cargo" skibe, mens ingen færger eller tankere går denne vej, se Figur 8-7.



Figur 8-7: Tankere (venstre side) og færger (højre side) i området ved Kriegers Flak.

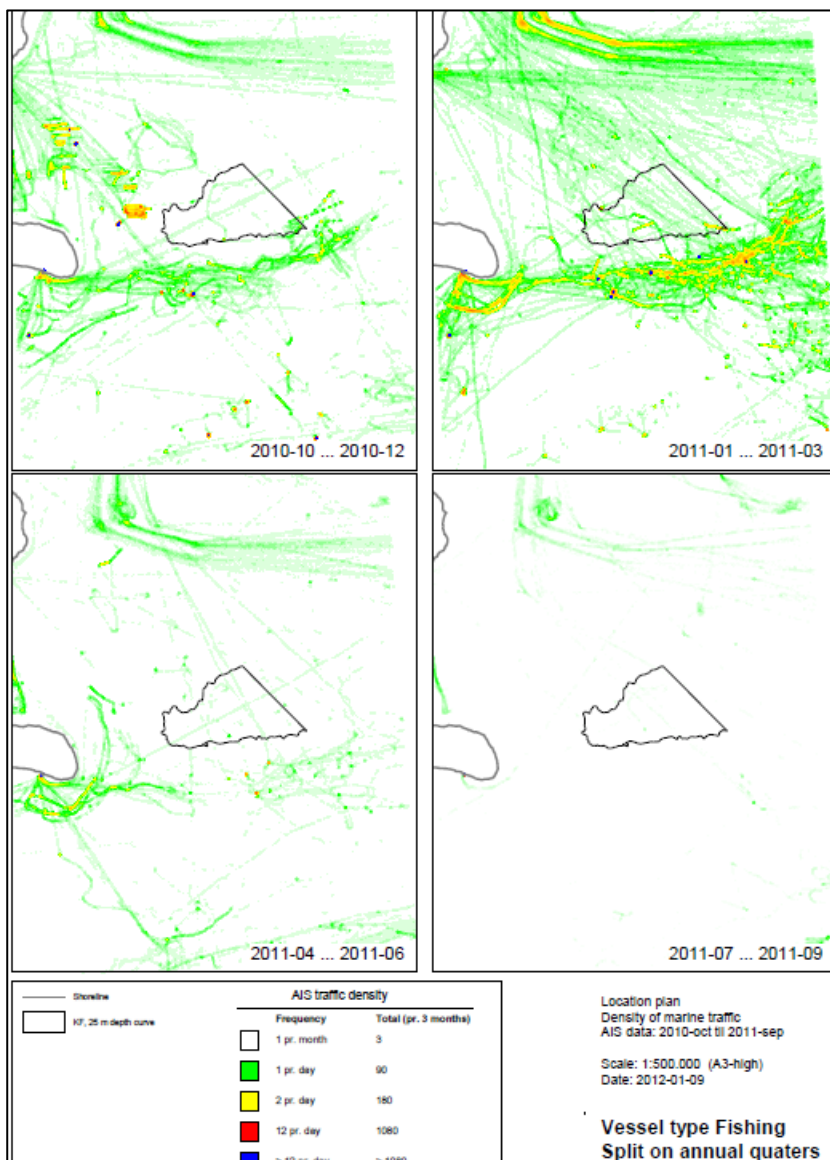


Figur 8-8: Skibstypen "Cargo" i området ved Kriegers Flak.

9. Risikovurdering for fiskeri aktiviteter og lystsejlere

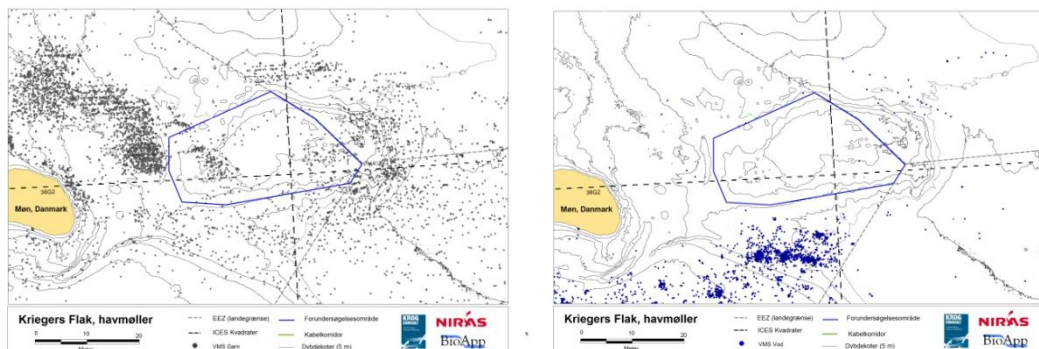
9.1 Fiskeri

I nærværende kapitel er risiko for kollision mellem forskellige fiskefartøjer og møllepar-ken vurderet. For en mere detaljeret analyse af fiskeriet i området, henvises der til fiske-riundersøgelsen (BioApp og Krog Consult, 2014).



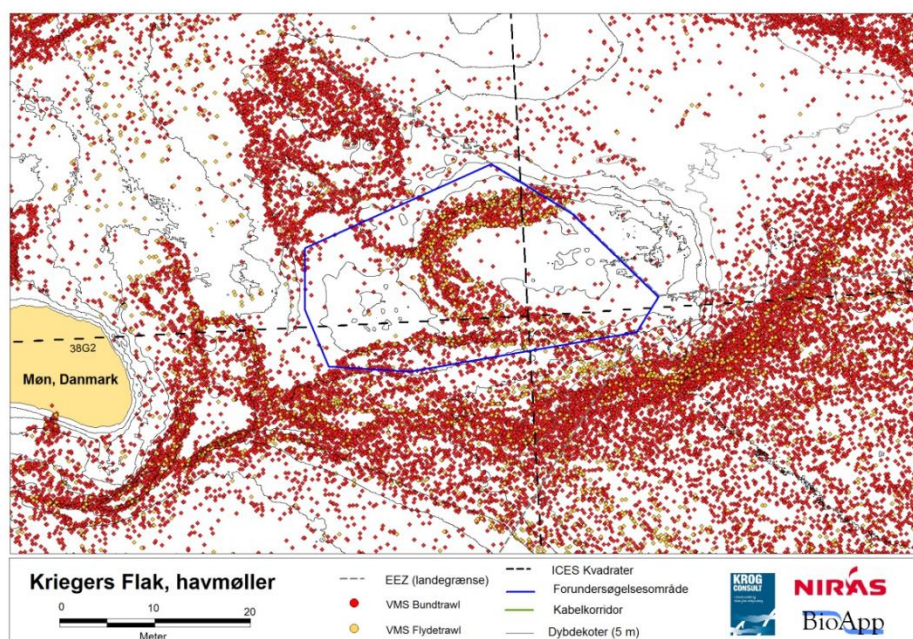
Figur 9-1: Fiskeriaktiviteter i området for forskellige årstider.

Af Figur 9-1 fremgår det, at fiskeriaktiviteterne er meget årstidsafhængige. Der er stort set ingen aktivitet i sommermånederne, men den største aktivitet ses i vintermånederne januar til marts. Der er således ikke en konstant fiskeriaktivitet i området.



Figur 9-2: Fiskeriaktiviteter med garn (til venstre) og vod (til højre) i området.

Fiskeri med garn og vod er vist i Figur 9-2 (garn til venstre og vod til højre). Heraf fremgår det, at der ikke forekommer vodfiskeri i forundersøgelsesområdet, og garnfiskeriet er også begrænset i forundersøgelsesområdet. Der er dog en del garnfiskeri vest for havmølleparken. Det vurderes at garn- og vodfiskeriet ikke vil give anledning til nævneværdig kollisionsrisiko med havmølleparken.



Figur 9-3: Flyde- og bundtrawlfiskeri i området.

Figur 9-3 viser trawlfiskeriet omkring Kriegers Flak. Dette er den mest udbredte form for fiskeri i området, og det ses, at der er et træk gennem indvindingsområdet og videre mod nordøst ind i den østlige del af Kriegers Flak havmøllepark. Herudover er der en del trawlfiskeri i den sydlige kant af forundersøgelsesområdet. Det forventes at fiskeriet vil

fortsætte, når havmølleparken er etableret, og der er således en vis risiko for kollision mellem fiskefartøjer og havmølleparken.

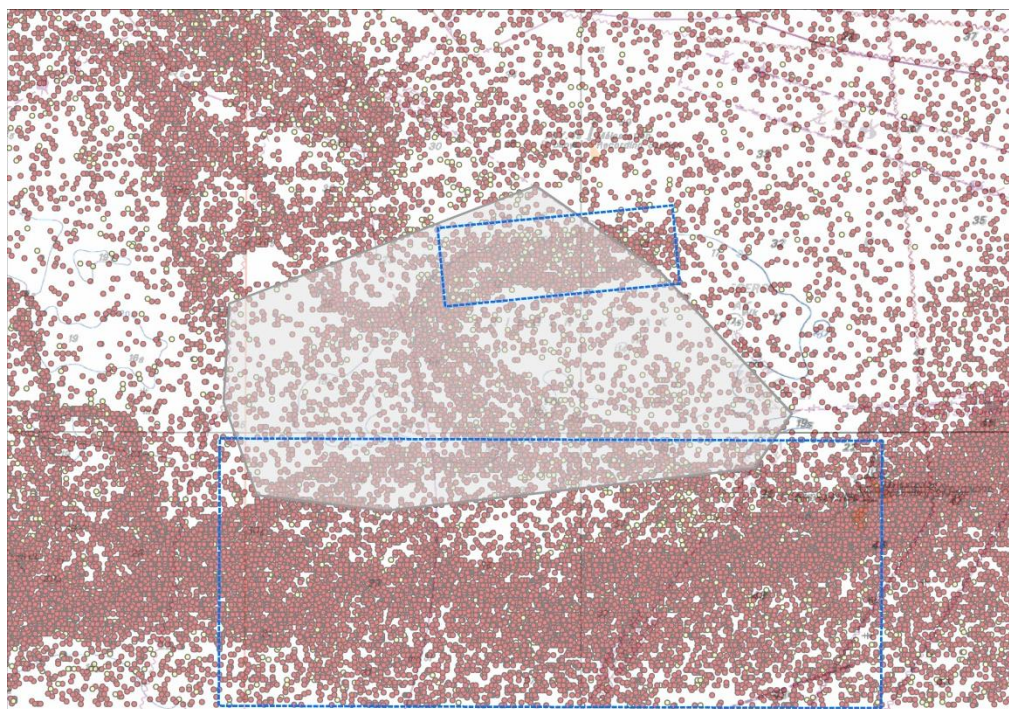
Trawlfiskeriet (bund- og flydetrawl) er den mest udbredte fiskeriaktivitet i området, og kombineret med dette fiskeris metode, der betinger konstant sejlads, vurderes trawlfiskeriet at udgøre den største risiko for kollision med møllerne. Det nuværende fiskerimønster vil ikke kunne opretholdes når mølleparken er opført. Fiskeri med bundtrawl forventes bl.a. ikke at blive tilladt indenfor havmølleparken og endvidere forventes det, at fiskeriet helt automatisk holder en vis afstand til møllerne.

Det fremgår af Figur 9-3, at trawlfiskeriet i nærheden af havmølleparken forgår i nogle ret specifikke, relativt skarpt afgrænsede områder, hvor særlige bund-, strøm og dybdeforhold giver grundlag for et godt fiskeri. Det er vanskeligt at forudsige, hvordan fiskeriet vil reagere på møllernes tilstedeværelse, men det forventes at aktiviteten og dens lokalisering tilpasser sig til risikoen for både kollisioner med møllerne og for beskadigelse af grej på havmøllernes fundamenter. Med udgangspunkt i deres egen erfaring og viden om deres navigationssikkerhed, vil de fortsætte fiskeriet på steder, hvor de ikke oplever fiskeriet som unødigt farligt eller vovet. Hertil kommer effekten af eventuelle påbud og restriktioner for fiskeriet i relation til havmølleparken, der vil kunne justere lokaliteten og udbredelsen af fiskeriet. Med dette som udgangspunkt, forekommer det ikke relevant, at forsøge at opstille en detaljeret forudsigelse for det fremtidige fiskeris udbredelse og omfang i forbindelse med skibskollision. I stedet tages udgangspunkt i to simplificerede komponenter af aktiviteten:

Større aktivitet i områder i umiddelbar nærhed af havmølleparken, der ved sin nærhed og volumen, giver basis for en risiko for kollisioner. Her er valgt området syd for havmølleparken, hvor den nuværende aktivitet er betydelig og er fokuseret på en skråning umiddelbart syd for havmølleparken.

Nuværende aktivitet indenfor havmølleparkens område, der i mindre omfang kan forventes at fortsætte imellem havmøllerne, og som i kraft heraf vil give en særlig risiko for kollisioner. Denne del repræsenteres ved flyde trawling imellem møllerne (Bundtrawl forventes ikke at blive tilladt).

Datagrundlaget for disse to beskrivelser er baseret på den registrerede aktivitet i de to områder vist i Figur 9-4. Det sydlige større område danner grundlag for a) og det mindre område i den nordlige del af havmølleparken danner grundlag for b).



Figur 9-4: Udvalgte områder, der danner basis for nærmere analyse og beskrivelse af trawllaktiviteten i og omkring havmølleparken.

Aktiviteten i det sydlige område udgør ca. 3.000 trawl pr. år (flyde og bund trawl), og denne aktivitet er rimeligt jævnt fordelt på langs (øst-vest) i området. På tværs (nord-syd) er der en tydelig tyngde i midten af området, og fordelingen kan tilnærmest beskrives som en normalfordeling med en spredning på ca. 3000 m. Jævnfør vms data lægges trawl linjerne meget konsekvent på langs af området med en ligelig fordeling i mellem vestlige og østlige trawl, så fiskeriet i dette område sker stort set parallelt med havmølleparkens sydlige grænse, og vil ikke sædvanligvis have retning ind mod havmølleparken. Muligheden for en kollision vil dermed primært opstå, hvis kursen ved en fejl ikke lægges som tilsigtet på langs af området, men med retning mod havmølleparken. Alternativt at kursen under selve trækket lægges om ved en fejl, så skibet får kurs mod havmølleparken. Muligheden for, at en trawler kolliderer med en mølle, vil kunne opdeles i følgende elementer med tilhørende vurderede sandsynligheder:

- Kursen lægges forkert, så trawleren har retning mod havmølleparken (1%).
- Fejlen opdages og rettes undervejs mod havmølleparken (90%).
- Skibet kolliderer med en mølle når den ankommer til havmølleparken (1%).
- Fejlen rettes når skibet er kommet ind i parken (80%).
- Skibet kolliderer med en havmølle inde i havmølleparken (10%).

Med de angivne sandsynligheder og en aktivitet på 3000 trawl pr. år fremkommer følgende estimat for frekvensen af kollisioner:

- $3.000 \times 0,01 \times (1-0,9) \times (0,01 + 0,99 \times (1-0,8) \times 0,1) = 0,09$ kollisioner pr år.
- 1 kollision per 11 år.

Flydetrawl imellem havmøllerne forventes og forudsættes at foregå i de bredeste alléer i mellem møllerækkerne. Dvs. hvor mølleafstanden er ca. 1000m. Hvis fiskerne ønsker at forfølge fiskeri i dette område, vil de være opmærksom på, at de skal udvise øget agtsomhed og dermed kan det forventes, at dette fiskeri vil foregå med større præcision end ellers.

Ud fra aktiviteten i det nordlige område, er det lykkedes at analysere og beskrive, hvor præcist, skibe der fisker med flydetrawl, kan placere sig i forhold til et ønsket fiskested. Resultatet af denne analyse er en usikkerhed på positionen svarende til en standard afvigelse på 200 til 240m.

Fiskeriet med flydetrawl i nærheden af mølleparken er i gennemsnit ca. 300 træk pr år. Af denne aktivitet regnes en tredjedel eller 100 træk pr. år at foregå imellem møllerne. Denne andel er konservativ, når den ses i forhold til det nuværende fiskeris fordeling, og tager dermed højde for, at flydetrawl fiskeriet kunne blive attraktivt på grund af møllerens tilstedeværelse.

En simplificeret modellering af dette kollisionsscenario består af følgende komponenter:

- Trawlet startes centreret imellem møllerne, men positionen fastholdes ikke under trækket, og skibet ender på afveje ud mod den nærmeste række møller. Denne fejl modelleres med en normalfordeling med centrum midt imellem møllerne og en spredning på 250m.
- Det opdages ikke i tide, at skibet er på afveje ($5 \cdot 10^{-2}$).
- Skibet, der er på afveje, kolliderer mod en af møllerne (geometrisk sandsynlighed, 10 %).

Med de angivne sandsynligheder fremkommer følgende estimat for frekvensen af kollisioner:

- $100 \times [2 \times \Phi^2(-500\text{m}/250\text{m})] \times 5 \cdot 10^{-2} \times 0,1 = 100 \times [0,0455] \times 5 \cdot 10^{-2} \times 0,1 = 0,025$ pr. år.
- 1 kollision pr. 40 år.

Vurderingen af den forventede hyppighed af kollisioner mod havmøllerne, for de to typer af fiskeri, der forventes at udgøre den primære risiko, kan dermed sammenfattes til:

- Bundtrawl syd for havmølleparken: 0,09 pr. år.
- Flydetrawl indenfor havmølleparken: 0,025 pr. år.
- Samlet kollisionsfrekvens for trawl fiskeri: 0,115 pr. år.
- Fiskerikollisioner sker med en forventet returperiode på 9 år.

Konsekvensen ved en kollision mellem mølle og trawler vil, pga. fartøjets størrelse og lave fart, kun give mindre skader (ridser, buler) på fiskekutterne og kun mindre personskade. Tilsvarende vil mølle eller transformerplatform også kun få ubetydelige skader. Det vurderes at sandsynligheden for større og mere alvorlige kollisioner er lav i og med at mølleparken vil være meget synlig, og trawling vil antageligvis ikke foregå tæt ved en havmølle. I tilfælde af større kollision er det dog vigtigt, at fiskerne eventuelt har mulighed for at redde sig op på fundamentet, og det anbefales derfor, at bådlandingsstigen skal gå helt ned til havoverfladen.

Trollingfiskeri

Trollingfiskeri er en del af de rekreative aktiviteter, som foregår i området og består af lystfiskere i hurtige motorbåde i begrænsede perioder. Dette fiskeri er ikke en del af fiskeriundersøgelsen, der er lavet for området, og omfanget er derfor meget usikkert.

Det vurderes, at der er tale om noget meget sæsonpræget fiskeri, og indflydelsen af dette er således begrænset.

De typisk anvendte motorbåde sejler dog hurtigere end almindelige fiskerifartøjer og kan udgøre en generel risiko for skibstrafikken i området, men dette ændres ikke ved at Kriegers Flak Havmøllepark etableres.

I tilfælde af kollision med et møllefundament vil skaden ske på motorbåden og ikke fundamentet, men pga. den høje fart er der stor sandsynlighed for personskade.

² Φ er standard normalfordelingsfunktionen.

Trolling foregår dog i meget manøvredygtige både med kort standselængde. Dette indebærer, at sandsynligheden for en kollision med havmølle under trolling er lav, og dermed også lav sandsynlighed for personskade. Desuden, er det rimeligt at antage, at trolling fiskeren vil være klar over, at der er havmøller i området, og dermed vil udvise skærpet opmærksomhed ved trolling i området.

9.2 Lystsejlere

Lystsejlads er også en stærkt årstidsafhængig trafik, hvor stort set alt trafik er relateret til nogle få sommermåneder.

Området ved Kriegers Flak er placeret forholdsvis langt fra land, men det kan dog nås frem og tilbage på en dagssejlads, hvis lystsejlerne skulle finde det interessant. Ellers vil det mest være lystsejlere på et længere togt, der vil passere havmølleparken.

Der er ikke noget klart billede over antallet af lystbåde i området, men Klintholm Havn på Møn har godt 9000 anløb om året. Hvor stor en andel af disse, der passerer igennem Kriegers Flak området er dog uvist. Lystbåde mellem Klintholm og eksempelvis Bornholm vil sejle lige syd om området. Den typiske lystbåd vil normalt holde sig mere kystnært, medmindre der er tale om et længere togt.

En kollision mellem lystsejler og mølle vil ikke medføre en stor miljørisiko (olieudslip eller lignende) og vil resultere i en meget begrænset beskadigelse af møllefundamentet. Konsekvensen for lystsejlere kan være skader på fartøj og personskade. Den værste tænkelige konsekvens ved kollision kan være at sejlbåden synker. Ligesom i tilfældet med fiskefartøjet anbefales det derfor, at bådlandingsstigen skal gå helt ned til havoverfladen, således at man har mulighed for at reddes sig op på fundamentet i tilfælde af en kollision.

Tårnet vil være låst, og den lette tilgang til møllefundamentet vurderes derfor ikke at være noget problem for parkejeren.

10. Vurdering af slæb i området omkring parken samt sandindvinding på Kriegers Flak

10.1 Slæber og slæb

Under HAZID-workshoppen blev slæb rejst som et problem, som skulle kortlægges. Årsagen til dette er, at der under forundersøgelserne til Femern Bælt blev identificeret en del trafik, som ikke var dækket af AIS data. En del af dette var slæb.

En slæbebåd med slæb bevæger sig langsomt og har begrænset manøvredygtighed samtidig med at udstrækningen er stor. Hvis der er mange af denne type ved møllepark området, kan det forøge risikoen for skib-mølle kollision.

Slæbebåde er ofte registreret i AIS data, og selvom slæbet ikke selv har AIS, så vil AIS informationen sige, at der er tale om en "slæbebåd med slæb".

Information omkring slæb ved Femern Bælt er modtaget fra Femern Bælt A/S og er beskrevet i afsnit 5.3 i ref. (Rambøll, Femern Bælt A/S, 2011). Her er fundet 331 bevægelser i 2010 af slæbere med slæb på et år, og disse er identificeret ved en kombination af AIS data og radar data.

For at undersøge om slæbere med slæb giver en ekstra risiko ved Kriegers Flak Havmøllepark er der udført telefoninterview med nogle af de personer, som også er interviewet i forbindelse med Femern Bælt undersøgelserne, samt VTS Øresund, VTS Storebælt samt Svendborg Bugser A/S.

VTS Øresund (Per Bæk) anslår, at der typisk sker 3 til 4 slæb af borerigge gennem Øresund om året, og når alle slæb tælles med, er der maksimalt tale om et slæb om måneden.

Kaptajn Steffen Schultz, der tidligere sejlede for Switzer, mener, at antallet af slæb omkring Kriegers Flak og Østersøen generelt er sporadisk og småt. Da Lindø værftet var aktivt, og priserne var meget lave i Polen og Baltikum, var aktiviteten højere, men det meste af dette er i dag flyttet til eksempelvis Rumænien, hvor prisen er lavere.

Informationer fra Svendborg Bugser A/S (Jan Eriksen) indikerer en noget højere aktivitet, og her er tale om det største firma i Danmark indenfor mindre slæb. Den største slæbebåd fra Svendborg Bugser A/S er med 45 tons "bollard pull", og den samlede længde af slæbebåd og slæb er op til 100 m. Jan Eriksen estimerer, at de årligt har ca. 75 slæbere med slæb gennem Øresund. Den typiske tur er mellem Polen, Baltikum eller Findland langs den svenske kyst og gennem Øresund og til den Norske kyst. På grund af is i Østersøen er der tale om sæsontrafik mellem marts og november. Det bemærkes, at dette afviger fra VTS i Øresund, men forklaringen er, at disse slæb er så små, at der ikke er krav til dem, og de derfor ikke registreres som slæb af VTS Øresund.

Udtræk fra VTS Storebælt (Jørgen Brandt) viser, at der i 2012 total er passeret 59 slæbere, heraf 35 nordgående og 24 sydgående. Slæbeaktiviteten ved Femern bælt fundet i ref. (Rambøll, Femern Bælt A/S, 2011) synes derfor at være meget høj og må skyldes en meget høj tidsbegrænset aktivitet.

Baseret på ovennævnte informationer konkluderes det, at slæbeaktiviteten på nuværende tidspunkt er betydelig mindre end fundet i ref. (Rambøll, Femern Bælt A/S, 2011). Herudover vil de fleste af de mindre slæb gå gennem Øresund og langs den svenske sydkyst og er således langt fra Kriegers Flak. For de ganske få store komplicerede slæb vil der være flere slæbebåde og i tilfælde af motorstop, kan en anden slæber stadig håndtere slæbet. Det vurderes derfor, at slæbere med slæb ikke vil udgøre en nævneværdig risiko for Kriegers Flak Havmøllepark.

10.2 Sandindvinding på Kriegers Flak

Information omkring sandindvinding på Kriegers Flak til Femern Bælt er modtaget fra Femern Bælt (Claus Iversen) og baseret på VVM redegørelsen for Femern Bælt.

Sandindvindingen på Kriegers Flak forventes at ske med en slæbesuger (Trailing Hopper Suction Dredger) i perioden juni 2016 til november 2018. Det forventes, at der vil blive benyttet en slæbesuger med en kapacitet på mellem 6.000 og 10.000 m³ og den samlede mængde, der skal indvindes, forventes at være op til 6 mio. m³.

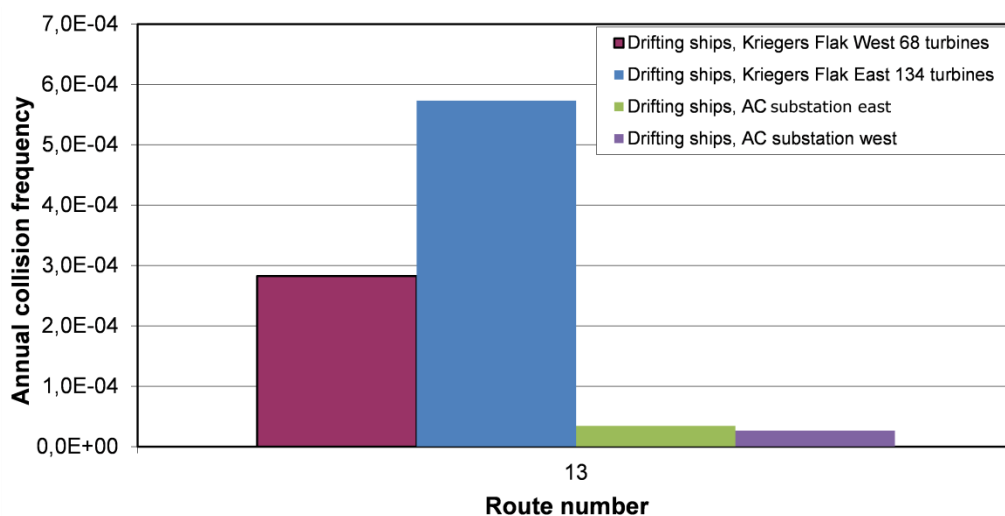
Lastning og transport vil foregå hele døgnet med et fartøj, således at der suges tre gange i døgnet. Det er planlagt, at sandindvindingen vil foregå jævnt over en 2,5-årig periode, hvilket vil svare til ca. 750 ture totalt og omkring 300 ture pr. år.

En rute (rute 13) er indlagt i modellen således at denne trafik kan medtages i modellen. Det skal bemærkes, at denne trafik ikke vil være normal, men kun forekomme i knap 2½ år. Hertil kommer at sandindvindingen til Femern Bælt forbindelsen måske starter før installationen af Kriegers Flak Havmøllepark.

Anden sandindvinding kan forekomme på Kriegers Flak, men der er ikke nogen generel tilladelse for sandindvindingen, det enkelte projekt skal søge i hvert enkelt tilfælde. Der har således ikke været indvinding i området siden indvindingen til Øresundsforbindelsen i år 2000.

Resultatet for en kollision mellem et sandindvindingsfartøj og en komponent i parken (mølle eller transformerplatform) er givet nedenfor.

Resultatet for en direkte påsejling er meget følsomt overfor placeringen af sejlrueten ind til sandindvindingsområdet, og resultatet skal derfor tages med et vist forbehold. For den antagne rute fås der kun direkte påsejling mod de vestlige møller, men samlet set findes sandsynligheden for en direkte påsejling at være større end for en drivende kollision på grund motorstop. Frekvensen for en drivende kollision med de forskellige elementer er vist i Figur 10-1.



Figur 10-1: Evalueret kollisionsfrekvens mellem havmølleparken og sandindvindingsfartøj for scenarioet drivende skib.

Returperioden (den gennemsnitlige tid mellem to kollisioner) for en kollision mellem sandindvindingsfartøj og et parkelement er vist i Tabel 10-1 fordelt på den østlige og vestlige del af parken, samt transformerplatforme.

Returperiode	Drivende skib (år)	Direkte påsejling (år)	Total (år)
Østlige del af Kriegers Flak	3.541	-	3.541
Vestlige del af Kriegers Flak	1.744	190	171
Østlige transformerplatforme (AC)	28.989	-	28.989
Vestlige transformerplatform	37.897	-	37.897
Total for Kriegers Flak Havmøllepark	1.091	190	161

Tabel 10-1: Returperioder (år) for kollision mellem indvindingsfartøj og de forskellige komponenter i havmølleparken.

Af Tabel 10-1 ses det, at den samlede returperiode mellem to kollisioner er omkring 161 år for den estimerede sandindvindings trafik. Dette er for den periode, hvor der er størst sandindvindingsaktivitet og vil ikke være normal for hele parkens levetid, men kun for perioden 2016 til 2018. Den estimerede risiko relateret til sandindvindingsaktiviteter vurderes derfor at være acceptabel.

11. Vurderinger af påvirkninger i driftsfasen – frekvensanalyse

11.1 Skib – havmølle-kollisioner

Nærværende kapitel omhandler beregningerne af kollisionsfrekvenser for skib-havmølle-kollisioner for de to hovedscenarier

- Kollision med drivende skib pga. motorstop.
- Direkte påsejling pga. menneskelig fejl, styrefejl eller radarfejl i dårlig sigtbarhed.

Kollision med lystsejlere og fiskere er ikke inkluderet her, da disse er evalueret i kapitel 9. Konsekvensen af de i nærværende kapitel fundne kollisioner vil typisk være større end konsekvensen af kollisioner med lystsejlere og fiskere, da der typisk vil være tale om større skibe.

Resultaterne er fordelt på de i kapitel 8 identificerede sejlruiter og skibstyper.

Det skal bemærkes, at de evaluerede kollisionsfrekvenser dækker over alle kollisioner, hvor nogle er mindre og andre er så alvorlige, at skibet skal repareres, før det kan fortsætte sin planlagte rejse. Konsekvensen ved kollisionen er ikke evalueret.

Base case scenariet er det "worst case" tilfælde, som er beskrevet i afsnit 6.1 (202 havmøller og 3 transformerplatforme), hvor havmølleparken Baltic II er medtaget, da den er underopførelse på nuværende tidspunkt. Denne park giver Kriegers Flak Havmøllepark beskyttelse fra sydøst, og samtidig tvinger den trafikken yderligere væk fra området ved Kriegers Flak.

Endelig er indflydelsen fra en beredskabsslæbebåd i Sassnitz evalueret. Denne slæbebåd er en del af det tyske beredskab og har ingen andre pligter, så mobiliseringstiden er lav og pålideligheden høj.

11.2 Resume af kollisionsfrekvenser for Base case I

I Tabel 11-1 er givet returperiode for de to scenarier fordelt på havmøller og transformerplatforme. Det skal bemærkes, at resultaterne er givet for det tilfælde, hvor ingen risikoreducerende tiltag er inkluderet. Eksempelvis forventes det, at havmølleparken afmærkes med RACON ved den vestlige del pga. færgeruten mellem Trelleborg og Rostock/Travemünde. Dette vil reducere risikoen for direkte påsejling, men dette er ikke medtaget her.

Af Tabel 11-1 fremgår det, at den samlede returperiode for kollisioner er estimeret til ca. 72 år uden nogen form for risikoreducerende tiltag. Kollisionsfrekvensen er domineret af de drivende skibe, mens bidraget fra direkte påsejling er noget mindre, da havmølleparken Baltic II flytter sejlruiterne længere væk fra Kriegers Flak Havmøllepark. For direkte

påsejling er det derfor udelukkende rute 6 som giver et bidrag og denne rute består stort set udelukkende af færgetrafik som er antaget kendt i området.

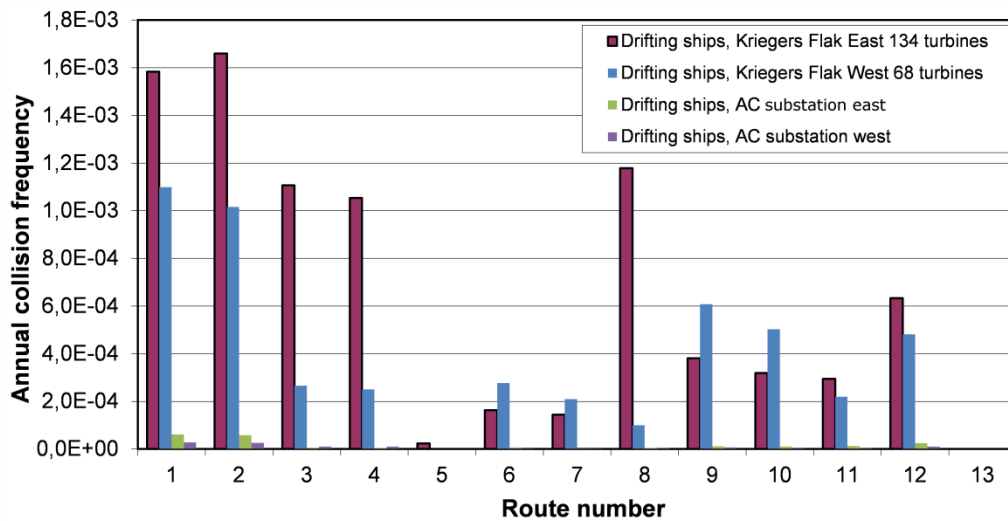
Kollisionsfrekvensen for kollision mod en af transformerplatformene er betydeligt mindre, nemlig $3,1 \cdot 10^{-4}$ svarende til en returperiode på 3.200 år. Disse platforme er dog vitale elementer, så kollisionsrisikoen for disse skal ud fra et økonomisk synspunkt være meget lav. Hertil kommer, at der er tale om 3 elementer sammenholdt med 202 møller, så selv om de er betydelig større end møllerne, vil den kumulative kollisionsfrekvens være mindre.

Havmølleparkens elementer	Direkte påsejling	Drivende skib	Sum
Østlige del af Kriegers Flak	0 (∞)	$8,5 \cdot 10^{-3}$ (117)	$8,5 \cdot 10^{-3}$ (117)
Vestlige del af Kriegers Flak	$2,7 \cdot 10^{-6}$ (377.000)	$5,0 \cdot 10^{-3}$ (199)	$5,0 \cdot 10^{-3}$ (199)
Østlig transformerplatform (AC)	0 (∞)	$2,0 \cdot 10^{-4}$ (4.991)	$2,0 \cdot 10^{-4}$ (4.991)
Vestlig transformerplatform	0 (∞)	$1,1 \cdot 10^{-4}$ (8.943)	$1,1 \cdot 10^{-4}$ (8.943)
Kumulativt resultat for Kriegers Flak Havmøllepark	$2,7 \cdot 10^{-6}$ (377.000)	$1,4 \cdot 10^{-2}$ (72)	$1,4 \cdot 10^{-2}$ (72)

Tabel 11-1: Kollisionsfrekvens og tilhørende returperiode i år for base case-tilfældet for de enkelte elementer samt det kumulative resultat. Indflydelsen fra Baltic II er inkluderet. Det fremgår af tabellen, at returperioden er meget høj, og at der derfor er meget lille sandsynlighed for en powered kollision med en havmølle. Antal år er angivet i parentes.

11.3 Base case - drivende skib kollisioner

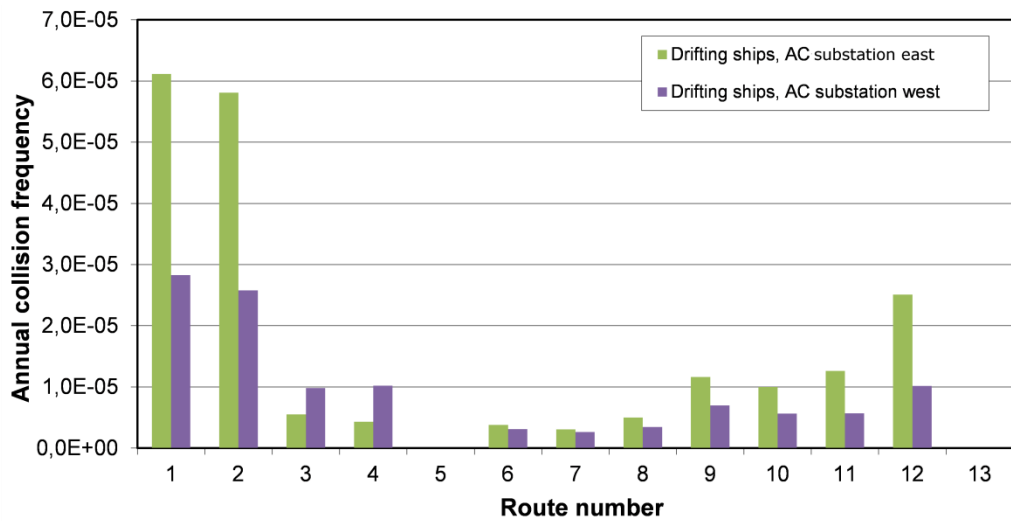
Den kumulative kollisionsfrekvens for drivende skibe mod havmølleparken er givet nedenfor i Figur 11-1 fordelt på sejlruiter og i Figur 11-3 fordelt på skibstype.



Figur 11-1: Kollisionsfrekvens fordelt på sejlruiter.

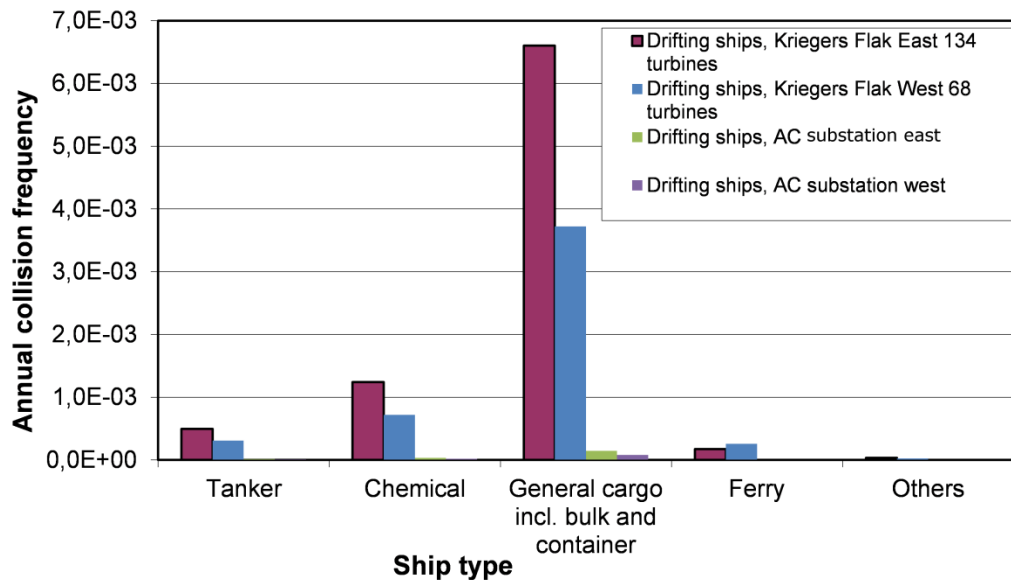
Af Figur 11-1 fremgår det, at det største kollisionsbidrag kommer fra rute 1 og 2, hvilket er ruterne med den største trafik (T-ruten mellem Femern Bælt og Bornholms Gat). Rute 3 og 4 er ruter langs den svenske sydkyst, hvor trafik intensiteten også er høj. Hertil kommer at vind fra nordvest, der er forholdsvis hyppig, vil sende et skib med motorstop i retningen ned mod Kriegers Flak. Rute 8, der passerer øst om Kriegers Flak, giver også et forholdsvis stort bidrag. Dette skyldes den korte drivafstand og den hyppige vindretning fra nordvest, men også skibstypen på denne rute, som er general cargo trafik, hvor sandsynligheden for motorstop er større end eksempelvis for rute 6 og 7, der er færgeruter.

I Figur 11-2 er drivende kollision mod transformerplatformene vist. Billedet er meget lig det for møllerne, på nær at bidraget fra rute 8 øst om parken reduceres kraftigt, da den østlige del af havmølleparken "skygger" her. Det samme er tilfældet for rute 3 og 4 nord for parken.



Figur 11-2: Kollisionsfrekvens fordelt på sejlrufter for transformerplatformene.

Figur 11-3 viser kollisionsfrekvensen fordelt på skibstyper. Her ses det tydeligt, at den typiske kollision med drivende skibe formentlig vil være med typen "General Cargo/bulk/container". Forklaringen på dette er, at denne type er den mest udbredte i området. Samtidig har disse skibe normalt kun et fremdriftssystem, og sandsynligheden for motorstop er således større end eksempelvis for færger, der typisk har flere fremdriftssystemer, som er mere eller mindre uafhængige af hinanden, og hvor sandsynligheden for at blive drivende skib derfor er mindre.

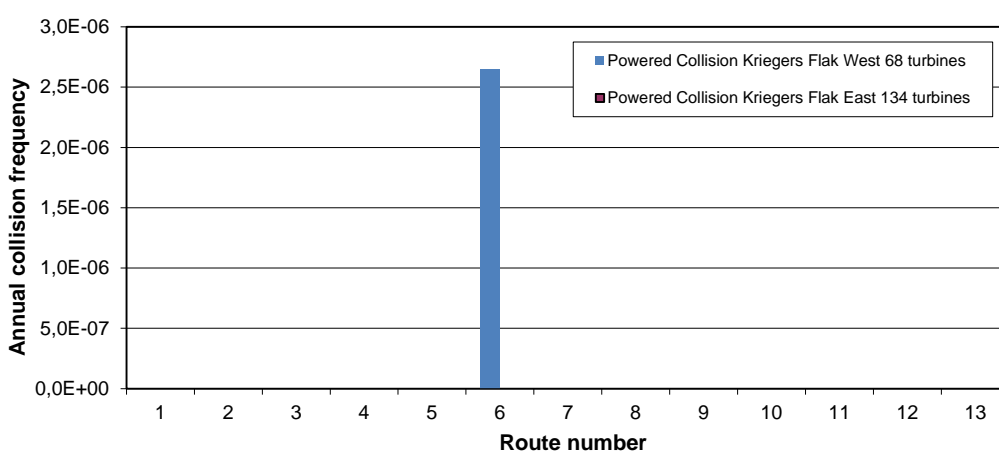


Figur 11-3: Kollisionsfrekvens fordelt på skibstyper.

11.4 Base case – direkte påsejling

Frekvensen for direkte påsejling er givet i Figur 11-4 fordelt på sejlruiter og i Figur 11-5 fordelt på skibstyper. Det skal bemærkes, at den største risiko for en direkte påsejling er i forbindelse med sandindvinding til Femern Bælt forbindelsen, men dette bidrag er ikke medtaget her, da denne indvending ikke er typisk for parkens levetid.

Af Figur 11-4 fremgår det, at der kun er bidrag fra rute 6. Rute 6 giver et bidrag pga. den høje færgetrafik på denne rute, der er antaget at passere tæt forbi det nordvestlige hjørne af havmølleparken. Det er dog kun ved dette nordvestlige hjørne at rute 6 passerer tæt forbi mølleparken hvilket resulterer i den lave frekvens.

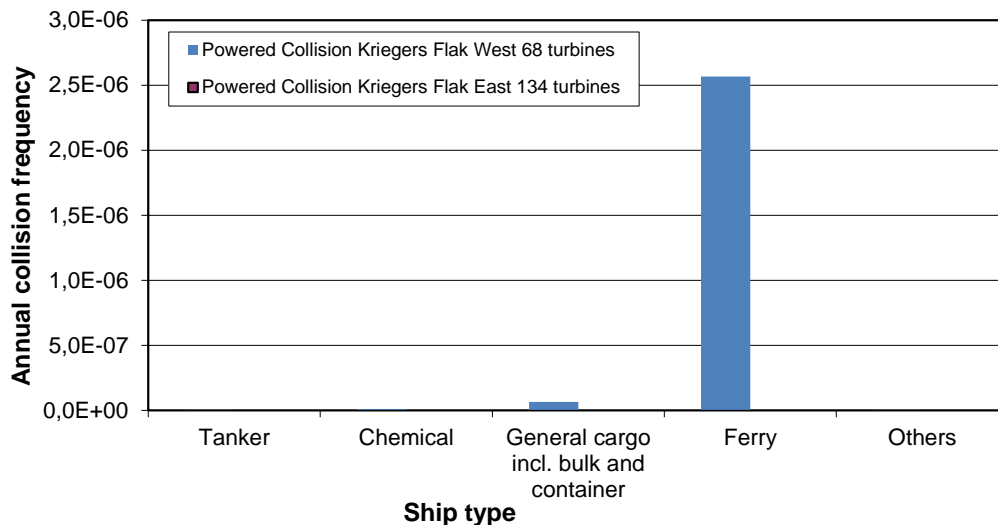


Figur 11-4: Kollisionsfrekvens for direkte påsejling fordelt på sejlruiter.

Det skal bemærkes, at kollisionsfrekvensen for direkte påsejling er meget følsom for den antagne placering af sejlruiten. Færgeruten Trelleborg - Rostock/Travemünde der i øjeblikket passerer igennem forundersøgelsesområdet er antaget at blive flyttet udenfor området med en korteste afstand på 1,3 sømil. Det kan diskuteres, om denne afstand er antaget for stor og justeres afstanden ned til eksempelvis en sømil, vil kollisionsfrekvensen for direkte påsejling stige betragteligt.

Af Figur 11-5 fremgår det tydeligt, at hovedbidraget i forhold til en direkte påsejling er fra færger, som passerer lige nordvest om parkområdet. Der er ingen direkte påsejling af den østlige del af Kriegers Flak Havmøllepark på grund, at havmølleparken Baltic II "skygger" for direkte påsejling fra denne side.

På grund af den høje intensitet af færgetrafik anbefales det, at en mulig sejlroute diskuteres med færgerederierne, Energinet.dk og Søfartsstyrelsen, således at afstanden mellem ruten og mølleparken giver en tilstrækkelig sejladsikkerhed for alle parter.



Figur 11-5: Kollisionsfrekvens for direkte påsejling fordelt på skibstyper.

Det fremgår af ovennævnte evalueringer, at Baltic II har en væsentlig positiv indflydelse på kollisionsrisikoen mod Kriegers Flak havmølleparken. Det skal bemærkes, at samlet set vil risikoen for Kriegers Flak Havmøllepark og Baltic II tilsammen selvfølgelig være større, men den samlede risiko for summen af de to parker er mindre end summen af de to tilfælde, hvor hver park er alene på grund af skyggeeffekten parkerne imellem.

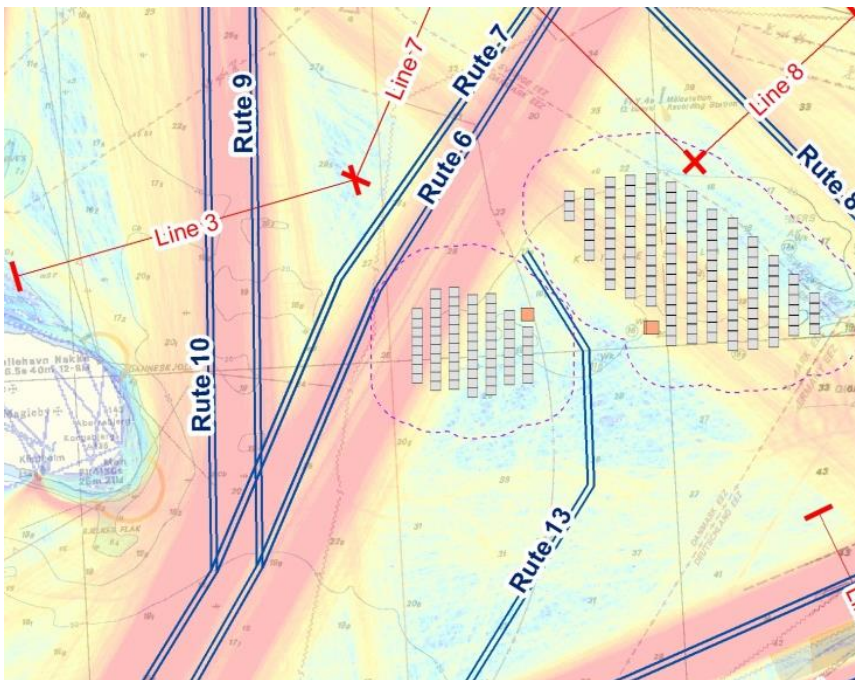
Endelig skal det også bemærkes, at hvis den svenske havmøllepark Kriegers Flak II etableres, vil den yderligere reducere risikoen for den danske Kriegers Flak Havmøllepark, men den samlede kollisionsrisiko i området vil stige.

11.5 Base case – skib-skib kollisioner

Etablering af Kriegers Flak Havmølleparken med det her antaget park layout vil tvinge færgeruten Trelleborg - Rostock/Travemünde (route 6 og 7) mere mod vest og kan give en større vinkel ved krydsningen af rute 9 og indfletningen i rute 10, se Figur 11-6.

For at minimere sejlængden vil færgerne formentlig indføre en ruteændring nordvest for den vestlige del af Kriegers Flak, og hvis dette gøres, vil krydsning og indfletning ske under samme forhold som før havmølleparken etableres.

Etableringen af Kriegers Flak Havmøllepark vurderes derfor ikke at ville øge risikoen for skib-skib kollisioner i området.



Figur 11-6: Krydsning og indfletning vest for havmølleparken.

11.6 Inkludering af det tyske nødberedskab

Da det samlede resultat er domineret af drivende skibe, er der også lavet en analyse, hvor det tyske bredskab er inkluderet. Som en del af det tyske kystberedskab ligger der en større slæbebåd i Sassnitz med et bollard pull på mere end 65 tons og en længde på ca. 35 m.

Det er tidligere aftalt med Wasser und Schifffahrtsdirektion (WSD) i Kiel, at denne slæbebåd må tages i regning med en tilgængelighed på 96% og en mobiliseringstid på 30 minutter.

Analysen af base case, hvor denne slæbebåd inkluderes, viser dog, at den ingen betydning har for Krigers Flak Havmøllepark. Dette skyldes den korte afstand mellem sejlruerne og parken set i forhold afstanden fra Sassnitz til Krigers Flak. Beredskabsslæbebåden i Sassnitz vil således i langt de fleste tilfælde ikke nå frem i tide til at kunne forhindre en kollision med det drivende skib.

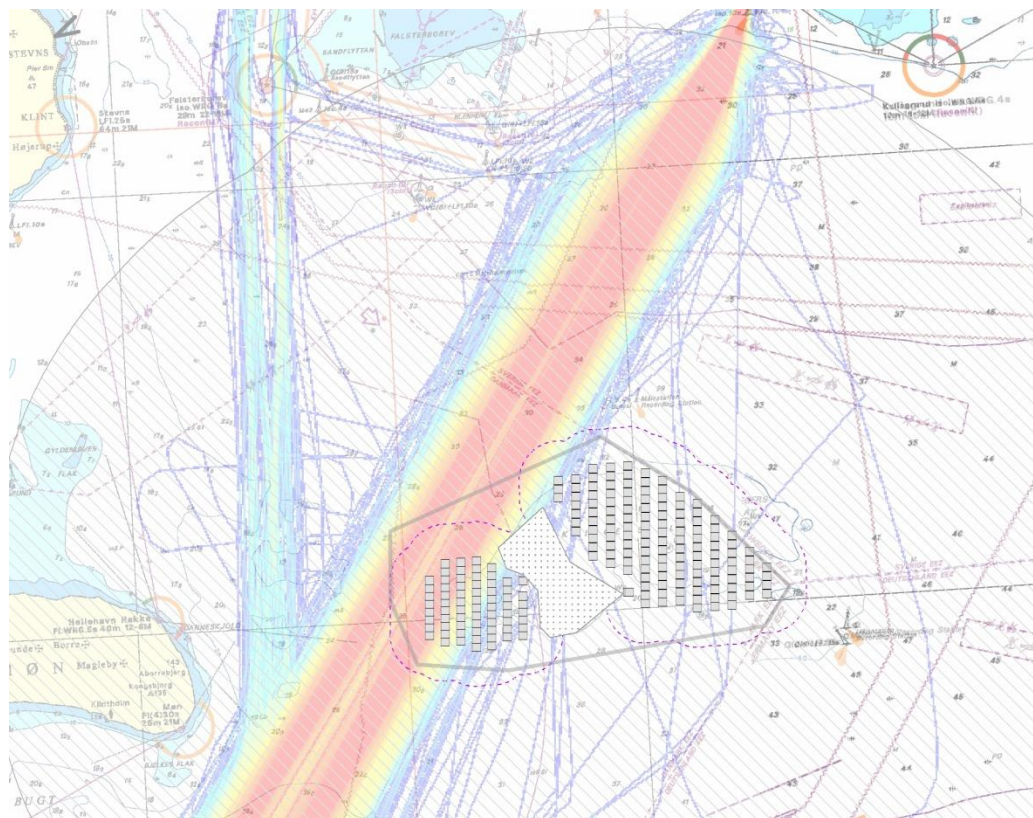
Der er andre slæbebåde, som er tættere på Krigers Flak, men disse er kommercielle slæbere med andre opgaver, så deres tilgængelighed vil være lav og bør ikke tages i regning.

12. Vurderinger af påvirkninger i driftsfasen – færgeruteomlægning

Det fremgår af diskussionen i afsnit 11.5, at færgerne til og fra Trelleborg, der passerer det nordvestlige hjørne af havmølleparken, vil blive tvunget længere nordpå. For at af-

klare omfanget og karakteren af denne færgetrafik, er de dominerende færger identificeret - i alt 9 færger - og deres sejlads mønster er blevet underlagt en særskilt analyse.

Trafiktætheden for de udvalgte færger er vist i Figur 12-1, og den giver opfattelse af et meget retlinet og regelmæssigt sejlads mønster, med en tydelig adskillelse imellem de sydgående og de nordgående færger. Af tæthedsplottet kan aflæses en typisk afstand imellem de modgående spor på ca. 2.600m.



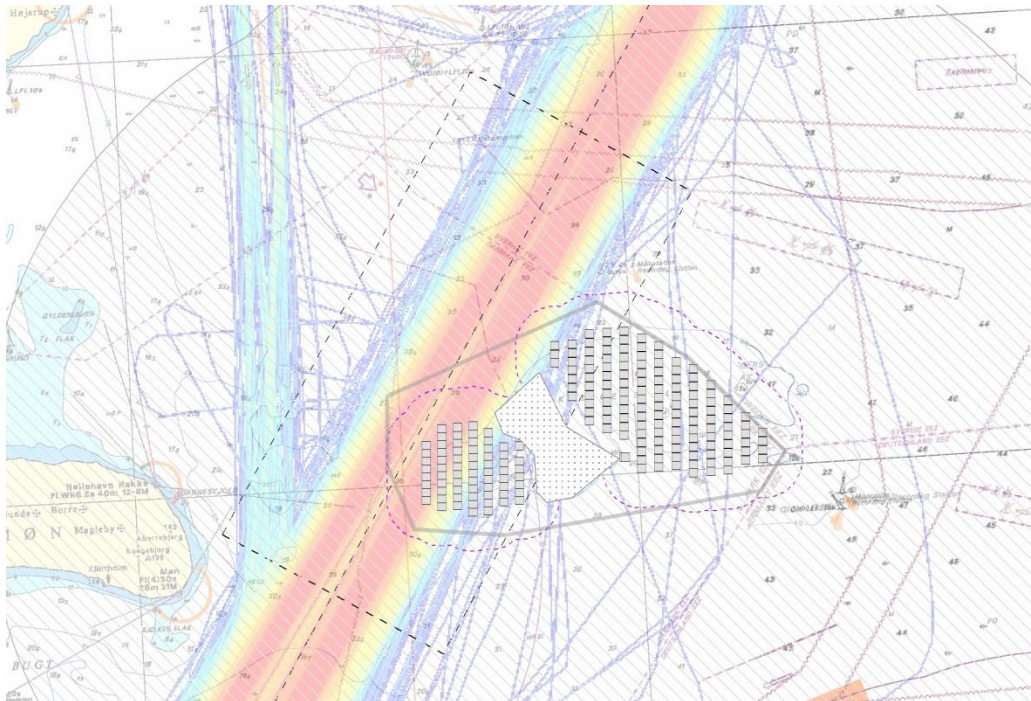
Figur 12-1: Trafiktætheden for de skibe, der er i færgefart til og fra Trelleborg, og som passerer tæt nordvest for havmølleparken.

Det ses tillige, at færgerne lejlighedsvis også går op igennem Øresund, men denne trafik bliver ikke inddraget i denne detailundersøgelse.

I relation til omlægningen af trafikken på denne rute, har det interesse at vide, hvor og i hvilket omfang der opstår modgående mødesituationer i nærheden af havmølleparken. Disse situationer vil kræve ekstra navigationsrum og vil reelt betinge, hvor langt nordpå færgeruterne skal forskydes, for at færgerne ikke oplever havmøllerne som en fare i mødesituationer.

Mødesituationerne er identificeret og undersøgt indenfor området skitseret i Figur 12-2. Trafikstrømmen af færger på rute 6 og 7 er opgjort til ca. 3.250 passager pr. år pr. rute

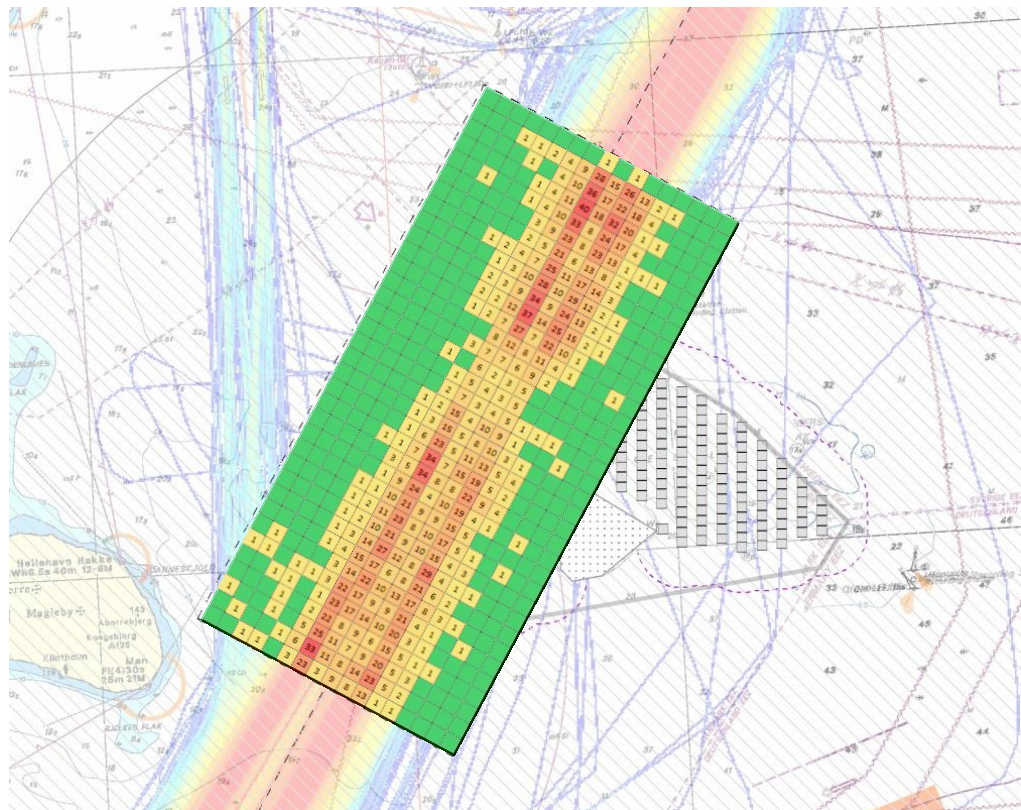
(se Tabel 8-13 og Tabel 8-14). Det giver i praksis mulighed for ca. 3.250 mødesituationer pr år eller ca. 3.800 for hele data perioden (1. oktober 2010 – 30. november 2011).



Figur 12-2: Område for detailundersøgelse af mødesituationer imellem færger til og fra Trelleborg.

Ved systematisk gennemgang af AIS data er alle mødesituationer identificeret og tidspunktet og positionen for de to færger på passagetidspunktet er registreret og kan danne grundlag for relevante statistisk behandlinger. I hele dataperioden er der forekommet 2500 mødesituationer indenfor området vist på Figur 12-2. Det betyder at hele 2/3 af de forventelige mødesituationer for denne færgetrafik forekommer indenfor det skitserede område. Det høje antal mødesituationer skyldes formentlig at området ligger næsten midt i mellem Trelleborg og Travemünde.

En statistik over positionen af to færger, når de passer hinanden er vist i Figur 12-3. Passagerne fordeler sig i bredden som trafiktætheden i øvrigt, og passagerne sker langs hele området dog med en tydelig tendens til, at passagerne sker enten i bunden eller i toppen af området.

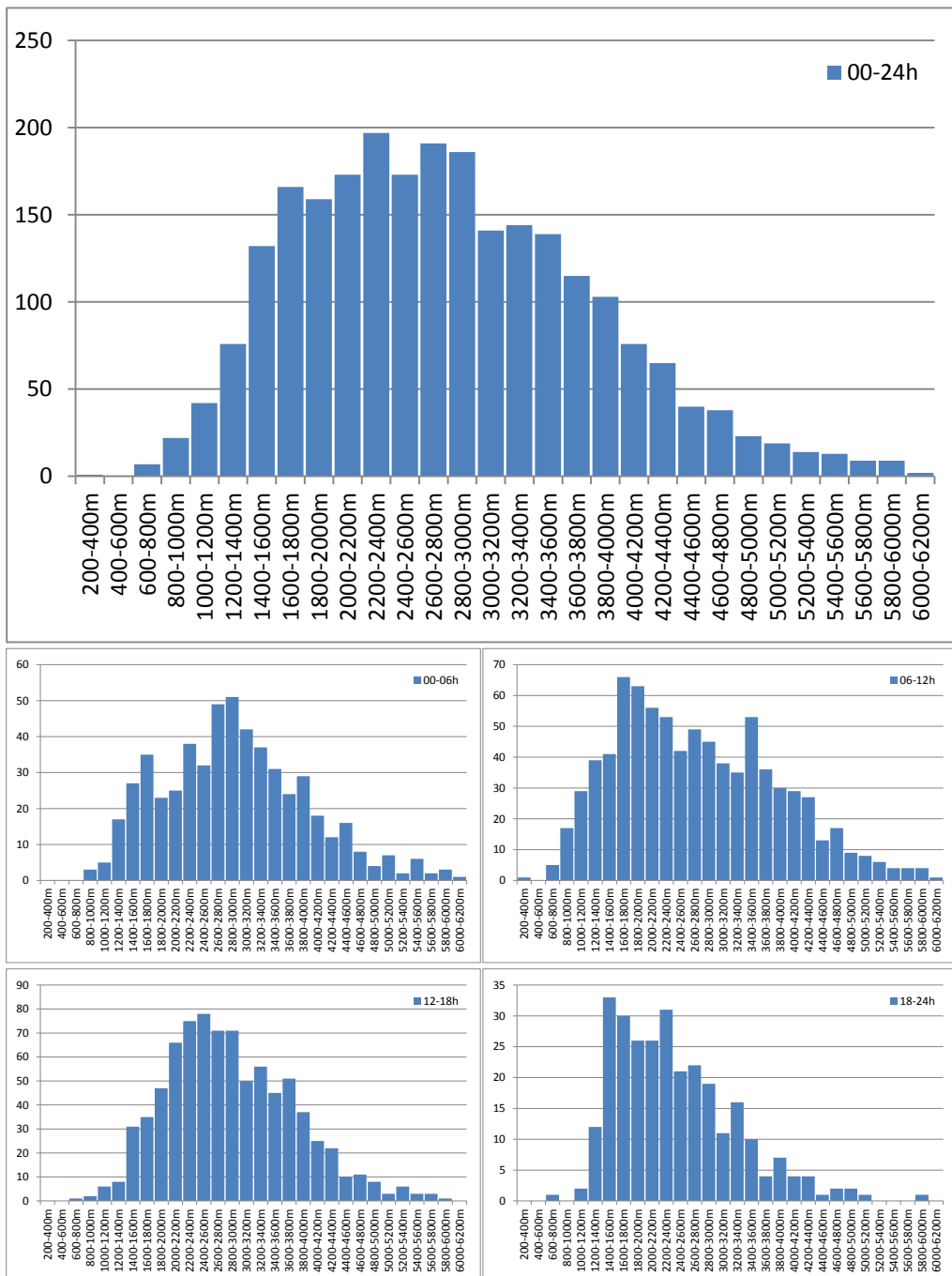


Figur 12-3: Fordeling af færgernes placering under en passage.

Passagerne i bunden af området (som ca. udgør halvdelen af de 2.500 passager) vil således foregå samtidig med færgernes passage af den vestlige del af havmølleparken.

Afstanden imellem to færger på passagetidspunktet er vist i Figur 12-4. Den typiske afstand er 2400-2600 m, hvilket er overensstemmende med tætheden af færgetrafikken. Passageafstande helt ned til 600-800 meter er noteret i få tilfælde.

Figuren viser også denne fordelingsvariation med tidspunktet på døgnet, hvor passagen foregik. Disse statistikker viser nogen variation, men der kan ikke noteres signifikante ændringer, der kunne indikere forskellig adfærd i mørke og i dagslys.

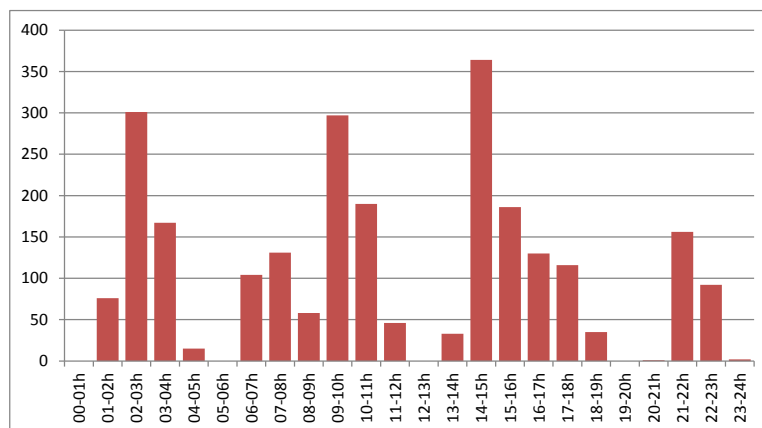


Figur 12-4: Fordeling af færgernes afstand på passagetidspunktet.
(Top: for hele døgnet, miniaturer for 4 tidsrum i løbet af døgnet).

Færgeruterne kører sædvanligvis efter en tidstabel, der vil betinge en eller anden form for regularitet over døgnet, ugen og året.

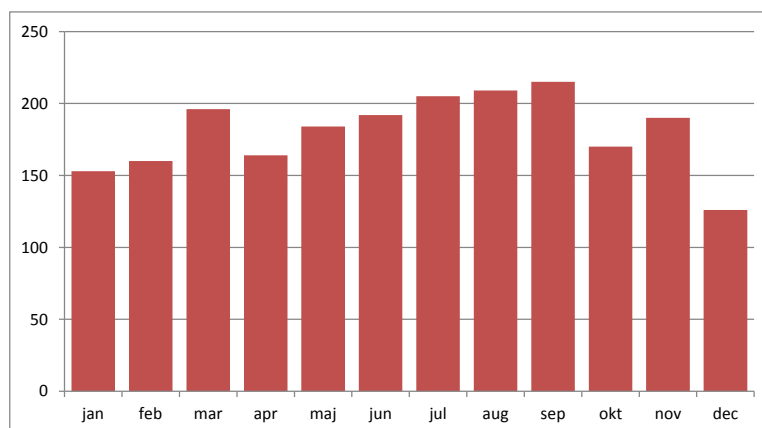
Figur 12-5 viser en sammentælling af, hvornår på døgnet, færger mødes indenfor området. Der spores en vis regularitet med høj frekvens omkring 02:00-03:00, 09:00-10:00, 14:00-15:00 og 21:00-22:00. Og de største hyppigheder kan ses at forekomme i dagslys

(14:00-15:00). Tidsrummet 8:00 til 16:00 rummer 47% af alle mødesituationerne, og tidsrummet 6:00 og 18:00 rummer 66%. Selvom det kun er 32% af mødesituationerne, der foregår fra 21:00-04:00 er det alligevel en stor andel af trafikken, der mødes i mørket.



Figur 12-5: Mødesituationernes fordeling over døgnet.

Mødesituationernes fordeling henover året viser en vis variation, navnlig et drastisk fald i december, en lokal forøgelse i marts og en stigende tendens fra april frem til september.



Figur 12-6: Mødesituationernes fordeling over året.

Undersøgelsen viser, at der foregår et ikke uvæsentligt antal mødesituationer i nærheden af havmølleparken imellem færgerne på rute 6 og 7. Derfor er det bestemt relevant at antage, at færgerne på disse ruter vil fastholde klart separerede ruter for nord og sydgående trafik – også selvom parken tvinger trafikken nordover, og derved kunne opfordre til at lade de to trafikretninger komme tættere på hinanden.

I risikomodellen er ruterne antaget at flytte sig nordpå, så den sydlige rute (for nordgående trafik) lægges ca. 2500 m fra nærmeste konstruktion i parken. Denne afstand afspejler den typiske afstand, som færgerne vælger at holde i mødesituationer (se Figur

12-4). Ruters indbyrdes afstand er valgt reduceret til ca. 2000m, og dette afspejler forventningen om, at omvejen nord om havmølleparken vil opfordre færgerne til at gå tættere på hinanden end nu, for at reducere omvejen. I risikomodellen vil dette betyde, at der forudsiges en højere hyppighed af modgående kollisioner end med den aktuelle navigationssituation inden opførelsen af havmølleparken. Mølleparkens indflydelse på skibstrafikken inklusiv ovennævnte afstande er blevet diskuteret med TT-Lines, som bekræfter at afstandene er rimelige. Se endvidere (DNV GL, 2014).

13. Konsekvensanalyse ved færgeskollision

Da der ofte vil være et betydeligt antal passagerer og besætningsmedlemmer på færgerne, der passerer tæt forbi mølleparken, er det rimeligt at lave en konsekvensanalyse med fokus på menneskeliv, hvis en færge – mølle kollision skulle ske. Konsekvensen af dette scenarie er i første omgang evalueret ud fra statistik, og disse resultater er så evalueret baseret på faktisk information omkring færge størrelser, antal passagerer osv. modtaget fra de to rederier der sejler på ruten mellem Trelleborg og Rostock/Travemünde.

Sandsynligheden for tab af menneskeliv i tilfælde af en kollision er taget fra (SAFECO, 1999) projektet. Dette studie indeholder statistik fra blandt andet Nordsøen og 2049 andre ulykker. Selvom antallet af ulykker er højt, så er den statistiske usikkerhed stor, når dataene fordeles på ulykkestype og skibstype. De her anvendte data givet i Tabel 13-1 er således gennemsnitsværdier behæftet med betydelig usikkerhed.

Skibstype	Bulk Carrier	Kemikalietanker	Container-skib	Gas-tanker	Olietanker	Færger	Ro-Ro	Andre skibe
Skib – skib kollision	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1 5	0,0 5	0,1
Direkte påsejling, skib – møllekollision	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,0 45	0,0 15	0,015
Drivende kollision mellem skib og havmølle	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0 3	0,0 1	0,01

Tabel 13-1: Sandsynligheden for tab af menneskeliv i tilfælde af en kollision taget fra (SAFECO, 1999) tabel 17 og tabel 66 med modifikationer.

Ulykker med færger kan ofte deles i to grupper. Ulykker med ingen eller ganske få omkomne personer og så de store men sjældne ulykker, hvor færgen forliser, og mange mennesker omkommer. Tallene i Tabel 13-1 for færgerne, er således styret af nogle få store ulykker med færger, hvor det gennemsnitlige antal omkomne er 83 personer. Disse ulykker er ofte sket i tredje verdens lande og det er derfor vurderingen at disse ulykker ikke er repræsentative for området omkring Kriegers Flak. Disse er derfor fjernet. Når disse ulykker fjernes, fremkommer de gennemsnitlige antal omkomne ved kollision som givet i Tabel 13-2.

Skibstype	Bulk Carrier	Kemikalietanker	Container skib	Gas tanker	Olietanker	Færge	Ro-Ro	Andre skibe
Skib – skib kollision	4	4	4	4	4	25	4	4
Direkte påsejling, skib – møllekollision	2	2	2	2	2	10	2	2
Drivende kollision mellem skib og havmølle	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	6	1,5	1,5

Tabel 13-2: Gennemsnitlige antal tab af menneskeliv i tilfælde af en ulykke baseret på (SAFECO, 1999), tabel 70 med modifikationer.

Af Tabel 13-2 ses det, at i tilfælde af en kollision mellem færge og mølle er det gennemsnitlige antal omkomne mellem 6 og 10 personer. Lavest ved en drivende kollision og højest ved en direkte påsejling.

Når sandsynligheden for en skib – færge kollision multipliceres med ovenstående gennemsnitlige antal omkomne, kan det årlige antal omkomne relateret til færge – havmølle-kollision findes.

Det forventede årlige antal tab af menneskeliv er således meget lavt, men det skal bemærkes at gennemsnittet her måske ikke er det mest relevante mål, da det typiske udfald af en færge-mølle kollision vil være ingen omkomne, men i tilfælde af en meget alvorlig kollision kan der være tale om mange omkomne. Den sidste hændelse er dog yderst sjælden.

Skibstype	Årlig kollisionsfrekvens for færger på rute 6 og 7	Gennemsnitligt antal tab af menneskeliv	Årligt gennemsnitlig antal tab af menneskeliv pga. færge – havmølle-kollision
Direkte påsejling, skib – møllekollision	$2,65 \cdot 10^{-6}$	10	$2,65 \cdot 10^{-5}$ svarende til 1 pr. 3.770 år
Drivende kollision mellem skib og mølle	$8,08 \cdot 10^{-4}$	6	$4,85 \cdot 10^{-3}$ svarende til 1 pr. 206 år
Total	$8,10 \cdot 10^{-4}$	-	$4,87 \cdot 10^{-3}$ svarende til 1 pr. 205 år

Tabel 13-3: Årlig gennemsnitlig antal tab af menneskeliv som følge af færge – havmølle-kollision.

Det skal bemærkes, at den her anvendte statistik ikke nødvendigvis er fuldt dækkende for en kollision mod en mølle i drift med roterende vinger. Konsekvenserne ved en kollision med en roterende mølle er større end ved en nedlukket mølle, men dette er ikke taget i regning. Møllevingerne vil splinters når de rammer skibet med risiko for personskade for alle i nærheden. For de fleste skibe vil der være et meget begrænset antal personer om bord, og disse vil hovedsagelig befinde sig indenfor. Risikoen vil derfor være begrænset. Ydermere vil der for drivende kollisioner være rimeligt med tid til at sikre, at passagerne ikke opholder sig i den side af skibet, hvor det drivende skib vil ramme havmøllen.

Det er dog et krav fra Søfartsstyrelsen og Værnsfælles Forsvarskommando Marinstaben, at en eller flere møller skal kunne lukkes ned i tilfælde af en mulig kollision. Dette skal koordineres mellem havmøllepark operatør og myndighederne og skal indgå i bredskabsplanen. En ukontrolleret nedlukning af møllerne er dog ikke ønskelig for hverken havmøllepark operatøren eller el-net operatøren, da det kan påvirke el-nettet.

Færgerederiet TT-Lines anser en kollision for meget usandsynlig, og da ruterne hovedsagelig er trailer trafik, og der kun i sommermånederne er mange passagerer, anses den evaluerede konsekvens, at være meget konservativ. For yderligere information henvises der til (DNV GL, 2014).

14. Kompasforstyrrelser fra ilandføringskabler

De fleste lande har udviklet anbefalinger eller begrænsninger for menneskers udsættelse for elektromagnetiske felter, men for kompasforstyrrelser er der ikke givet specifikke grænser. For undersøiske strømkabler er der kun to frekvensområder som er relevante: 0 Hz (DC) og 50/60 Hz (AC).

Der installeres to parallelle 220 kV søkabler, som forbinder transformerplatformene med ilandføringspunktet ved Rødvig. Foruden de to søkabler til land vil der blive installeret et 220 kV søkabel mellem transformerplatformene.

I AC kabler ændres strømmen i hver leder retning 50 eller 60 gange i sekundet, hvorved der opstår et magnetisk felt.

I trefasede kabler vil magnetfeltet fra hver leder overlejlre hinanden, og ved en større afstand til kablet udligne magnetfeltet fra hver af tre ledere hinanden næsten perfekt.

Tæt på kablet vil de tre magnetfelter ikke udligne hinanden perfekt.

Enkeltleder kabler har ofte en meget større afstand mellem lederne, hvilket resulterer i en dårligere udligning af magnetfeltet.

Men i enkeltleder vekselstrømskabler vil strømmen inducere en kontra-retningsbestemt strøm på skærmen af kablet, hvilket resulterer i et stort set reduceret ydre magnetfelt.

Et eventuelt magnetisk felt vurderes at være begrænset vil ikke påvirke sejladsen i området, da der anvendes trefasede kabler.

Kablet skal selvfølgelig markeres på søkortet, således at alle er klar over en mulig magnetisk påvirkning.

15. Vurderinger af påvirkninger i anlægsfasen

For nærværende rapport er fokus driftsfasen. Udarbejdelsen af en risikoanalyse i forhold til anlægsfasen skal pålægges koncessionstageren. Dette skyldes, at væsentlige forhold i analysen afhænger af den pågældende entreprenørs konstruktionsteknik og valg af fundamentsløsning.

Et andet centralt forhold er, hvilken havn der vælges som operations havn, og om komponenterne transporteres til området direkte fra producenten, og om dette sker via skib eller vejtransport. Desuden vil forskellige typer af konstruktionsfartøjer kræve længere eller kortere tid på stedet og dermed have forskellige påvirkninger på den almindelige skibstrafik.

Endelig vil havmølleparkens størrelse (antallet af møller) have en indflydelse på varigheden af aktiviteten.

Arbejdet med at etablere havmølleparken forventes at foregå i døgndrift indtil installationsarbejdet er udført. Efter selve installationen af møller og net-forbindelse inklusiv transformerplatforme vil der være en i driftsættelsesfase af kortere eller længere varighed, før den egentlige el-produktion starter.

Installationen af havmøllerne vil typisk kræve et eller flere jack-up fartøjer, som står fast og ikke har mulighed for at manøvrere i tilfælde af en mulig kollision. For transformerplatformene vil der typisk være tale om et større kran-skib.

Det forventes, at der etableres en sikkerhedszone på 500 m omkring arbejdsområdet for at beskytte installationsfartøjer og personalet på disse. Dette skal godkendes af Søfartsstyrelsen mindst 3 måneder forinden. Størrelsen af arbejdsområdet er ikke fastlagt, og det kan udlægges, så hele området er dækket fra starten eller således at et mindre område løbende udvides. Det anbefales, at der laves så få ændringer som muligt, således at skibstrafikken ikke skal forholde sig til nye situationer hele tiden, samtidig med at der er en forøget risiko for, at et skib ikke har den senest opdaterede viden omkring arbejdsområdet.

16. Vurderinger af påvirkninger i afviklingsfasen

Kollision i forbindelse med afvikling af havmølleparken er ikke evalueret i nærværende rapport. Dette bør pålægges koncessionstageren og bør ikke vurderes i detaljer, før man er tæt på afviklingsfasen. Da havmølleparken vil have en minimumslevetid på 20 år, vil afviklingen ikke finde sted før tidligst i år 2037.

Da både fundamentalsløsning og en eventuel teknologisk forbedring indenfor dekommissionering ikke kendes på nuværende tidspunkt, vil en detaljeret vurdering af denne ikke være relevant.

17. Mulige risikoreducerende tiltag

I dette afsnit er mulige risikoreducerende tiltag identificeret. Nogle af disse blev allerede identificeret under HAZID workshoppen. Tiltagene er ikke evalueret, da det ikke er fundet nødvendigt at implementere disse, men blot listet som mulige tiltag. En eventuel implementering af disse skal afklares med Søfartsstyrelsen.

17.1 Identificerede tiltag.

- Flytning af den vestlige afgrænsning af forundersøgelsesområdet, således at der ikke opstilles møller i denne del, vil betyde mindre gene for færgesejladser, som ellers vil få længere sejltid og dermed øget brændstofforbrug og forurening. Det anbefales, at færgereederierne, Energinet.dk og Søfartsstyrelsen bliver enige om en fast rute for færgen mellem Trelleborg og Rostock/Travemünde, der sikrer en passende afstand til havmølleparken, og som alle parter er enige om giver tilstrækkelig sejladsikkerhed. Det skal bemærkes, at det for de fundne kollisionsfrekvenser er antaget, at færgerne passerer med en minimums afstand på 1,3 sømil.
- På grund af indvindingsområdet mellem det vestlige og østlige mølleområde vil der opstå et frit område mellem disse. Udformningen af parken, samt udlægning af arbejdsområde bør gøres på en sådan måde, at sejladsen primært går udenom.

- Det anbefales, at arbejdsområdet omkring anlægsarealet udlægges tidligere end opstart, minimum en måned før, for at give en større sikkerhed for kendskab til anlægsarbejdet. Hermed imødegås manglende opdatering af kortmateriale på skibene.
- Installation af RACONS (RAdar beCON) på den eller de mest udsatte havmøller for at forbedre radarbilledet for skibene i området.
- Kollisionsvenligt design af fundament. Eksempelvis bør møllerne ikke have et gravitationsfundament, hvor mulig kollision mod skarpe vægge på bundpladen kan forekomme.
- Etablering af radiokanal til mølleparkkontrolcenteret for parken, der er permanent bemanded, således at skibe, der er i tvivl, kan kontakte kontrolcenteret.
- Etablering af VTS (vessel traffic service) i området eller udvidelse af VTS Øresund, som derved koordinerer trafikken i området. Etablering af VTS i området kan dog kun ske efter godkendelse i IMO og anses ikke for at være realistisk.
- Procedure for nedlukning af mølle i tilfælde af, at et større skib kommer indenfor en given afstand eller der skal foretages en SAR operation.
- Etablering af nødslæbebåd i området.

En eventuel implementering af nogle af de ovenstående tiltag bør ske i samråd med Søfartsstyrelsen, og baseres på et ALARP (As Low As Reasonable Practical) princip hvor kost-nytteværdien vurderes.

Endelig skal det bemærkes, at den internationale maritime industri (IMO) løbende indfører tiltag for at forbedre sejladsikkerheden såsom implementering af ECDIS (Electronic Chart Display System) og global udfasning af enkelt skrogs tankskibe.

18. Konklusion

Indflydelsen fra Krigers Flak havmølleparken på sejladsikkerheden med tilhørende kollisionsfrekvenser er evalueret, og resultaterne er summeret nedenfor.

Skibstrafikken er kortlagt baseret på AIS data, og det oprindelige datasæt er eftervist ved et nyere og mindre datasæt, og der er ikke fundet nævneværdig forskel mellem disse. Fiskeritrafikken er baseret på VMS data, og trafikken fra slæbere er bestemt ud fra telefoninterviews og informationer fra VTS Øresund.

De fundne kollisionsfrekvenser for skib-mølle kollision er bestemt ud fra AIS data og samlet i Tabel 18-1.

Havmølleparkens elementer	Direkte påsejling	Drivende skib	Sum
Østlige del af Kriegers Flak	0 (∞)	$8,5 \cdot 10^{-3}$ (117)	$8,5 \cdot 10^{-3}$ (117)
Vestlige del af Kriegers Flak	$2,7 \cdot 10^{-6}$ (377.000)	$5,0 \cdot 10^{-3}$ (199)	$5,0 \cdot 10^{-3}$ (199)
Østlige transformer stationer (AC+)	0 (∞)	$2,0 \cdot 10^{-4}$ (4.991)	$2,0 \cdot 10^{-4}$ (4.991)
Vestlige transformer station	0 (∞)	$1,1 \cdot 10^{-4}$ (8.943)	$1,1 \cdot 10^{-4}$ (8.943)
Kumulativt resultat for Kriegers Flak Havmøllepark	$2,7 \cdot 10^{-6}$ (377.000)	$1,4 \cdot 10^{-2}$ (72)	$1,4 \cdot 10^{-2}$ (72)

Tabel 18-1: Kollisionsfrekvens og tilhørende returperiode (år) i parentes for base case tilfældet med Baltic II for de enkelte elementer samt det kumulative resultat.

Af Tabel 18-1 fremgår det, at den totale returperiode mellem to skib-mølle kollisioner er estimeret til 72 år. Returperioden for kollision med fiskefartøjer er på den sikre side fundet til omkring 9 år og disse fiskefartøjer er ikke medtaget i ovennævnte tal.

Den største risiko er fra drivende skibe, da de fleste sejlruiter er placeret i en betydelig afstand fra forundersøgelingsområdet. Kun færgeruten mellem Trelleborg og Rostock/Travemünde passerer igennem området på nuværende tidspunkt, og denne rute må flyttes udenfor i passende afstand, da kollisionsrisikoen fra denne rute er stærkt afhængig af rutens placering. Ovenstående resultater er baseret på en antagelse om, at færgeruten vil passere vest om parken i en afstand af 1,3 sømil (svarende til 2 km).

En eventuel forøgelse af skib-skib kollisioner i området på grund af justeringen af færgeruten mellem Trelleborg og Rostock/Travemünde er evalueret, og det er fundet, at denne risiko vil være meget begrænset, da forholdene vil være meget lig forholdene i dag. Dette er også bekræftet af TT-Line som besejler disse ruter. Hvis muligt anbefales det, at friholde det nordvestlige forundersøgelingsområde for møller, da færgesejladsen herved vil blive generet mindst muligt, og samtidig vil skibskollisionsrisikoen nedsættes. Dette områder har også den største vanddybde, og dermed også de største fundamentomkostninger, så det vil naturligt være et område, koncessionshaveren vil forsøge at undgå hvis muligt.

Indflydelsen fra havmølleparken Baltic II på Kriegers Flak Havmøllepark er medtaget i analysen, da denne havmøllepark er under opførelse og vil være i drift, når konstruktionen af Kriegers Flak Havmøllepark påbegyndes, og det er fundet at Baltic II har en væsentlig positiv indflydelse. Den samlede returperiode for skib-møllekollision (inklusive transformerplatforme) er fundet til 72 år for Kriegers Flak Havmøllepark. Den samlede kollisions-

frekvens for både Krigers Flak og Baltic II er betragtelig højere. Retur perioden for en skib-mølle kollision mod Baltic II er fundet til ca. 50 år, til trods for at denne havmøllepark er mindre med kun 80 møller. Dette skyldes at denne møllepark ligger tættere på den stærkt trafikkerede t-rute syd for havmølleparken.

En eventuel positiv indflydelse for beredskabsslæbebåden i Sassnitz er også analyseret, men det er her fundet at afstanden fra Sassnitz er så stor, at slæberen ikke vil have nævneværdig effekt, da den normalt ikke vil være i stand til at nå frem i tide.

Sandindvindingen på Krigers Flak er estimeret, og returperioden er estimeret til 171 år for en kollision med et sandindvindingsfartøj, hvilket er fundet acceptabelt. Det skal bemærkes, at denne aktivitet ikke vil være normal og kun forgår i nogle få år af parkens levetid.

En bekymring for en eventuel risiko for kollision mellem havmølleparken og slæbere med slæb har været rejst og er evalueret. Antallet af slæb i området er fundet til at være begrænset både i størrelse og antal, og en øget kollisionsrisiko fra slæbere med slæb er vurderet til at være ubetydelig.

Havmølleparken vurderes at have en begrænset indflydelse på lystsejlere. En eventuel kollision med en lystsejler vil ikke have nævneværdig indflydelse på havmølleparken, men kan være meget alvorlig for lystsejleren, og der vurderes derfor, at lystsejlere vil agere efter dette.

Især i vintermånederne vil der være en betydelig trawlaktivitet i havmølleparken (men ingen eller meget få sejlere), og der er således en vis risiko for kollision mellem mølle og trawlfartøjer. Indflydelsen på og fra fiskeskibe er vurderet baseret på VMS data, der giver et detaljeret billede af fiskeaktiviteterne i området. To modeller er opstillet for kollision mellem fiskefartøjer og havmølleparken. Disse modeller er usikre, men meget forsigtige værdier er anvendt, og det er samtidig antaget, at fiske aktiviteten for flydetrawl vil være uændret efter mølleparken er etableret. Dette vurderes, at være meget på den sikre side. På baggrund af dette er det fundet, at fiskerikollisioner sker med en forventet returperiode på ca. 9 år. Konsekvensen ved en kollision mellem mølle og trawler vil pga. fartøjets størrelse kun give mindre skader på mølle eller transformerplatform.

Med hensyn til risikoreducerende tiltag, er det krævet, at fundamenterne ikke må være udformet med skarpe kanter, samt at der skal laves en aftale mellem havmølleparkens ejer og SOK om procedure for nedlukning, hvor det er SOK der kan bede ejer/drift om at lukke en eller flere møller i tilfælde af en mulig kollision eller SAR operation.

Kollisionsfrekvensen for installations- og afviklingsfasen er ikke evalueret, da disse vil afhænge af fundamentets koncept, antal og type af installationsfartøjer, operationshavn osv. Udlægning af arbejdsområde samt etablering af trafikkontrol i området, når arbejdet startes, vil blive etableret og koordineret i samarbejde med Søfartsstyrelsen.

Konsekvenserne ved en kollision er ikke evalueret i nærværende analyse. Konsekvensen vil være mere usikker end kollisionsfrekvensen, og det vil afhænge af, om fokus er på personsikkerhed eller eksempelvis miljøpåvirkning. Det skal dog bemærkes, at statistik fra kollisioner i danske farvande viser, at kun ca. hver 10. kollision medfører olieudslip, og personskade sker formentlig endnu sjældnere.

En konsekvensanalyse for en eventuel kollision mellem en færge på Trelleborg og Rostock/Travemünde er udarbejdet baseret på statistik fra færge kollisioner fra hele verden, og resultaterne vurderes derfor at være på den sikre side.

Årligt gennemsnitlig antal tab af menneskeliv på grund af færge – mølle kollision er fundet til $4,87 \cdot 10^{-3}$ svarende til en person pr. 205 år.

Sejladsanalysen er baseret på AIS-data fra 2010-2011 samt en mindre mængde data fra 2012-2013. Da der kan have været ændringer i trafikmønsteret i de forløbne år, bør analysen opdateres med nyere data, når havmølleparkens endelige layout kendes.

Der bør desuden gennemføres en nærmere undersøgelse af påvirkningerne af det eksisterende sørednings- og eftersøgningsberedskab (SAR), når havmølleparkens endelige layout kendes, således at SAR-opgaver i området kan tilrettelægges med udgangspunkt i sejladsforholdene mellem havmøllerne.

19. Referencer

- BioApp og Krog Consult. (2014). Fisk og fiskeri. Forundersøgelser og udarbejdelse af VVM-redegørelse for Kriegers Flak Havvindmøllepark - teknisk baggrundsrapport.
- Cockcroft. (1988). *A guide to the collision avoidance rules*, Cockcroft, A N and Lameijar J N F, Stanford Maritime, 1982.
- DNV. (1999). *Acceptance Criteria for Formal Safety Assessment Based Ship Rules DRAFT Revision 1*, internal DNV project c383184, April 1999.
- DNV. (2013a). *Hazard identifikation og kvalitativ risikoevaluering af sejladsikkerheden for Kriegers Flak havmølle projekt*. Rev. 0: Report No. 164383B-1.
- DNV. (2013b). DNV (Claus F. Christensen og (COWI), Albrecht Lentz): Memo omkring sejladsforhold: Koordinering af metoden for Horns Rev 3 og Kriegers Flak. DNV.
- DNV GL, M. (2014). *DNV GL memo No. 164383B-5, marts 2014 "Kriegers Flak Navigational Risk Assessment - Amendment*.
- Energinet.dk. (2014). *Teknisk projektbeskrivelse for storskala havvindmølleparken (600MW) på Kriegers Flak*. 23.09.2014.
- HMSO. (1985). *Shipping routes in the area of the UK continental shelf: Offshore technology report*, OTH 85 213, HMSO, March 1985.
- HSE. (1999). *"Reducing Risks, Protecting People"*, UK Health and Safety Executive Consultation Document, HSE Books, 1999.
- Rambøll, Femern Bælt A/S. (2011). *Navigational Studies of Vessel Traffic Conditions in the Fehmarnbelt*. August 2011. Ref. R-6681021-022-2, rev. 2.
- SAFECO, I. (1999). *Safety of Shipping in Coastal Waters (SAFECO II) Summary Re-port*. DNV 99-2032.
- Spouge. (1997). *Risk Criteria for use in Ship Safety Assessment*, Marine Risk Assessment conference organised by Institute of Marine Engineers, May 1997, ISBN 0-907206-85-9.
- Øresundskonsortiet. (2000). *The Øresund Link, Transverse Distribution of Shipping activities in the Realigned Drogden Channel*, Øresundskonsortiet, May 2000.

20. Bilag

Bilag 1: Koordinater for havmøller og transformerplatforme i Kriegers Flak Havmøllepark

Turbine	Long	Latt	Turbine	Long	Latt	Turbine	Long	Latt	Turbine	Long	Latt
KFE-1	13,055	54,998	KFE-52	13,10965	55,02834	KFE-103	13,06080	55,05724	KFW-20	12,835	54,9962
KFE-2	13,072	54,998	KFE-53	12,95459	55,03100	KFE-104	12,94021	55,06039	KFW-21	12,8506	54,9964
KFE-3	13,089	54,998	KFE-54	12,97187	55,03127	KFE-105	12,95751	55,06065	KFW-22	12,8661	54,9967
KFE-4	13,003	55,002	KFE-55	12,98916	55,03153	KFE-106	12,97481	55,06091	KFW-23	12,8817	54,9969
KFE-5	13,021	55,002	KFE-56	13,00644	55,03178	KFE-107	12,99211	55,06117	KFW-24	12,7888	54,9998
KFE-6	13,038	55,003	KFE-57	13,02373	55,03204	KFE-108	13,00941	55,06143	KFW-25	12,8044	55,0001
KFE-7	13,055	55,003	KFE-58	13,04101	55,03229	KFE-109	13,02670	55,06168	KFW-26	12,8199	55,0004
KFE-8	13,073	55,003	KFE-59	13,05830	55,03254	KFE-110	13,04400	55,06193	KFW-27	12,8355	55,0006
KFE-9	13,090	55,003	KFE-60	13,07558	55,03279	KFE-111	12,92340	55,06506	KFW-28	12,851	55,0009
KFE-10	13,107	55,004	KFE-61	13,09287	55,03304	KFE-112	12,94070	55,06533	KFW-29	12,8666	55,0011
KFE-11	13,124	55,004	KFE-62	12,95507	55,03595	KFE-113	12,95800	55,06559	KFW-30	12,8821	55,0014
KFE-12	13,004	55,007	KFE-63	12,97236	55,03621	KFE-114	12,97530	55,06585	KFW-31	12,7892	55,0043
KFE-13	13,021	55,007	KFE-64	12,98965	55,03647	KFE-115	12,99260	55,06611	KFW-32	12,8048	55,0046
KFE-14	13,039	55,008	KFE-65	13,00693	55,03673	KFE-116	13,00990	55,06637	KFW-33	12,8203	55,0048
KFE-15	13,056	55,008	KFE-66	13,02422	55,03698	KFE-117	13,02720	55,06662	KFW-34	12,8359	55,0051
KFE-16	13,073	55,008	KFE-67	13,04151	55,03723	KFE-118	12,92389	55,07	KFW-35	12,8514	55,0053
KFE-17	13,090	55,008	KFE-68	13,05880	55,03748	KFE-119	12,94119	55,07027	KFW-36	12,867	55,0056
KFE-18	13,108	55,009	KFE-69	13,07608	55,03773	KFE-120	12,95849	55,07053	KFW-37	12,8825	55,0058
KFE-19	13,125	55,009	KFE-70	13,09337	55,03798	KFE-121	12,97579	55,07079	KFW-38	12,7897	55,0087
KFE-20	13,142	55,009	KFE-71	12,95556	55,04089	KFE-122	12,99309	55,07105	KFW-39	12,8052	55,009
KFE-21	13,004	55,012	KFE-72	12,97285	55,04115	KFE-123	13,0104	55,07131	KFW-40	12,8208	55,0093
KFE-22	13,022	55,012	KFE-73	12,99014	55,04141	KFE-124	13,0277	55,07156	KFW-41	12,8363	55,0095
KFE-23	13,039	55,013	KFE-74	13,00743	55,04167	KFE-125	12,92437	55,07494	KFW-42	12,8519	55,0098
KFE-24	13,056	55,013	KFE-75	13,02472	55,04192	KFE-126	12,94167	55,07521	KFW-43	12,8674	55,01
KFE-25	13,074	55,013	KFE-76	13,04201	55,04217	KFE-127	12,95898	55,07547	KFW-44	12,7901	55,0132
KFE-26	13,091	55,013	KFE-77	13,05930	55,04242	KFE-128	12,97628	55,07573	KFW-45	12,8056	55,0134
KFE-27	13,108	55,014	KFE-78	13,07659	55,04267	KFE-129	12,99359	55,07599	KFW-46	12,8212	55,0137
KFE-28	13,125	55,014	KFE-79	12,93876	55,04556	KFE-130	13,01089	55,07625	KFW-47	12,8367	55,014
KFE-29	13,005	55,017	KFE-80	12,95605	55,04583	KFE-131	12,95947	55,08041	KFW-48	12,8523	55,0142
KFE-30	13,022	55,017	KFE-81	12,97334	55,04609	KFE-132	12,97677	55,08067	KFW-49	12,8678	55,0145
KFE-31	13,040	55,017	KFE-82	12,99063	55,04635	KFE-133	12,99408	55,08093	KFW-50	12,7905	55,0176
KFE-32	13,057	55,018	KFE-83	13,00792	55,04661	KFE-134	12,99408	55,08093	KFW-51	12,8061	55,0179
KFE-33	13,074	55,018	KFE-84	13,02521	55,04686	KFW-1	12,8338	54,9828	KFW-52	12,8216	55,0181
KFE-34	13,091	55,018	KFE-85	13,04251	55,04711	KFW-2	12,8493	54,9831	KFW-53	12,8372	55,0184
KFE-35	13,109	55,018	KFE-86	13,05980	55,04736	KFW-3	12,8648	54,9833	KFW-54	12,85270	55,01870
KFE-36	13,126	55,019	KFE-87	13,07709	55,04761	KFW-4	12,8031	54,9868	KFW-55	12,79090	55,02210
KFE-37	12,988	55,022	KFE-88	12,93924	55,05050	KFW-5	12,8186	54,987	KFW-56	12,80650	55,02230
KFE-38	13,005	55,022	KFE-89	12,95654	55,05077	KFW-6	12,8342	54,9873	KFW-57	12,82200	55,02260
KFE-39	13,023	55,022	KFE-90	12,97383	55,05103	KFW-7	12,8497	54,9875	KFW-58	12,83760	55,02280
KFE-40	13,040	55,022	KFE-91	12,99112	55,05129	KFW-8	12,8653	54,9878	KFW-59	12,85310	55,02310
KFE-41	13,057	55,023	KFE-92	13,00842	55,05155	KFW-9	12,8808	54,988	KFW-60	12,79130	55,02650
KFE-42	13,075	55,023	KFE-93	13,02571	55,05180	KFW-10	12,788	54,9909	KFW-61	12,80690	55,02680
KFE-43	13,092	55,023	KFE-94	13,04300	55,05205	KFW-11	12,8035	54,9912	KFW-62	12,82250	55,02700
KFE-44	13,109	55,023	KFE-95	13,06030	55,05230	KFW-12	12,8191	54,9915	KFW-63	12,83800	55,02730
KFE-45	12,971	55,026	KFE-96	12,93973	55,05544	KFW-13	12,8346	54,9917	KFW-64	12,85360	55,02750
KFE-46	12,989	55,027	KFE-97	12,95702	55,05571	KFW-14	12,8502	54,992	KFW-65	12,79180	55,03100
KFE-47	13,006	55,027	KFE-98	12,97432	55,05597	KFW-15	12,8657	54,9922	KFW-66	12,80730	55,03120
KFE-48	13,023	55,027	KFE-99	12,99162	55,05623	KFW-16	12,8812	54,9925	KFW-67	12,82290	55,03150
KFE-49	13,041	55,027	KFE-100	13,00891	55,05649	KFW-17	12,8812	54,9925	KFW-68	12,83840	55,03170
KFE-50	13,058	55,028	KFE-101	13,02621	55,05674	KFW-18	12,804	54,9957	HVDC	12,98649	55,00934
KFE-51	13,075	55,028	KFE-102	13,04350	55,05699	KFW-19	12,8195	54,9959	AC East	12,98836	55,00928
									AC West	12,88367	55,01897

Bilag 2: Koordinater for havmøller i havmølleparken Baltic II

Turbine	Long	Latt		Turbine	Long	Latt
B2 A1	13,055	54,998		B2 I7	13,10965	55,02834
B2 B1	13,072	54,998		B2 I8	12,95459	55,03100
B2 B2	13,089	54,998		B2 J1	12,97187	55,03127
B2 C1	13,003	55,002		B2 J2	12,98916	55,03153
B2 C2	13,021	55,002		B2 J3	13,00644	55,03178
B2 C3	13,038	55,003		B2 J4	13,02373	55,03204
B2 D1	13,055	55,003		B2 J5	13,04101	55,03229
B2 D2	13,073	55,003		B2 J6	13,05830	55,03254
B2 D3	13,090	55,003		B2 J7	13,07558	55,03279
B2 D4	13,107	55,004		B2 J8	13,09287	55,03304
B2 E1	13,124	55,004		B2 K1	12,95507	55,03595
B2 E2	13,004	55,007		B2 K2	12,97236	55,03621
B2 E3	13,021	55,007		B2 K3	12,98965	55,03647
B2 E4	13,039	55,008		B2 K4	13,00693	55,03673
B2 E5	13,056	55,008		B2 K5	13,02422	55,03698
B2 F1	13,073	55,008		B2 K6	13,04151	55,03723
B2 F2	13,090	55,008		B2 K7	13,05880	55,03748
B2 F3	13,108	55,009		B2 L1	13,07608	55,03773
B2 F4	13,125	55,009		B2 L2	13,09337	55,03798
B2 F5	13,004	55,012		B2 L3	12,95556	55,04089
B2 F6	13,022	55,012		B2 L4	12,97285	55,04115
B2 G1	13,039	55,013		B2 L5	12,99014	55,04141
B2 G2	13,056	55,013		B2 L6	13,00743	55,04167
B2 G3	13,074	55,013		B2 M1	13,02472	55,04192
B2 G4	13,091	55,013		B2 M2	13,04201	55,04217
B2 G5	13,108	55,014		B2 M3	13,05930	55,04242
B2 G6	13,125	55,014		B2 M4	13,07659	55,04267
B2 H1	13,005	55,017		B2 M5	12,93876	55,04556
B2 H2	13,022	55,017		B2 N1	12,95605	55,04583
B2 H3	13,040	55,017		B2 N2	12,97334	55,04609
B2 H4	13,057	55,018		B2 N3	12,99063	55,04635
B2 H5	13,074	55,018		B2 N4	13,00792	55,04661
B2 H6	13,091	55,018		B2 N5	13,02521	55,04686
B2 H7	13,109	55,018		B2 O1	13,04251	55,04711
B2 H8	13,126	55,019		B2 O2	13,05980	55,04736
B2 I1	12,988	55,022		B2 O3	13,07709	55,04761
B2 I2	13,005	55,022		B2 O4	12,93924	55,05050
B2 I3	13,023	55,022		B2 P1	12,95654	55,05077
B2 I4	13,040	55,022		B2 P2	12,97383	55,05103
B2 I5	13,057	55,023		B2 UW	12,99112	55,05129
B2 I6	13,075	55,023				

Bilag 3: Beskrivelse af beregningsværktøjet MARCS

Overview

The Marine Accident Risk Calculation System (MARCS) was developed by DNV to support our marine risk management consultancy business. The MARCS model provides a general framework for the performance of marine risk calculations. A block diagram of the model is shown in Figure 20-1.

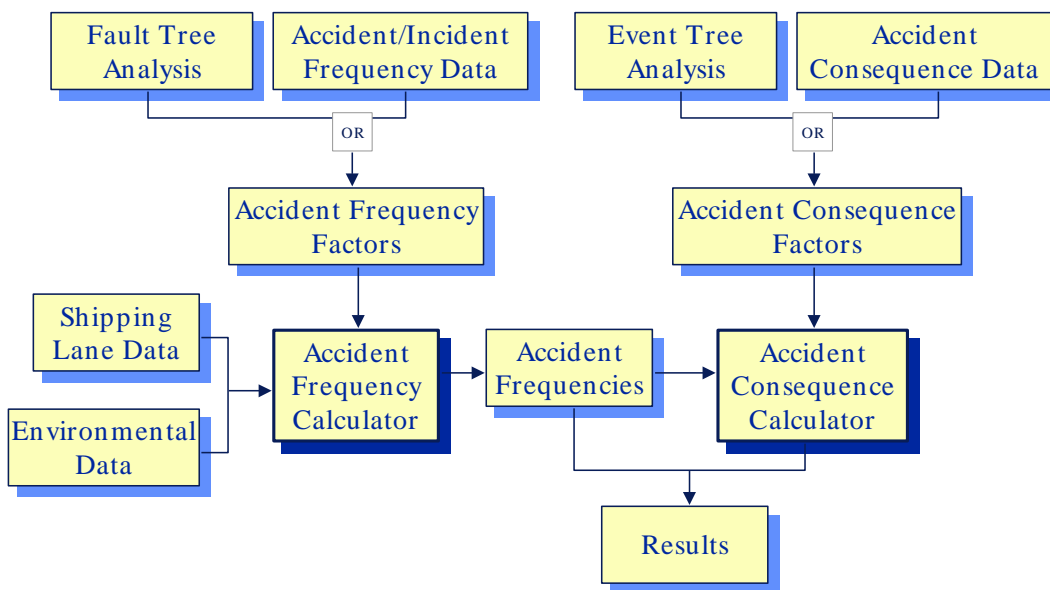


Figure 20-1: Block Diagram of MARCS.

The MARCS model classifies data into 4 main types:

- Shipping lane data describes the movements of different marine traffic types within the study area;
- Environment data describes the conditions within the calculation area, including the location of geographical features (land, offshore structures etc) and meteorological data (visibility, wind rose, currents and sea state);
- Internal operational data describes operational procedures and equipment installed onboard ship – such data can affect both accident frequency and accident consequence factors;
- External operational data describes factors external to the ship that can affect ship safety, such as VTMS (Vessel Traffic Management Systems), TSS (Traffic Separation Schemes), and the location and performance of emergency tugs – such data can affect both accident frequency and accident consequence factors.

As indicated in Figure 20-1, accident frequency and consequence factors can be derived in two ways. If a coarse assessment of accident risk is required, the factors may be taken from worldwide historical accident data. Alternatively, if a more detailed study is required, these factors may be derived from generic fault trees or event trees which have been modified to take account of specific local factors.

Critical Situations

MARCS calculates the accident risk in stages. It first calculates the location dependent frequency of critical situations (the number of situations which could result in an accident – “potential accidents” – at a location per year; a location is defined as a small part of the study area, in this case about 1/8 nautical mile square, but depending on the chosen calculation resolution). The definition of a critical situation varies with the accident mode. MARCS then assesses the location dependent frequency of serious accidents for each accident mode via “probability of an accident given a critical situation” parameters. A “serious accident” is defined by Lloyds as any accident where repairs must be made before the ship can continue to trade. Finally, the location dependent accident consequence, and hence risk, is assessed.

Data used by MARCS

Traffic Image Data

The marine traffic image data used by MARCS is a representation of the actual flows of traffic within the calculation area. Marine traffic data is represented using lane data structures. Different traffic types are divided into separate marine databases in order to facilitate data verification and the computation of different types of risk (for example, crude oil spill risk versus human safety).

A typical traffic lane is shown in Figure 20-2. The following data items are defined for all lanes:

- The lane number (a unique identifier used as a label for the lane);
- The lane width distribution function (Gaussian, truncated Gaussian or uniform);
- The lane directionality (one-way or two-way);
- The annual frequency of ship movements along the lane;
- A list of waypoints, and an associated lane width parameter at each waypoint;
- The vessel size distribution on the lane.

Additional data may be attached to the lane, such as: the hull type distribution (single hull, double hull, etc) for tankers; the loading type (full loading, hydrostatic loading) for tankers; ship type etc.

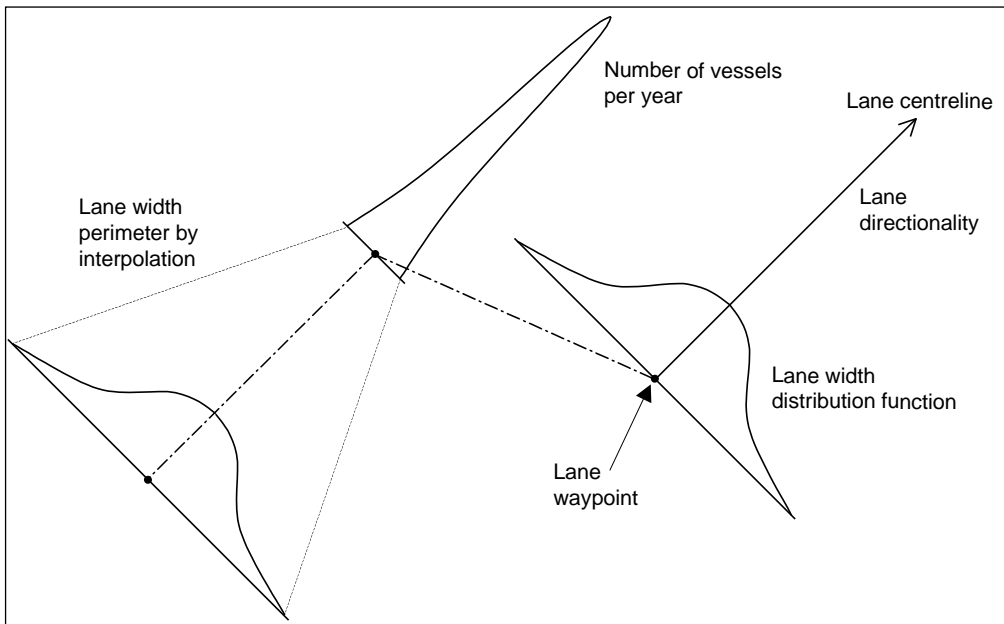


Figure 20-2: Shipping Lane representation used in MARCS.

Detailed surveys of marine traffic in UK waters in the mid 1980 (e.g. (HMSO, 1985)) concluded that commercial shipping follows fairly well defined shipping lanes, as opposed to mainly random tracks of individual ships. Further detailed analysis of the lanes showed that the lateral distribution across the lane width was approximately Gaussian, or truncated Gaussian plus a small part uniform distributed for traffic arriving in coastal waters from long haul voyages (e.g. from the US or Canada). The transverse ship distribution is also investigated in Øresund where the analysis is based on registrations carried out by VTS Drogden (Øresundskonsortiet, 2000).

The shipping lane distributions used in MARCS are shown in Figure 20-3.

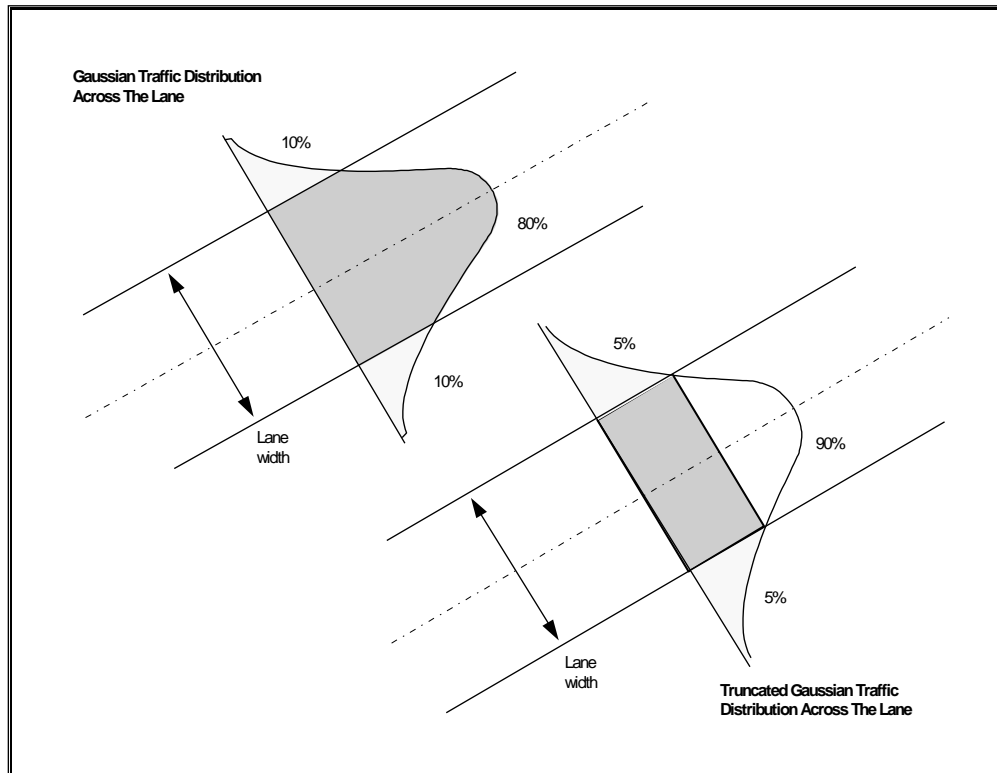


Figure 20-3: Shipping Lane Width Distribution Functions used in MARCS.

The marine traffic description used by MARCS is completed by the definition of four additional parameters for each type of traffic:

- Average vessel speed (generally 8 to 18 knots);
- Speed fraction applied to faster and slower than average vessels (generally plus/minus 20%);
- Fraction of vessels travelling faster and slower than the average speed (generally plus/minus 20%);
- Fraction of vessels that exhibit "rogue" behaviour (generally set to 0%, though historical accident data in many geographical areas shows a small proportion of (usually) smaller vessels undergo accidents through lack of watch keeping (bridge personal absent or incapacitated).

A rogue vessel is defined as one that fails to adhere (fully or partially) to the Collision Avoidance Rules (Cockcroft, 1988). Such vessels are assumed to represent an enhanced collision hazard. These four parameters can be specified as a function of location within the study area for each traffic type.

The marine traffic image is made up by the superposition of the defined traffic for each contributing traffic type.

Internal Operational Data

Internal operational data is represented within MARCS using either worldwide data or frequency factors obtained from fault tree analysis or location specific survey data. Fault tree parameters take into consideration factors such as crew watch-keeping competence and internal vigilance (where a second crew member, or a monitoring device, checks that the navigating officer is not incapacitated by, for example, a heart attack). Examples of internal operational data include:

- The probability of a collision given an encounter;
- The probability of a powered grounding given a ship's course is close to the shoreline;
- The frequency (per hour at risk) of fires or explosions.

Internal operational data may be defined for different traffic types and/or the same traffic type on a location specific basis.

External Operational Data

External operational data generally represents controls external to the traffic image, which affect marine risk. In MARCS it relates mainly to the location of VTS zones (which influence the collision and powered grounding frequencies by external vigilance, where external vigilance means that an observer external to the ship may alert the ship to prevent an accident) and the presence and performance of emergency towing vessels (tugs) which can save a ship from drift grounding.

Environment Data

The environment data describes the location of geographical features (land, offshore structures etc.) and meteorological data (visibility, wind rose, sea currents and sea state).

Poor visibility arises when fog, snow, rain or other phenomena restricts visibility to less than 2 nautical miles. It should be noted that night-time is categorized as good visibility unless fog, for example, is present.

Wind rose data is defined within 8 compass points (north, north-east, east etc.) in 4 wind speed categories denoted: calm (0 – 20 knots); fresh (20 to 30 knots); gale (30 to 45 knots); and storm (greater than 45 knots). Sea state (wave height) within MARCS is inferred from the wind speed and the nature of the sea area (classified as sheltered, semi-sheltered or open water).

Sea currents are represented as maximum speeds in a defined direction within an area.

Description of Accident Frequency Models

The section describes how MARCS uses the input data (traffic image, internal operational data, external operational data and environment data) to calculate the frequency of serious accidents in the study area.

The ship – ship Collision Model

The collision model calculates the frequency of serious inter-ship powered collisions at a given geographical location in two stages. The model first estimates the frequency of encounters (critical situations for collision - when two vessels pass within 0.5 nautical miles of each other) from the traffic image data using a pair-wise summation technique, assuming no collision avoiding actions are taken. This enables the calculation of either total encounter frequencies, or encounter frequencies involving specific vessel types.

The model then applies a probability of a collision for each encounter, obtained from fault tree analysis, to give the collision frequency. The collision probability value depends on a number of factors including, for example, the visibility or the presence of a pilot. Figure 20-4 shows a graphical representation of the way in which the collision model operates.

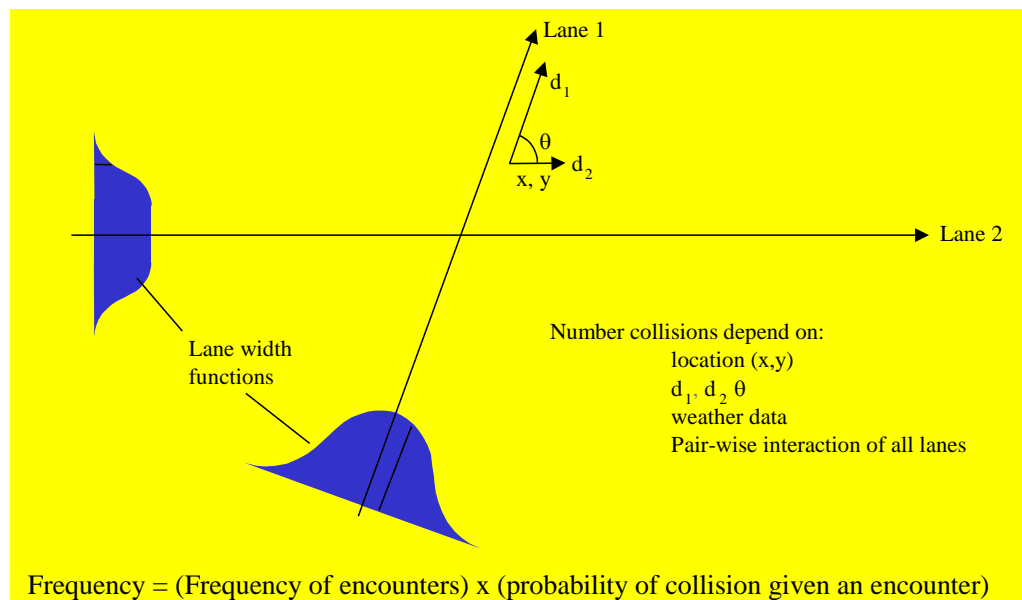


Figure 20-4: Graphical representation of the collision model.

In Figure 20-4, d_1 refers to the density of traffic associated with lane 1 at the location x, y . The frequency of encounters at location x, y through the interaction of lanes 1 and 2 is proportional to the product of d_1, d_2 and the relative velocity between the lane densities.

The Powered Grounding Model

The powered grounding frequency model calculates the frequency of serious powered grounding accidents in two stages. The model first calculates the frequency of critical situations (sometimes called “dangerous courses” for powered grounding accidents). A critical situation is defined as a planned course change point (waypoint) located such that failure to make the course change would result in grounding within 20 minutes navigation from the planned course change point if the course change is not made successfully.

The frequency of serious powered groundings is calculated as the frequency of critical course changes multiplied by the probability of failure to make the course change correctly. Figure 20-5 shows a graphical representation of the way in which the powered grounding model operates.

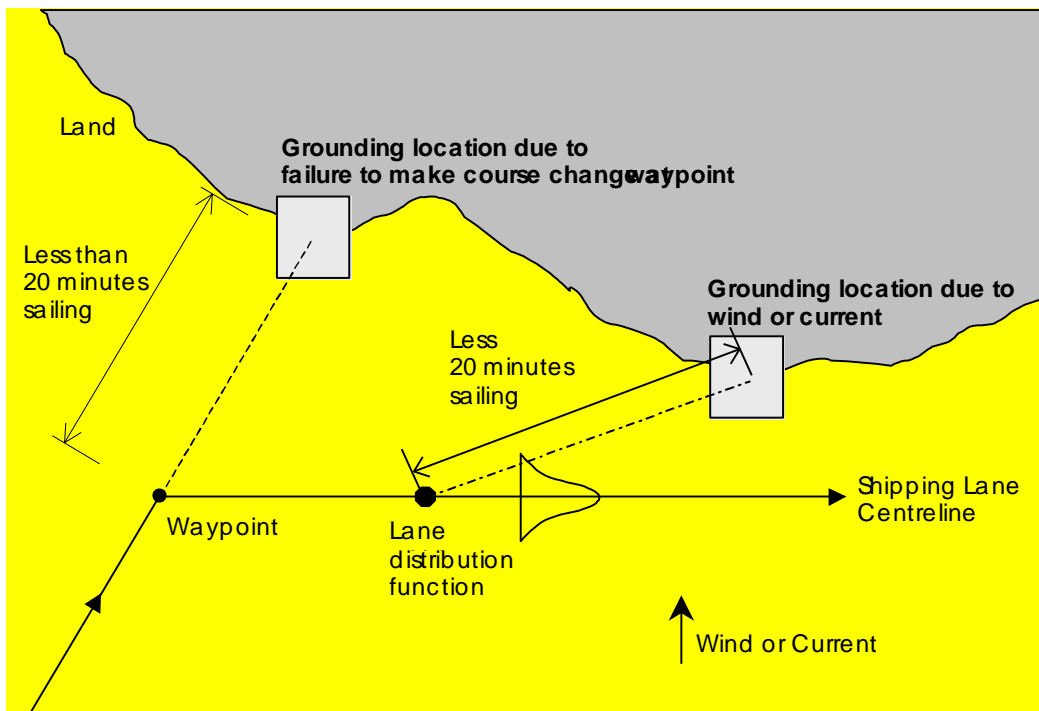


Figure 20-5: Graphical representation of the powered grounding model.

The powered grounding parameters are derived from the fault tree analysis of powered grounding. The powered grounding fault tree contains 2 main branches:

- Powered grounding through failure to make a course change whilst on a dangerous course. A dangerous course is defined as one that would ground the vessel within 20 minutes if the course change were not made,

- Powered grounding caused by crew inattention and wind or current from the side when the ship lane runs parallel to a shore within 20 minutes sailing (the frequency of this hazard mode is not assessed in this project).

Both these branches are illustrated in Figure 20-5. The powered grounding frequency model takes account of internal and external vigilance, visibility and the presence of navigational aids (radar) in deducing failure parameters.

The Drift Grounding Model

The drift grounding frequency model consists of two main elements as follows: first, the shipping activities image is combined with the ship breakdown frequency factor to generate the location and frequency of vessel breakdowns; second, the recovery of control of drifting ships can be regained by one of 3 mechanisms: a) repair, b) emergency tow assistance, or c) anchoring. Those drifting ships that are not saved by one of these three mechanisms (and do not drift out into the open sea) contribute to the serious drift grounding accident frequency results.

The number and size distribution of ships which start to drift is determined from the ship breakdown frequency, the annual number of transits along the lane and the size distribution of vessels using the lane. The proportion of drifting vessels which are saved (fail to ground) is determined from the vessel recovery models. The drift grounding frequency model is illustrated in Figure 20-6.

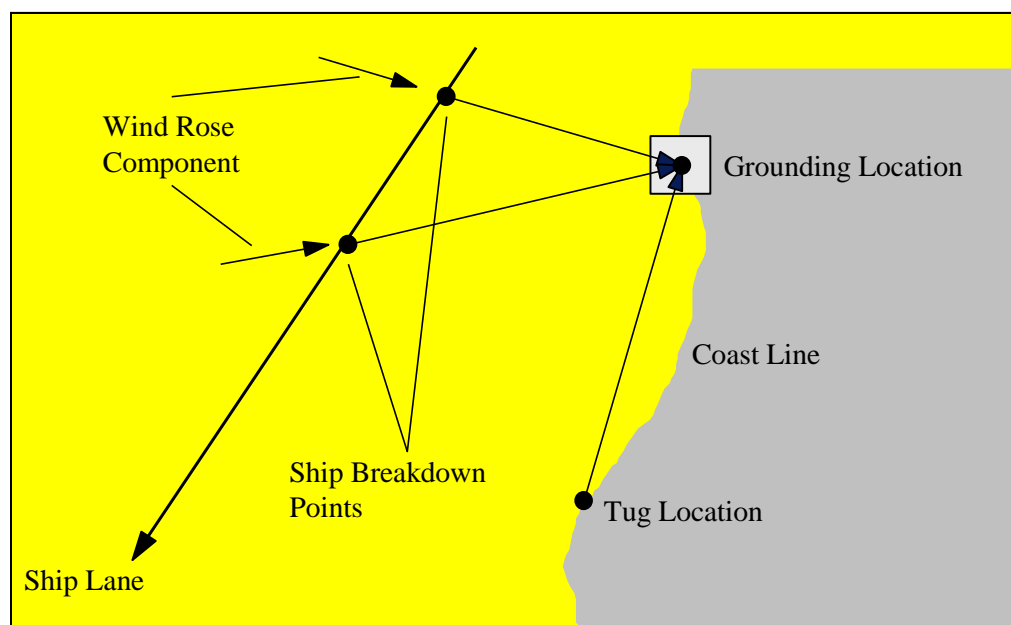


Figure 20-6: Graphical representation of the drift grounding model.

Implicit in Figure 20-6 is the importance of the time taken for the ship to drift aground. When this time is large (because the distance to the shore is large and/or because the

drift velocity is small) then the probability that the ship will recover control before grounding (via repair or tug assistance) will be increased.

Repair Recovery Model

Vessels which start to drift may recover control by effecting repairs. For a given vessel breakdown location, grounding location and drift speed there is a characteristic drift time to the grounding point. The proportion of drifting vessels which have recovered control by self-repair is determined from this characteristic drift time and the distribution of repair times.

The graph given in Figure 20-7 is the values agreed in the risk harmonization group under BSH.

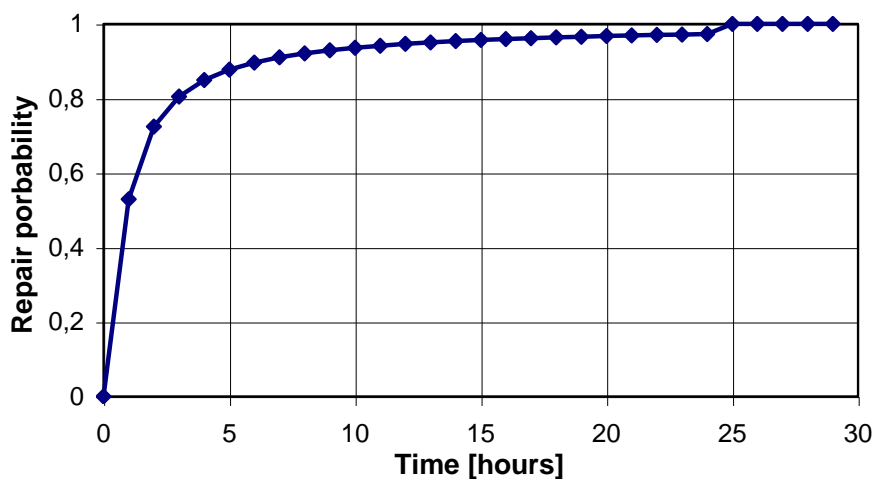


Figure 20-7: Graphical representation of the self-repair save mechanism.

Recovery of Control by Emergency Tow

Drifting vessels may be brought under control (saved from grounding or collision) by being taken in tow by an appropriate tug. It should be noted that the tug save model assumes a save is made when the ship is prevented from drifting further towards the shoreline by the attachment of a suitable tug. In practice, two or more tugs would be required to complete the ship save, by towing the vessel to a safe location, but this aspect of the save is not modelled in MARCS.

Two types of tug can be represented within MARCS. Close escort tugs move with ships through their transit, thus their time to reach a drifting ship is always small. Pre-positioned tugs are located at strategic points around the study area. The model works by calculating for each tug:

- If the tug can reach the drifting vessel in time to prevent it grounding. This time consists of the time to reach the ship (almost zero when close escorting) and the time to connect and take control of the ship (which is a function of sea state);
- If the tug can reach the ship before it grounds, then the adequacy of the tug with regard to control of the ship is evaluated. (The presence of several tugs of differing power is assumed to be represented by the presence of one tug of the largest power. This is because only one tug is usually used to exert the main “saving” pull. Other tugs present are used to control the heading of the disabled ship, and to bring the ship to a safe location.);
- When several tugs of various capabilities can reach the drifting ship in time, then the tug with the best performance is assumed to be connected to the ship and takes control of the largest proportion of the drifting vessels.

The tug model contains parameters to take explicit account of:

- The availability of the tug (some tugs have other duties);
- The tugs response time (delay before assistance is summoned).
- The tug speed (as a function of sea state);
- The time to connect a line and exert a controlling influence on the ship (as a function of sea state);
- The performance of the tug (identified as the maximum control tonnage for the tug) as a function of wind speed and location (since the wind speed and the fetch control the sea state).

Tug performance parameters can take account of ship wind and wave resistance, tug wind and wave resistance and tug length and propulsion arrangement (open versus nozzle) which influences the propulsion efficiency.

Recovery of Control by Anchoring

The anchor save model is derived with reference to the following reasoning:

- Anchoring is only possible if there is a sufficient length of suitable water to prevent the ship running aground. Suitable water is defined as a depth of between 30 fathoms (about 60m - maximum for deployment of anchor) and 10 fathoms (about 20m - minimum for ship to avoid grounding). Sufficient length is calculated as 100m for anchor to take firm hold of the seabed + 300m to stop ship + 300m for length of ship + 100m for clearance = 800m, or 0.5 nautical miles (to be slightly conservative);
- If such a track exists, then the probability that the anchor holds is calculated as a function of the wind speed and the sea bottom type (soft sea beds consist predominantly of sands, silts and muds). If the anchor hold, then an anchor save is made.

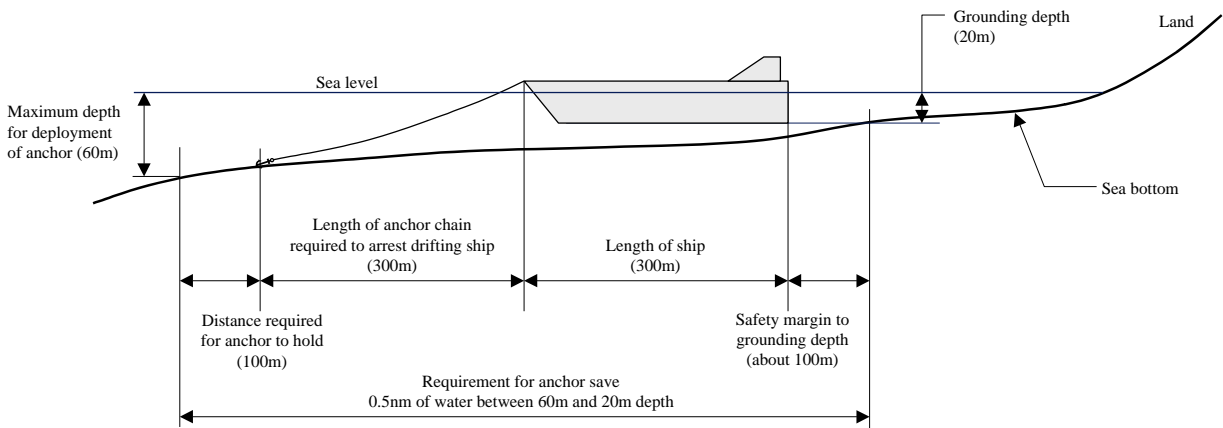


Figure 20-8: Graphical representation of the Anchor save mechanism.

The anchor save model is conservative in that it under-predicts the effectiveness of this save mechanism for average and smaller ships.

Description of Accident Consequence Models

Marine transport risks are estimated by combining the frequencies of serious accidents with the accident consequences, given a serious accident. Marine accident consequences are typically expressed in terms of cargo spilled, lives lost or financial loss.

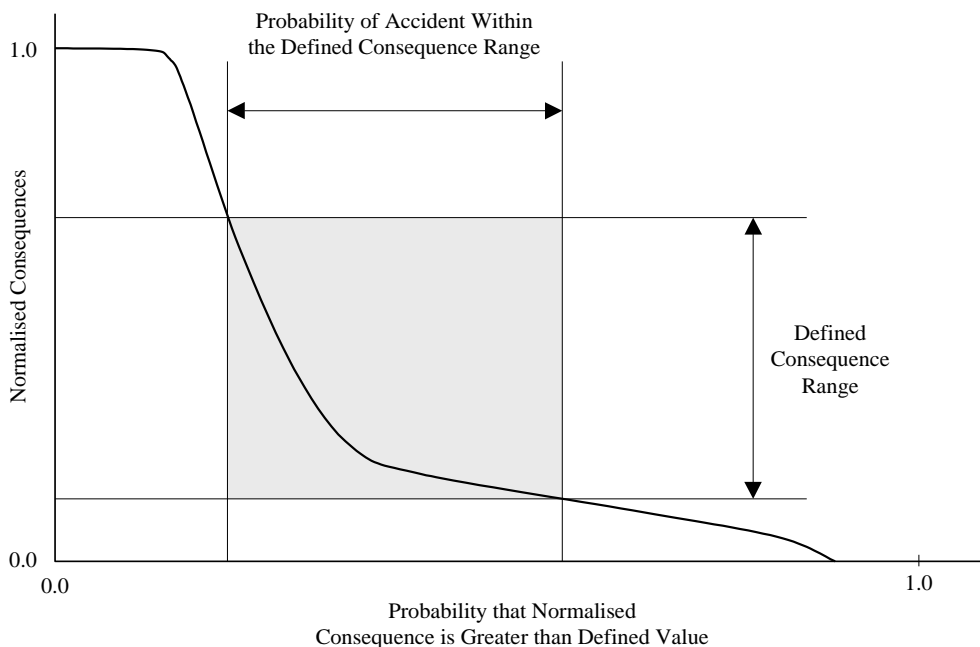


Figure 20-9: Generic Accident Consequence versus Probability Curve.

Previous projects performed by DNV have developed crude oil outflow models for different accident types (collision, fire/explosion etc.) and different hull configurations

(single hull, double hull etc.). These models (normalized cumulative probability distributions) take the generic form shown in Figure 20-9. The curve shows the normalized consequence (in terms of, for example, cargo mass outflow into the environment) versus the probability that the consequence is greater than this value. Thus the normalized consequence of 1.0 (equal to total loss of all cargo carried) occurs for relatively low probabilities, whereas the probability that the normalized consequence is greater than a small fraction of the cargo carried generally approaches 1.0 for single hulled ships.

Marine Accident Risk Acceptance Criteria, Targets and Benchmarks

In general, responsible operators define their objective as zero accidents. However a risk assessment that estimates zero risk from an operation is not credible. The objective of risk management is, therefore, to ensure that estimated risk levels for an operation are acceptable (by comparison to risk acceptance criteria or through cost-benefit analysis). Where risks are not acceptable, additional risk reduction measures are introduced to reduce the risks to acceptable levels.

Marine accidents result in losses/impacts in 3 main areas:

- Human fatalities;
- Environmental impacts due to cargo or fuel oil release;
- Financial impacts.

It would be convenient if established criteria existed to judge the acceptability of the risks posed by a specific operation or trade. However, at the present time there are no established, generally accepted criteria which can be used to judge if calculated marine risk levels are acceptable. This statement is especially true for accidents involving the release of cargo into the marine environment.

In order to address this lack of criteria, risk analysts within DNV have proposed risk acceptance criteria for application in the marine industry. It is important to emphasise that, at this stage, the criteria quoted below are neither official DNV criteria nor are they recognised by regulatory bodies. Individual human fatality criteria are given in Table 20-1.

Risk Acceptance Criteria	Value
Maximum tolerable risk for crew members	1 fatality per thousand at risk per year
Maximum tolerable risk for ship passengers	1 fatality per ten thousand at risk per year
Maximum tolerable risk for public ashore	1 fatality per ten thousand at risk per year

Table 20-1: Proposed Individual Human Fatality Risk Acceptance Criteria for the Shipping Industry (Spouge, 1997) (DNV, 1999).

The criteria shown in Table 20-1 are closely related to the HSE individual risk criteria (HSE, 1999), which in turn are based upon observed fatality rates in a number of industries in the UK.

Table 20-2 shows total loss and oil spill targets proposed by DNV for the shipping industry. It should be noted that DNV do not consider it is essential to meet these targets, but if they are not met it may indicate that cost-effective risk reduction measures may be available.

Risk Targets	Value
Target total ship loss frequency	2 losses per thousand ship-years
Target cargo spill risk	20 tonnes per million tonnes transported
Target bunker oil spill risk	20 tonnes per million tonnes consumed

Table 20-2: Proposed Total Loss, Cargo Spill and Bunker Spill Targets for the Shipping Industry (DNV, 1999).

The targets shown in Table 20-2 are based on an analysis of the worldwide shipping fleet and accident data between 1981 and 1997. They may be seen as desirable “stretch targets” based on observed accident statistics, which show an average of 70 tonnes of cargo split per million tonnes transported. There are significant uncertainties in both the cargo/bunker pollution statistics and total cargo transportation tonnage. The pollution targets shown in Table 20-2 should, therefore, be regarded as preliminary at this stage.

The risk targets shown in Table 20-2 are derived from marine accident data, which is sometimes under-reported. Marine risk assessment uses conservative accident models, which tend to over-predict risk levels. Thus comparison of the risk targets shown in Table 20-2 with risk assessment results can give mis-leading results. For this reason, DNV often compare calculated risk levels with “risk benchmarks” (risks calculated in other ar-

eas). This comparison of “like with like” is thought to provide a better interpretation of risk results.

Risk Analysis, Assessment and Management

The process of estimating the frequency of accidents and the range of potential accident consequences (using MARCS, other quantitative methods or qualitatively) is called risk analysis. When combined with the evaluation of the significance of risk results the process is called risk assessment. In general, risk assessment entails finding robust answers to questions such as:

- Are the risks acceptable?
- What can be done to reduce the risks further?
- Are risk reduction measures cost effective?

Clearly the answers to these questions are related. For example, higher risks may be acceptable if there are no more cost-effective risk reduction measures to be applied.

The acceptability of risks can be determined by reference to risk acceptance criteria (such as those proposed in Section II.6 above), other risk targets or benchmarks, expert judgement or the ALARP (As Low As Reasonably Practicable) principle. Risk acceptance criteria are defined in some areas of risk assessment by regulators (mainly human fatality risk). Such criteria are often derived by expert judgement assessment of suitable benchmarks. For example, the UK Health and Safety Executive have set a maximum tolerable individual human fatality risk criteria for workers of less than 10^{-3} fatalities per year. This criterion is similar to fatality frequencies observed in the more dangerous UK industries, such as construction and mining.

When regulators have not set specific risk acceptance criteria, as is generally the case for risks to the environment, the acceptability of risks can be argued on the basis that other operations (benchmarks) with comparable or higher risks are accepted by regulators on behalf of society. Alternatively, or in addition, a thorough assessment of alternative risk reduction measures on risk levels could be used to argue a risk level is ALARP and hence acceptable. Such an analysis may be supported by a formal (quantitative) cost benefit analysis, which may show that implementing further risk reduction measures is disproportionately expensive compared with the risk reduction achieved.

Risk management is the process of using risk analysis, risk assessment and other inputs to maintain risk levels within bounds which are acceptable to the operator and their stakeholders.