

FYRSKEPPET
OFFSHORE AB



Fyrskippet Offshore

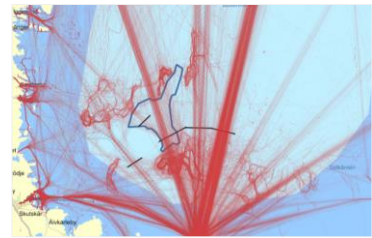
Bilaga M17: Nautisk riskanalys



Nautisk riskanalys

Nr:RE20221560-01-00-C

Nautisk riskanalys vindkraftpark Fyrskeppet



Fyrskippet Offshore
Surbrunnsgatan 12
114 27 Stockholm

RAPPORT

Datum

2023-04-27

RISE Rapportnummer:

RE20221560-01-00-C

Projektledare:

Maria Bännstrand

Författare

Maria Bännstrand

+46 (730) 729070

maria.bannstrand@sspa.se

Nautisk riskanalys Vindkraftpark Fyrskippet

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Research Institutes of Sweden AB

Jonny Nisbet
Enhetschef
Maritime Consulting

Maria Bännstrand
Projektledare
Maritime Consulting

Revisionshistorik

Rev.	Datum	Beskrivning	Signatur
	2023-02-13	Utkastversion för granskning	MAR
A	2023-03-15	Färdigställd version, mindre justeringar baserat på kommentarer	NEF
B	2023-04-21	Slutrapport inklusive tillägg bränsleberäkningar	MAR
C	2023-04-27	Uppdaterad slutrapport, mindre förtydliganden efter MSA:s granskning	MAR

Sammanfattning

Fyrskippet Offshore AB avser att ansöka om tillstånd för uppförande och drift av en vindkraftpark inom ett geografiskt avgränsat område i Bottenhavet, utanför Sveriges territorialvatten och inom svensk ekonomisk zon. Undersökningsområdet i ansökan för Fyrskippet vindkraftpark är ca 488 km² stort och kommer maximalt att bestå av 187 vindkraftverk med en beräknad total installerad effekt på upp till ca 2 800 MW. Ett ursprungligt undersökningsområde, i riskanalysen benämnt fall B, om 534 km² och maximalt 215 vindkraftverk, låg till grund för riskidentifieringsworkshopen (haziden) och initiala IWRAP-beräkningar. Ett alternativt undersökningsområde med reducerad utbredning (fall C) har tillkommit under arbetets gång, efter genomförd riskidentifieringsworkshop. I rapporten redovisad hazid omfattar således endast fall B. Båda alternativen omfattas dock av riskbedömning inklusive kvantitativa beräkningar samt riskvärdering. När den nautiska riskanalysen var gjord justerades (reducerades) området på 534 km² något, till 488 km² mot Östra Banken. Detta bedöms inte ha någon påverkan på de nautiska riskerna utan slutsatserna vad gäller Fyrskippet vindkraftpark står fast.

I området förkommer sjöfart och genom samt utanför den planerade vindkraftparkens östra och södra sida går fartygsstråk. Trafikintensiteten på dessa stråk är mycket låg till låg. Med anledning av förekommande sjötrafik analyseras eventuell påverkan på sjöfarten och de nautiska riskerna som vindkraftparken kan innebära. Vid bedömning av riskerna beaktas i första hand risker där de slutliga konsekvenserna antas vara grundstötning, kollision mellan fartyg eller att fartyg seglar eller driver in i området för vindkraftparken, så kallad allision.

Stråket genom området för den planerade vindkraftparken överensstämmer med ett gällande riksintresse för sjöfart-farled och trafikerar årligen av ca 1 400 fartyg, som vid en etablering kommer att behöva välja en rutt öster om vindkraftparken. Rutförlängningen för dessa fartyg blir vid den större vindparksutbredningen mellan 5 - 16 M, och för den mindre utbredningen mellan 2 - 8 M, beroende på destination.

Det ursprungliga undersökningsområdet är primärt mer utbrett i nordlig riktning vilket föranleder en skarp gir vid den nordliga spetsen av vindkraftparken och medför ett bedömt avstånd mellan vindkraftpark och fartygsstråk på ca 0,5 M. Det alternativa undersökningsområdet med reducerad utbredning, fall C, medför ett minsta bedömt passageavstånd på 0,7 M, också vid den nordliga delen av vindkraftparken, och en mindre skarp gir.

Genomförda beräkningar visar att en allision i fall B kan förväntas ske en gång på ca 58 år med dagens trafikintensitet. För fall C är motsvarande returperiod 63 år. I de flesta fall kommer en allision med vindkraftparken inte innebära en allision med något av vindkraftverken eftersom dessa bara upptar en liten andel av områdets yta och konsekvenserna för ett sådant scenario

bedöms som mindre allvarliga. En allision med ett av vindkraftverken kan dock få allvarliga konsekvenser.

Omdirigeringarna som uppstår på grund av vindkraftparken, såväl i fall B som C, innebär att trafikintensiteten på den östra sida av vindkraftparken ökar, vilket bidrar till att den beräknade sannolikheten för head-on och overtaking collisions ökar i både fall B och C.

Påverkan på trafikmönstret i det modellerade området i form av omdirigeringar innebär också att en befintlig girpunkt där flera fartygsstråk sammanstrålar (precis norr om Södra Kvarken) rätas ut vilket i beräkningsverktygen IWRAP ger en positiv effekt på den beräknade kollisionssannolikheten för bend och merging collisions. De tillkommande girpunkter som uppstår vid omdirigeringen väger inte upp för detta utan den beräknade totala kollisionssannolikheten minskar vid vindkraftparkens etablering (fall B och C).

Trafikintensiteten i det modellerade området är låg, vilket gör att sannolikheten för en kollision i området i dagsläget är låg. I beräkningarna innebär det förändrade trafikmönstret med vindkraftparken och de reducerade sannolikheterna för bend och merging collision att den sammanlagda kollisionssannolikheten minskar i fall B och C, med vindkraftpark, jämfört med fall A, utan vindkraftpark Fyrskippet.

Sannolikheten för grundstötning påverkas endast i liten grad och i praktiken förväntas vindkraftparken inte påverka sannolikheten för grundstötning i någon betydande omfattning.

Under anläggningsfasen uppstår risker kopplade till den ökade trafikintensiteten. För anläggningstrafiken till vindkraftpark Fyrskippet utgör Gävle hamn för närvarande ett möjligt alternativ, och för uppskattning av sannolikhet för ett scenario där anläggningsfartyg och fartyg på korsande fartygsstråk har korsande kurser antas all anläggningstrafik utgå från Gävle. Anläggningstrafiken kommer då att korsa det mindre fartygsstråket som sträcker sig sydväst om vindkraftparken och den årliga sannolikheten för att ett anläggningsfartyg och fartyg på fartygsstråket ska ha korsande kurser uppskattas till mycket låg, ca två gånger per år. En faktisk kollision kommer sannolikt att undvikas, eftersom det väjningsskyldiga fartyget kommer att justera kurs eller fart så att en närsituation mellan fartygen undviks. Risken för kollision förväntas också kunna begränsas genom riskreducerande åtgärder i form av tydlig och frekvent information via Ufs/NtMs om att anläggningsarbete pågår.

Tillgängligt vatten runt det aktuella projektområdet möjliggör för fartyg som passerar förbi vindkraftparken att göra en undanmanöver i form en 360-gradersgir och avstånden är därmed i linje med generella riktlinjer avseende säkerhetsavstånd mellan vindkraftparker och fartygsstråk. Vid passage av den nordliga spetsen av vindkraftpark Fyrskippet bedöms det troligt att fartyg kommer att passera på ett mindre avstånd, ca 0,5 M för fall B och ca 0,7 M för fall C, beroende på vald rutt till destination. I fall B bedöms risken lokalt som medelhög vid passage av den nordliga spetsen och i fall C som låg. Oavsett utredningsalternativ är sträckan förbi den nordliga spetsen kort och trafikintensiteten är mycket låg för det stråk som kommer att gå närmast vindkraftparkens nordliga spets, med färre passager än ett fartyg per dag. Dock är giren mindre skarp för fall C vilket är ytterligare ett skäl till att risken bedöms som lägre för fall C.

Vindkraftparken kommer innebära att de nautiska riskerna i området ökar, dock från en mycket låg nivå. Sammantaget bedöms dock risknivån i området, även efter en etablering, som acceptabel för båda de alternativa utbredningarna av vindkraftpark Fyrskippet.

Förkortning/Begrepp		Förklaring
AIS		<i>Automatic Identification System</i> , Informationssystem obligatoriskt för större fartyg, som via VHF-ansluten transponder sänder information om identitet, position, kurs mm.
Allision		Fartyg seglar eller driver in i fast struktur, eller i ett område med fast struktur, exempelvis vindkraftpark och vindkraftverk. Skilt från kollision vilket avser två fartyg som seglar in i varandra. <i>Powered allision</i> : fartyg seglar in i vindkraftparken under framdrivning. <i>Drifting allision</i> : fartyg driver in i vindkraftparken utan att framdrivningsmaskineriet är igång.
Buffertzoon		Avståndszon utanför den navigerbara ytan/bredden av en farled av riksintresse, avsedd att ta höjd för framtida ev utvecklings-/expansionsbehov av farleden, exempelvis pga större tonnage. Sjöfartsverket, har i samband med precisering av sjöfartens riksintressen definierat buffertzonen för farledsklass 1 till 200 m på vardera sidan om farledsytan.
DWT		<i>Deadweight Tonnage</i> , dödvikt, mått för fartygets totala lastförmåga, enhet ton.
Farled		Sjöväg utmärkt med svart streckad linje i sjökort eller anvisad av utmärkning, SSA.
Fartygsstråk		Lateralt avgränsat stråk inom vilket många fartygs ruttval och AIS-spår återfinns (shipping route).
Fartygstyper	Container	Fartyg konstruerat för att transportera containrar.
	General cargo	Lastfartyg konstruerat för transport av olika typer av gods, fristående förpackat eller palleterat
	Bulk	Lastfartyg konstruerat för transport av gods i lösvikt, t.ex. kol, malm etc.
	Tanker	Tankfartyg konstruerat med lasttankar för transport av flytande gods eller gas.
	Cruise	Kryssningsfartyg
	Ro-Ro	Roll on-roll off, fartyg för transport av gods på rullande lastbärare, t.ex. trailers.
	Ro-Pax	Roll-on/roll-off passagerer vessel, färja som transporterar både frakt och passagerare.
IWRAP		IALA Waterway Risk Assessment Program, ett maritimt modelleringsverktyg för beräkning av kollisions-, allisions- och grundstötningsfrekvens.
Knop		Hastighetsenhet som används för fartyg; 1 knop = 1 M/h = 0,514 m/s
Kollisionstyper	Head-on	kollision mellan mötande fartyg
	Overtaking	kollision vid omkörning i samma fartygsstråk
	Crossing	kollision vid korsande fartygsstråk

	Merging	kollision i nodpunkter där fartygsstråk sammanstrålar
	Bend	kollision i nodpunkter där fartygsstråk kröker
Leg (term i IWRAP)		Indikerar den rutt som fartygen går på, visas som heldragen svart linje i en IWRAP-modell.
M		Nautisk mil (distansminut), distansenhet som används till sjöss; 1M = 1 852 m.
Passagelinje		Linje definierad i trafikanalysen för kvantitativ och kvalitativ karaktärisering av trafikflödet som passerar linjen och trafikerar området. Baseras på registrerad AIS-data och presenteras statistiskt vanligen på årsbasis.
Precautionary area		Område där särskilt uppmärksamhet krävs, förekommer exempelvis där olika trafiksepareringssystem möts.
Sannolikhet för (olycka/) incident		Anges i incidenter/år och återger beräknad eller uppskattad sannolikhet för en oönskad händelse, incident eller olycka. Incidentsannolikheten är vanligtvis mindre än 1 incident/år och återges därför i tiopotensform där E anger tiopotensfaktor, exempelvis E-04 = 10^{-4} .
Returperiod		Anges i år och återger förväntat antal år mellan två incidenter. Beräknas som inversen av incidentsannolikheten, dvs returperiod=1/incidentsannolikheten.
Risk		Sammanvägning av sannolikhet för oönskad händelse samt dess potentiella konsekvenser.
Riksintresse sjöfart – farled		Vägledande anspråk utpekat av Trafikverket. <i>RI sjöfart –farled</i> utgör inte farleder i sjökort och har därmed ingen praktisk betydelse för sjötrafiken.
Rutt		Ett fartygs vägval till destinationen via ett antal girpunkter (<i>waypoints</i>).
SSA		SjöSäkerhetsAnordning, exempelvis fyrar, bojar, prickar och enslinjer.
Säkerhetsavstånd		Avstånd mellan ytterkant av fartygsstråk och vindkraftparkens ytterkant.
Säkerhetszon		Avstånd eller radie från vindkraftverk, inom vilken sjötrafik ej tillåts för att undvika risk för vindkraftverk och fartyg.
TSS		<i>Traffic Separation Scheme</i> , Trafiksepareringssystem som styr fartyg till trafikstråk där mötande trafik separeras genom tvingande trafiksepareringszoner.
Waypoint (här term i IWRAP)		Används som term i IWRAP för girpunkt, dvs punkt där fartyg girar till ny kurs.

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte	8
1.3	Omfattning.....	8
1.3.1	Avgränsningar.....	8
1.4	Metod.....	9
1.4.1	Läsanvisning.....	9
1.4.2	Riktlinjer för bedömning av nautiska risker i relation till havsbaserad vindkraft	10
2	Sjötrafikanalys	13
2.1	Passagestatistik	13
2.1.1	Passagelinje 1 – trafik genom undersökningsområdet	14
2.1.2	Passagelinje 2 – trafik öster om undersökningsområdet.....	15
2.1.3	Passagelinje 3 – trafik mot Bottenviken	16
2.1.4	Passagelinje 4 – trafik sydväst om Finngrundet.....	17
2.1.5	Passagelinje 5 – trafik nordväst om Finngrundet.....	18
2.1.6	Variationer mellan år	19
2.2	Framtida trafikscenario.....	19
3	Riskidentifiering	21
3.1	Hazid.....	21
3.1.1	Trafik genom vindkraftparken.....	21
3.1.2	Trafik öster om vindkraftparken	22
3.1.3	Trafik sydväst om vindkraftparken, sydväst Finngrundet.	23
3.1.4	Övrig fartygstrafik	23
3.1.5	Förutsättningar för räddningsinsatser	23
3.1.6	Vintersjöfart.....	23
3.1.7	Möjliga kumulativa effekter av närliggande vindkraftparker	24
3.1.8	Övrig sjötrafik / allmänt.....	24
3.1.9	Anläggningsfasen	25
3.1.10	Sammanställning av identifierade risker.....	25
3.2	Alternativt område för vindkraftpark Fyrskippet med minskad utbredning.....	27
4	Identifiering och uppskattning av risker under anläggningsfas	28
4.1	Korsande trafik under anläggningsfas	28
5	Riskbedömning driftsfas	30

5.1	Beräkning av sannolikhet för grundstötning, kollision samt allision.....	30
5.1.1	Förändrat trafikmönster på grund av vindkraftpark Fyrskippet	32
5.1.2	Matematisk modell	33
5.1.3	Resultat.....	35
5.2	Uppskattning av sannolikhet för övriga identifierade faror	38
5.2.1	Störningar på marin radar	38
5.2.2	Svårigheter att bekämpa ett eventuellt utsläpp	39
5.2.3	Service- och underhållstrafik.....	39
5.2.4	Sjötrafik vid isvinter och påverkan på isbrytning	40
5.2.5	Kumulativa effekter.....	41
5.3	Uppskattning av konsekvenser	42
5.3.1	Säkerhetsavstånd för undanmanöver.....	43
5.3.2	Nödankring.....	44
5.3.3	Ruttförlängningar för fartygstrafik.....	45
6	Riskvärdering.....	49
7	Riskreducerande åtgärder	55
7.1	Mindre utbredning av vindkraftparken	55
7.2	Övriga identifierade riskreducerande åtgärder.....	55
8	Osäkerhets- och känslighetsanalys	58
8.1	Framtida trafikflöden	58
8.2	Förändring av trafikmönster.....	58
8.3	IWRAP.....	58
9	Slutsatser.....	60
10	Referenser.....	62

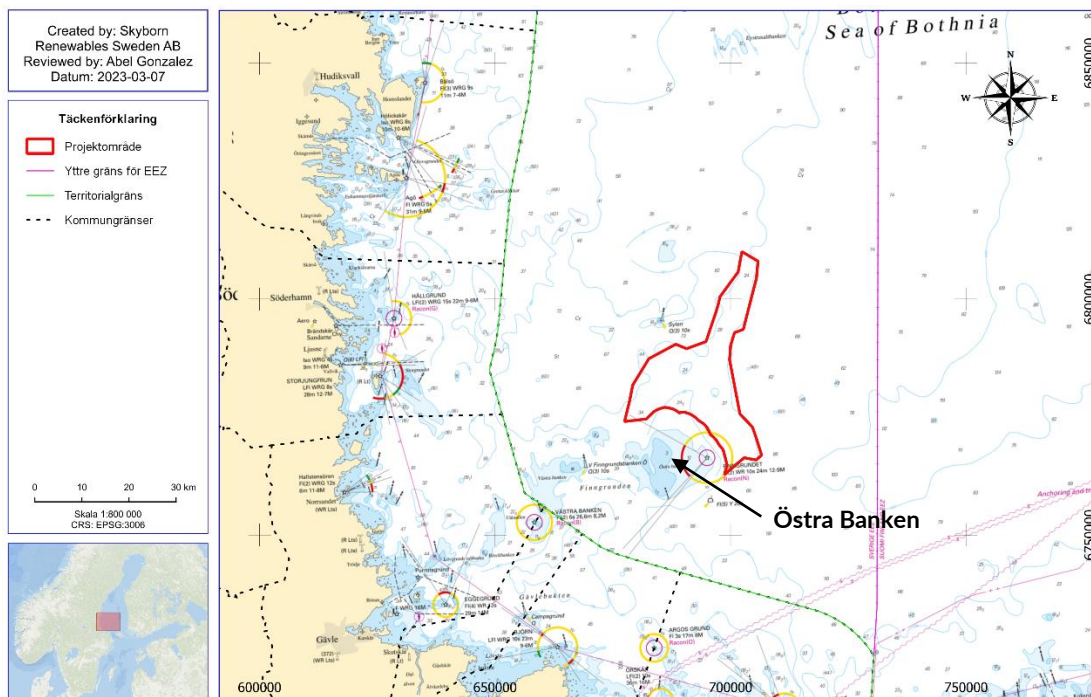
Bilaga 1 – Hazid-protokoll

1 Inledning

Fyrskippet Offshore AB har för avsikt att ansöka om tillstånd för uppförande och drift av en vindkraftpark inom ett geografiskt avgränsat område, beläget i Bottenhavet ca 70 km nordost om Gävle. Området ligger i sin helhet utanför Sveriges territorialvatten och inom svensk ekonomisk zon. Tillstånd för uppförande och drift provas enligt SEZ och tillstånd meddelas av regeringen. För att uppföra vindkraftpark Fyrskippet med tillhörande nedläggning av kablar och anslutning till elnätet krävs tillstånd enligt miljöbalken, kontinentalsockellagen och ellagen.

1.1 Bakgrund

Undersökningsområdet för vindkraftpark Fyrskippet ligger inom svenskt ekonomisk zon, se Figur 1.1.



Figur 1.1 Undersökningsområde # 1 vindkraftpark Fyrskippet, 488 km² stort, justerat för att erhålla en buffer på 2 km mot grundområdet Östra Banken.

Undersökningsområdet för Fyrskippet vindkraftpark som ligger till grund för inom riskanalysen genomförd riskidentifieringsworkshop samt IWRAP-beräkningar för det område som i föreliggande rapport benämns som fall B Med vindkraftpark Fyrskippet enligt undersökningsområde # 1, är ca 534 km² stort. I slutfasen av den nautiska riskanalysen och efter genomförda IWRAP-beräkningar reducerades området för undersökningsområde #1 något till 488 km². Justeringen är gjord i syfte att erhålla en 2 km bufferzon till Natura2000-området Östra Banken och justeringen har ingen påverkan på den nautiska riskanalysen. I rapporten ingående kartbilder, bortsett från Figur 1.1, visar det större området. Fyrskippet vindkraftpark kommer maximalt att bestå av 187 vindkraftverk med en beräknad total installerad effekt på upp till ca 2 800 MW. Vindkraftparkens exakta utformning, inklusive placering av vindkraftsverk och kablar, har inte fastställts ännu. Detta beslutas i ett senare skede. Tabell 1.1 redovisar preliminära uppgifter gällande vindkraftparkens utformning.

Tabell 1.1 Preliminära data om vindkraftpark Fyrskeppet

	Mått/kvantitet, preliminära uppgifter
Vindkraftverkens totala höjd över havsytan	Max 350 m
Antal vindkraftverk	Max 187
Vindkraftparkens yta	488 km ² (Justerad yta mot Östra banken)
Avstånd från land	Ca 70 km
Avstånd mellan enskilda verk	ca 2 – 3 km
Årlig elproduktion	8 - 11 TWh
Typ av grundläggning	Bottenförankrade
Total installerad effekt	2000 - 2800 MW
Förväntad drifttid	Ca 30 - 40 år

I området förkommer sjöfart och utmed den sydvästra och östra sidan går stråk med fartygstrafik. Det går även fartygstrafik genom undersökningsområdet. Med anledning av detta behöver eventuell påverkan på sjöfarten och de nautiska riskerna som vindkraftparken kan innebära analyseras.

1.2 Syfte

Föreliggande studie syftar till att utreda eventuell påverkan på sjöfarten till följd av en etablering av vindkraftpark Fyrskeppet. Primärt analyseras de nautiska riskerna genom beräkning av sannolikhet för grundstötning, kollision mellan fartyg samt sannolikhet för att fartyg seglar, eller driver, in i vindkraftparken, så kallad allision.

Rapporten avses kunna utgöra en bilaga till miljökonsekvensbeskrivningen vilken är en del av tillståndsansökan.

1.3 Omfattning

Analysen omfattar såväl direkta effekter som kan påverka säkerheten för sjöfarten som indirekta effekter som kan uppstå när sjöfartens framkomlighet begränsas och förändras. Analysen behandlar och kvantifierar i huvudsak risker under vindkraftparkens driftsfas. Beräkningar av olycks sannolikheter för grundstötningar, kollisioner mellan fartyg samt allisioner, dvs. att fartyg seglar eller driver in i området, genomförs med verktyget IWRAP¹. Även påverkan på sjöfarten i form av eventuella justeringar av trafikmönster och rutförlängningar redovisas. Sjöfartsrelaterade risker i samband med byggnation och avveckling av vindkraftparken identifieras och bedöms övergripande. Även eventuell påverkan på sjöfarten med anledning av exportkabeln analyseras och bedöms övergripande.

1.3.1 Avgränsningar

Studien är begränsad till att analysera eventuella risker för sjöfarten i området och behandlar i huvudsak risker där de slutliga konsekvenserna antas vara grundstötning, kollision mellan fartyg eller att fartyg seglar eller driver in i vindkraftparken. Sannolikheten för kollisioner med fiskefartyg eller fritidsbåtar som saknar AIS-transponder av typ A² omfattas inte av de kvantitativa beräkningarna. Kvantitativa beräkningar av konsekvenser i form av

¹ IWRAP: IALA Waterway Risk Assessment Program, ett maritimt modelleringsverktyg för beräkning av kollisions-, allisions- och grundstötningsfrekvens.

² Fartyg över 300 ton, samt fiskebåtar över 15 m och alla passagerarfartyg på internationella resa, måste enligt gällande krav vara utrustade med AIS-transponder av typ A. Även många mindre fiskebåtar samt en del fritidsbåtar har dock också AIS-transponder av säkerhetsskäl.

skadekostnader eller antal skadade vid ett olycksscenario omfattas inte. Analysen omfattar inte beräkningar av konsekvenserna för det påseglade vindkraftverket eller det påseglande fartyget vid en eventuell påsegling.

1.4 Metod

Metodiken för aktuell studie baseras på etablerad metodik för maritima riskanalyser i form av ISO standard 31000 och 31010, liksom den av IMO rekommenderade FSA-metodiken där så bedöms vara möjligt. I det aktuella fallet kan alla risker inte kvantifieras och för aktuell studie föreslås en något förenklad metodik men där de huvudsakliga komponenterna ingår, se Figur 1.2



Figur 1.2 Ingående komponenter i riskanalys

1.4.1 Läsanvisning

Arbetet med en nautisk riskanalys är uppdelad i två huvudsakliga komponenter:

- Riskidentifiering: Inledning, trafikanalys, hazid (riskidentifieringsworkshop) och redovisning av identifierade risker.
- Riskanalys: Riskbedömning (inkluderande beräkningar av olyckssannolikhet), riskvärdering, riskreducerande åtgärder och osäkerhets- & känslighetsbedömning.

Därtill kommer slutsatser (sist i rapporten) och sammanfattning (först i rapporten).

Rapportens uppbyggnad följer således metodiken i Figur 1.2.

Nedan följer vidare förklaring till respektive dels omfattning.

1.4.1.1 Riskidentifieringsdel

Efter inledningen (kap 1) redovisas i kapitel 2 den trafikanalys som har gjorts för att kunna analysera den fartygstrafik som går i området runt undersökningsområdet. Trafikanalysen ligger till grund för en den riskidentifiering som görs i kapitel 3, där en viktig del är en hazid. I haziden är syftet att lyfta samtliga nautiska faror och påverkan på sjöfarten som kan komma

att uppstå vid en etablering av en vindkraftpark. I detta steg görs ingen värdering av identifierade faror. Riskidentifieringen tjänar som underlag för efterföljande riskbedömning och riskvärdering.

1.4.1.2 Riskanalysdel

Innan riskbedömning och riskvärdering görs för vindkraftparkens driftsfas, genomförs i kapitel 4 en uppskattning av risker kopplade till anläggningsfasen.

Kapitel 5 omfattar riskbedömning av vindkraftparkens driftsfas. Detta kapitel redovisar resultat från genomförda beräkningar av grundstötnings-, kollisionss- samt allisions sannolikhet (med IWRAP). Kapitel 5 redovisar också uppskattning av sannolikhet av faror som inte kan kvantifieras med beräkningar, samt en uppskattning av konsekvenser.

Kapitel 6 omfattar tolkningen av beräkningsresultaten, dvs det är i kapitel 6 som riskvärderingen sker.

Kapitel 7 omfattar förslag på riskreducerande åtgärder.

Kapitel 8 omfattar en osäkerhets- och känslighetsanalys.

Slutligen följer slutsatser i kapitel 9.

Sammanfattningen av riskanalysen ligger först i rapporten.

1.4.2 Riktlinjer för bedömning av nautiska risker i relation till havsbaserad vindkraft

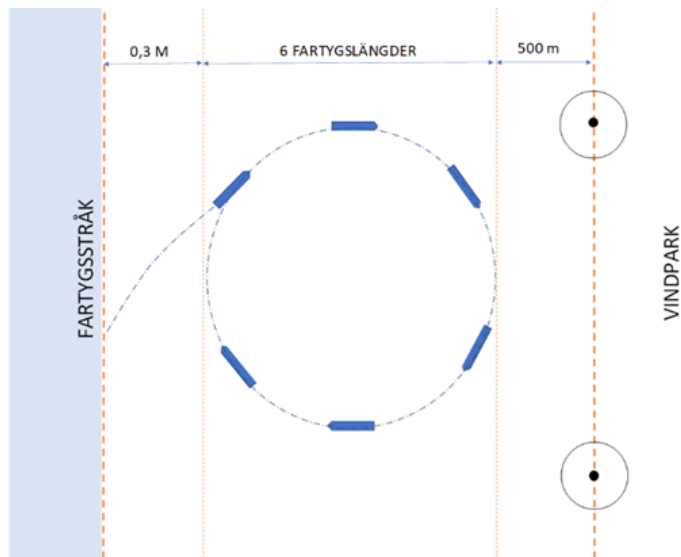
Det saknas idag styrande regler gällande säkerhetsavstånd mellan sjötrafik och vindkraftparker samt bedömning av nautiska risker för vindkraft till havs i Sverige. Det finns dock riktlinjer, såväl internationella som nationella i andra länder, gällande säkerhetsavstånd vid etablering av vindkraftparker. Säkerhetsavståndet är det minsta avstånd som vindkraftverken bör ligga från etablerade fartygsstråk. Enligt svenska myndigheter med ansvar för frågor som rör sjöfart och sjösäkerhet (Sjöfartsverket och Transportstyrelsen) bör de internationella riktlinjerna från PIANC; *MarCom WG Report n° 161 - 2018, Interaction between offshore wind farms and maritime navigation* (PIANC, 2018) beaktas när säkerhetsavstånd mellan vindkraftpark och fartygsstråk utvärderas. Figur 1.3 visar en tabell med allmänna riktlinjer för säkerhetsavstånd samt aspekter som bör beaktas vid planering av vindkraftparker enligt PIANC.

Distance in miles of the first wind generator row from the shipping route	Factors for consideration	risk	Tolerability for SOLAS ships
< 0.25 NM (500 m)	Inter-turbine spacing only recommended for small craft	VERY HIGH	Intolerable Unless for very small craft (small leisure craft)
0.5 NM (926 m)	Distance between a high traffic navigation route, used by ships covered by the SOLAS Convention and a wind farm	VERY HIGH	
1 NM (1,852 m)	Distance between a high traffic navigation route, used by ships covered by the SOLAS Convention and a wind farm	HIGH	Tolerable if ALARP (As Low As Reasonably Practicable)
2 NM (3,704 m)	Compliance with COLREGs becomes less challenging	MEDIUM	
5 NM (9,260 m)	Distance between shipping route and a wind farm in restricted waters	LOW	Acceptable
10 NM (18,520 m)	Ideal distance between a TSS and a wind farm	VERY LOW	

Figur 1.3 Tabell med allmänna riktlinjer för planering av säkerhetsavstånd mellan ett fartygsstråk och vindkraftpark (PIANC,2018)

Enligt riktlinjerna från brittiska MCA (Maritime & Coastguard Agency, 2021), krävs ett avstånd på minst 2 M mellan vindkraftspark och fartygsstråk för att riskerna ska betraktas som låga. I flera länder, bl.a. Nederländerna och Danmark, baseras riktlinjerna kring säkerhetsavstånd på att fartyg ska kunna uppfylla COLREG³ och det ska därmed vara möjligt för fartygen som passerar vindkraftsparken att göra en undanmanöver för att undvika en kollision, i yttersta fall i form av en 360-gradersgir åt styrbord. Även riktlinjerna från PIANC beaktar möjligheterna för en 360-gradersgir.

Erforderligt avstånd för en 360-gradersgir beräknas enligt Figur 1.4 som 0,3 M plus 6 fartyglängder plus 500 m från fartygsstråkets yttre gräns (PIANC, 2018; NorthSEE Project, 2018). Baserat på detta behövs för en fartyglängd på exempelvis 200 m, ett avstånd på 1,2 M (2 256 m) mellan vindkraftverken och fartygsstråkets ytterkant. Vilken fartyglängd beräkningen bör baseras på är inte tydligt definierat i PIANC. Enligt nederländska riktlinjer definieras den dimensionerande fartyglängden för ett fartygsstråk baserat på 98,5-percentilen för fartygen på stråket, dvs. 98,5% av fartygen har en längd som inte överskrider den dimensionerande fartyglängden (Government of the Netherlands, 2014).



Figur 1.4 Schematisk skiss för illustration av erforderligt avstånd mellan fartygsstråk och vindkraftspark för att möjliggöra en 360-gradersgir (NorthSEE Project, 2018; PIANC, 2018).

Ett säkerhetsavstånd som möjliggör en 360-gradersgir enligt ovan utgör en generell rekommendation, men vid utvärdering och fastställande ska även lokala förutsättningar beaktas. I många fall görs en riskanalys där trafikintensiteten i området samt andra nautiska förhållanden beaktas och analyseras för att fastställa lämpligt säkerhetsavstånd. Baserat på detta har för flera vindkraftsparker i exempelvis Storbritannien och Nederländerna ett mindre avstånd bedömts som tillräckligt.

Transportstyrelsen och Sjöfartsverket har i samarbete även tagit fram en handledning, Vägledning vid projektering och riskanalys av vindkraftsetableringar utmed svenska kusten (Sjöfartsverket, Transportstyrelsen, 2009). I vägledningen redogörs för faktorer som bör beaktas vid lokalisering av kustnära och havsbaserade vindkraftsparker. Dessa faktorer omfattar bland annat hänsyn till sjöfartens etablerade fartygsstråk, eventuell miljöpåverkan till följd av ruttförlängningar för fartygstrafiken när vindkraftsparker etableras samt att ett säkerhetsavstånd mellan de yttersta vindkraftverken i en vindkraftspark och fartygsstråk bör skapas, och detta avstånd bör anpassas till lokala förhållanden. Vägledningen anger också att

³ COLREG: *Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, internationella sjövägsregler för att förhindra kollisioner till sjöss.*

en riskanalys i syfte att analysera hur säkerheten för fartygstrafiken förändras om en vindkraftspark byggs ska tas fram. Riskanalysen ska omfatta stegen:

- Bakgrundsbeskrivning
- Riskidentifiering
- Riskkvantifiering
- Riskreducerande åtgärder
- Osäkerhetsanalys
- Slutsatser

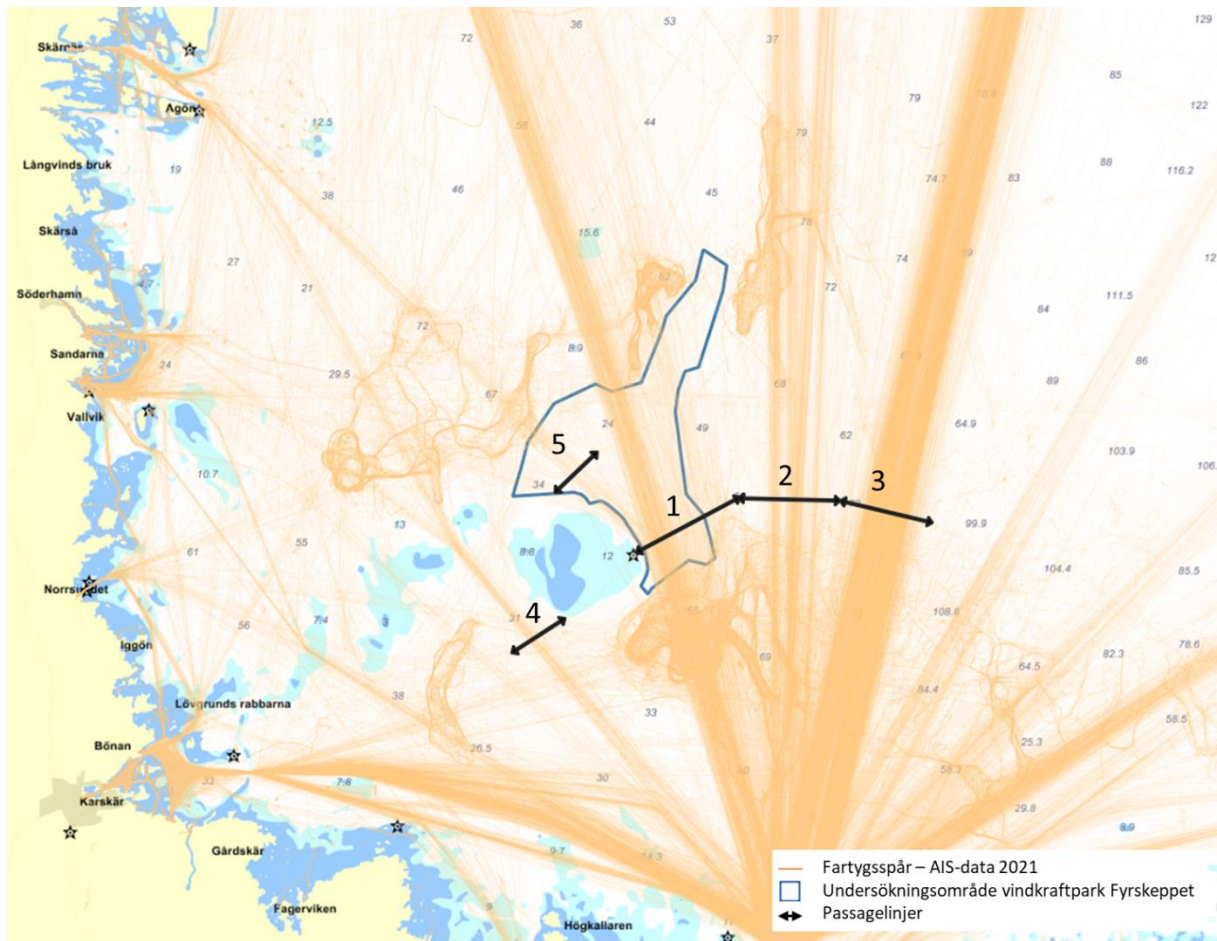
Dessa steg stämmer väl överens med de ingående komponenterna i såväl FSA-metodiken samt ISO-standarderna.

2 Sjötrafikanalys

Sjötrafiken i området analyseras baserat på AIS-data från primärt 2021. Trafikmönstret analyseras och statistik avseende antal fartygspassager förbi området redovisas i diagram. Analysen för 2021 jämförs med trafikstatistik för åren 2016 – 2020.

2.1 Passagestatistik

För att analysera fartygstrafiken och passagefrekvensen i och kring området för den planerade vindkraftparken definieras passagelinjer över fartygsstråk som kan komma att påverkas av vindkraftsetableringen. För vindkraftpark Fyrskippet definieras fem passagelinjer, se Figur 2.1.



Figur 2.1 Projektområde för vindkraftpark Fyrskippet och etablerade passagelinjer 1 till 5.

Trafikintensiteten på fartygsstråk kan klassificeras på en femgradigskala utifrån antal passager per år enligt Tabell 2.1. Klassificeringen är framtagen av SSPA för att vara applicerbar på fartygstrafiken i svenskt vatten där trafikintensiteten endast på ett fåtal fartygsstråk överstiger 20 000 passager/år.

Tabell 2.1 Klassificering för bedömning av fartygstråks trafikintensitet baserat på antal fartygspassager årligen.

Klassificering	Trafikintensitet fartygsstråk	Passager per år
1	Mycket låg	0-2 000
2	Låg	2 000-5 000
3	Medel	5 000-10 000
4	Hög	10 000-20 000
5	Mycket hög	över 20 000

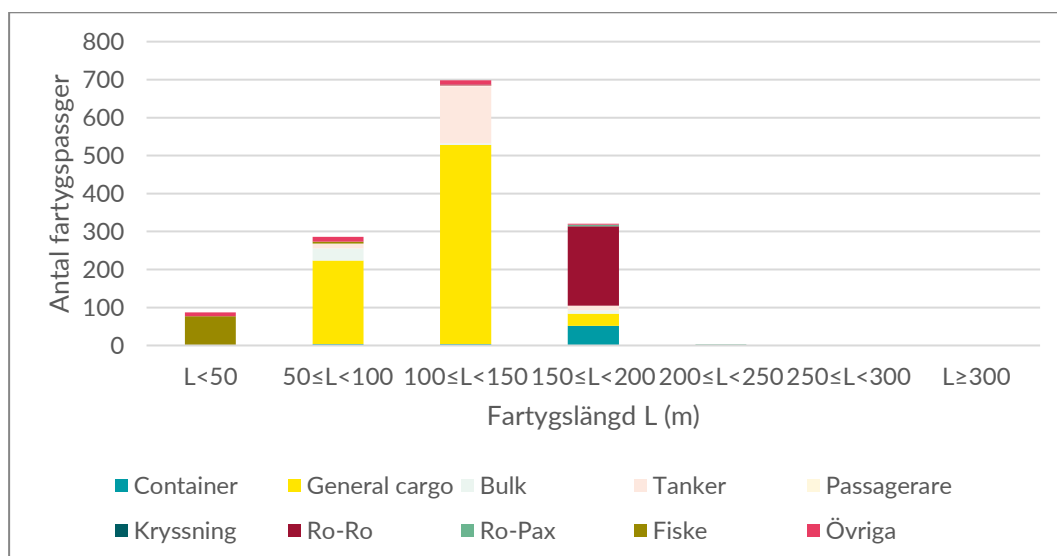
Trafikintensiteten på fartygstråken i och kring vindkraftpark Fyrskeppet är i de flesta fall mycket låg (1) enligt klassificeringen. Endast för fartygstråket över linje 3 klassificeras trafikintensiteten som låg (2), se Tabell 2.2 för sammanställning per passagelinje.

Tabell 2.2 Sammanställning över klassificering av trafikintensitet per passagelinje

Passagelinje	Trafikintensitet (passager/år)	Klassificering trafikintensitet
1	1 396	1 / Mycket låg
2	884	1 / Mycket låg
3	3 696	2 / Låg
4	263	1 / Mycket låg
5	244	1 / Mycket låg

2.1.1 Passagelinje 1 – trafik genom undersökningsområdet

Passagelinje 1 registrerar passager som passerar inom området för den planerade vindkraftparken och företrädesvis inom det riksintresse sjöfart - farled som går i nordnordvästlig - sydsydostlig riktning. Under 2021 skedde totalt 1 396 passager över linje 1. Av dessa hade ca 15 % en girpunkt vid Finngrundet och gick därifrån i nordvästlig - sydostlig riktning (se passagelinje 5). Figur 2.2 visar fördelningen av trafiken över linje 1 utifrån fartygstyp och fartyglängd.



Figur 2.2 Antalet fartygspassager över linje 1 under 2021, fördelat utifrån fartygstyp och fartyglängd

Det fartygssegment som står för den största andelen passager är general cargo-fartyg med en längd under 150 m. Övrig trafik fördelar sig primärt i längdsegment upp till 200 m och består bl.a. av Ro-Ro- och tankfartyg. Fyra passager gjordes av fartyg längre än så: Ro-Pax-fartyg Silja Symphony på 203 m registrerades tre gånger och ett bulkfartyg på 260 m, Rex Oldendorff, passerade vid ett tillfälle, se Figur 2.3

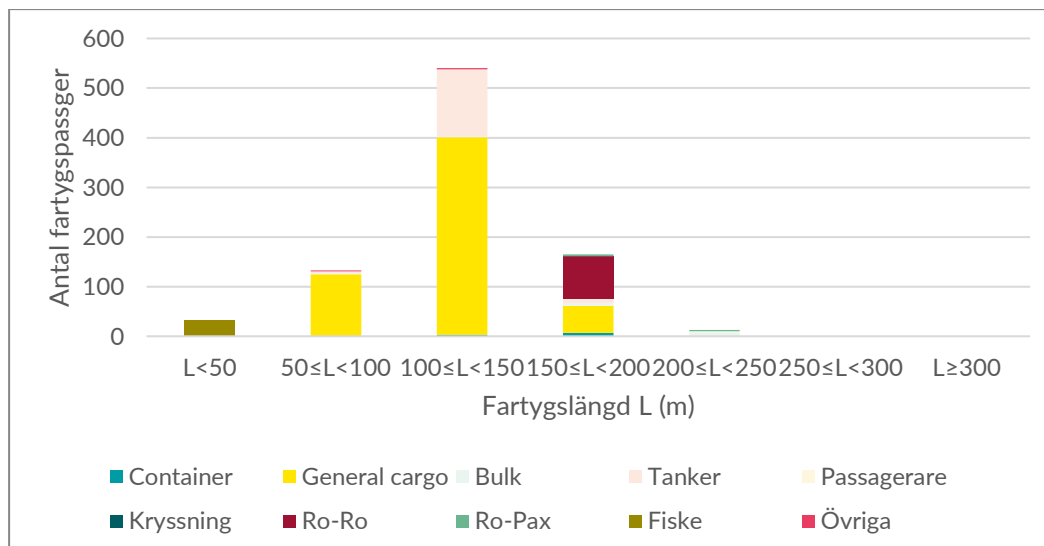


Figur 2.3 De två största fartygen som registrerades över passagelinje 1 under 2021, Silja Symphony och Rex Oldendorff

2.1.2 Passagelinje 2 – trafik öster om undersökningsområdet

Trafiken som passerar över linje 2 passerar området för planerad vindkraftpark Fyrskippet på ett avstånd om ca 4 M, från vindkraftparkens östligaste spets till ytterkant fartygsstråk, vilket här likställs med ytterkant definierat riksintresse. Totalt registrerades 884 passager under 2021, varav merparten general cargo-fartyg mellan 100 – 150 m längd, se Figur 2.4. De största fartygen som passerade under 2021 var dels passagerarfartyget Artania med dimensionerna (L x B) 230 m x 32 m, dels bulkfartyget Georg Oldendorff på 81 000 DWT och med dimensionerna

(L x B) 230 m x 32 m, se Figur 2.5. Totalt registrerades sju olika fartyg med en fartyglängd över 200 m, för sammanlagt 11 passager över passagelinje 2.



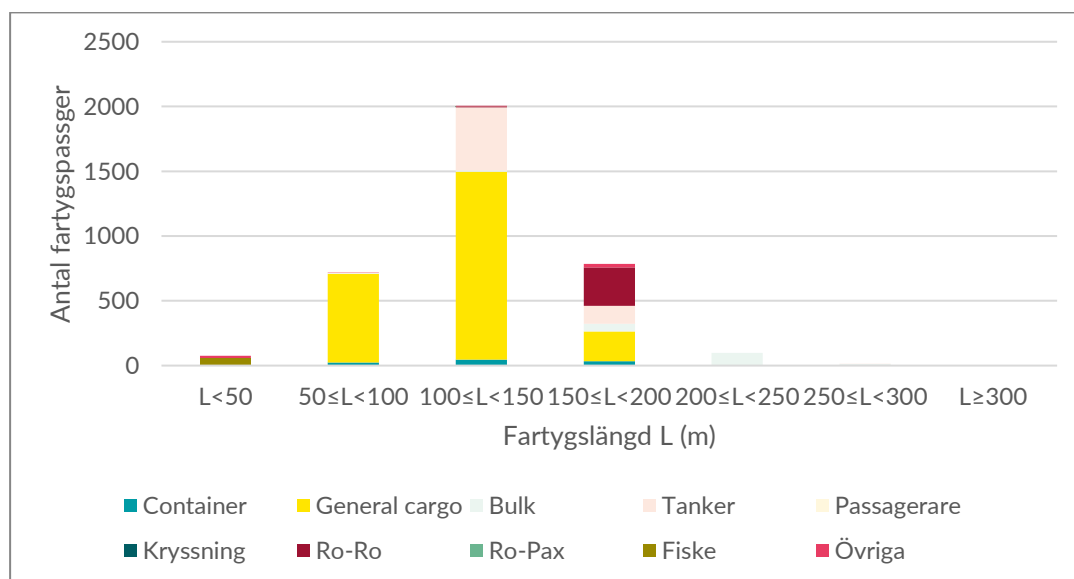
Figur 2.4 Antalet fartygspassager över linje 2 under 2021, fördelat utifrån fartygstyp och fartyglängd



Figur 2.5 De två största fartygen som registrerades över passagelinje 1 under 2021 Artania och Georg Oldendorff

2.1.3 Passagelinje 3 – trafik mot Bottenviken

Ca 11 M öster om vindkraftpark Fyrskippet finns ännu ett fartygsstråk, överensstämmande med utpekat riksintresse för trafik till och från Bottenviken, där det över passagelinje 3 totalt registrerades 3 696 passager under 2021. Även här är general cargo-fartyg den mest frekventa fartygstypen och fartyg inom längdintervallet 100 - 150 m de vanligast förekommande, se Figur 2.6.



Figur 2.6 Antalet fartygspassager över linje 3 under 2021, fördelat utifrån fartygstyp och fartyglängd

Totalt registrerades 98 passager av fartyg med en längd över 200 m över passagelinje 3. Av de totalt 49 fartygen med en längd över 200 m var bulkfartyget Lake Despina störst på 182 000 DWT och dimensionerna (L x B) 282 x 45 m, se Figur 2.7.

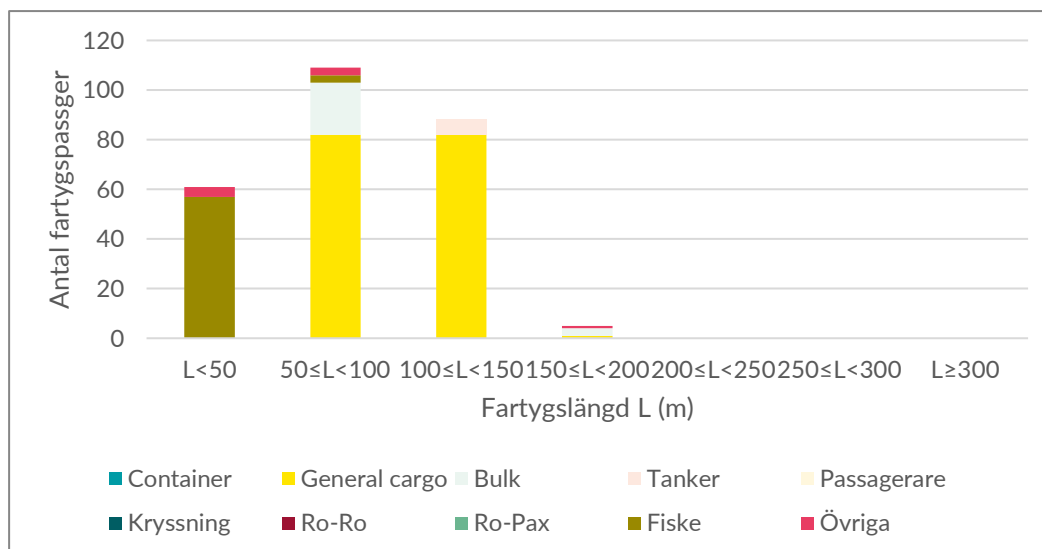


© Peter Beentjes
MarineTraffic.com

Figur 2.7 Bulkfartyget Lake Despina, 292 * 45 m, det största fartyget över linje 3.

2.1.4 Passagelinje 4 – trafik sydväst om Finngrundet

Sydväst om Finngrundet, och som närmast ca 5 M från vindkraftpark Fyrskippet, går idag ett fartygstråk med ett mindre antal fartyg. Totalt registrerades 263 passager över passagelinje 4 under 2021, se Figur 2.8. Trafiken utgjordes till största delen av mindre fartyg med en längd på 50 - 100 m följt av fartyg mellan 100 - 150 m. I kategorin fartyg mellan 150 - 200 m återfinns fem fartyg, varav det största är St. Peter på (L x B) 180 x 28 m, se Figur 2.9.



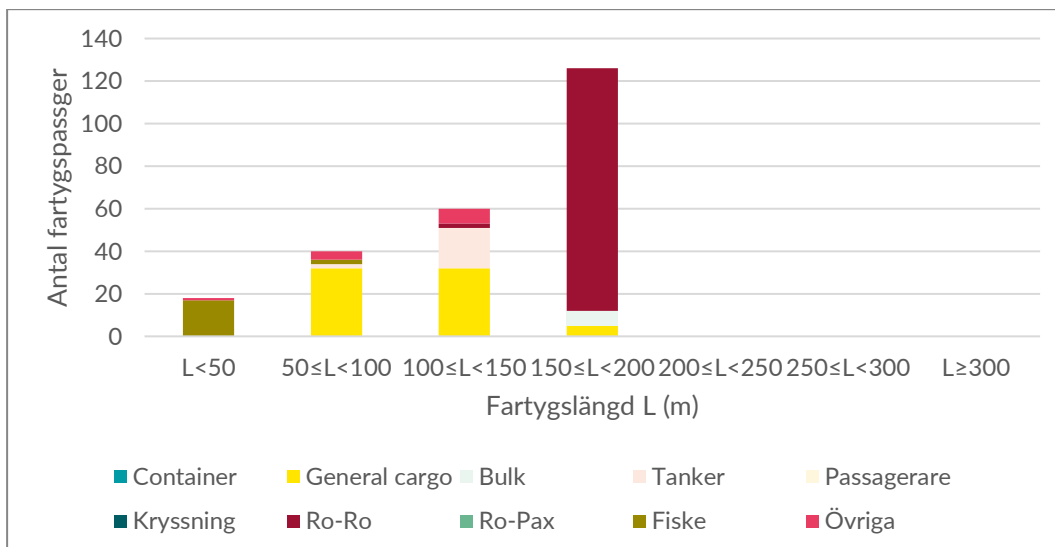
Figur 2.8 Antalet fartygspassager över passagelinje 4 under 2021, fördelat utifrån fartygstyp och fartygslängd



Figur 2.9 St. Peter, det största fartyget som passerade över passagelinje 4 under 2021.

2.15 Passagelinje 5 – trafik nordväst om Finngrundet

Genom vindkraftpark Fyrskjuppets västligaste del går det, i likhet med för passagelinje 4, också ett trafikstråk med ett mindre antal (244 stycken) fartygspassager registrerade under 2021, se Figur 2.10. Dessa fartyg återfinns även i statistiken för linje 1, men kommer att påverkas mer av en omdirigering än fartygen som går i riktning med riksintressetråket som förekommer inom området.



Figur 2.10 Antalet fartygspassager över linje 5 under 2021, fördelat utifrån fartygstyp och fartygslängd

SCAs Ro-Ro-fartyg om (L x B) 170 x 24 m trafikerar området för den planerade vindkraftparken på sin väg till och från Iggesund och utgör en stor del, 112 av 244, av fartygen som passerar över passagelinje 5. Flertalet av de övriga fartygen är general cargo-fartyg med en längd upp till 150 m. Det längsta fartyget över linje 5 är Jutlandia Sea på 188 x 27 m, se Figur 2.11. Ett fåtal, fyra stycken, passager registrerades också av bulkfartyg på 180 x 30 m. Totalt återfinns 126 fartyg i den för linjen största fartygskategorin på 150 – 200 m.



Figur 2.11 Jutlandia Sea, det längsta fartyget över linje 5 under 2021.

2.1.6 Variationer mellan år

Globalt sett uppskattas sjöfarten under 2020 ha minskat med ca 4,1 % på grund av Covid-19 (UNCTAD, 2020). Jämförelse av trafikstatistik vid linje 1 för åren 2017 – 2021 visar dock inte på någon minskning av antalet passager 2020 jämfört med tidigare år och inte heller i jämförelse med år 2021, se Tabell 2.3.

Tabell 2.3 Trafikstatistik för passagelinje 1, tvärs vindkraftpark Fyrskepet, åren 2017 – 2021, fördelat i längdsegment

	2017	2018	2019	2020	2021
L<50	119	67	67	60	87
50≤L<100	290	350	366	338	286
100≤L<150	567	634	691	637	698
150≤L<200	363	352	396	367	321
200≤L<250	0	2	0	14	3
250≤L<300	1	0	0	0	1
L≥300	0	0	1	1	0
Totalt	1 263	1 389	1 521	1 417	1 396

2.2 Framtida trafikscenario

Inga kända numerära trafikökningar finns för området, men större fartyg är dock att vänta, exempelvis med anledning av ny containerterminal i Sundsvall där fartyg med en längd på 240 m kommer att trafikera hamnen. Inte heller för närliggande industrier, Holmen och SCA, förväntas antalet fartygsanlöp att öka under de kommande åren⁴.

I ett vidare perspektiv kan, enligt Trafikverkets trafikprognoser, godstransporterna (tonkm/år⁵) med sjöfart antas öka med ca 2,16 % årligen mellan 2017 och 2040 (Trafikverket, 2020). Underlaget till prognoserna baseras dels på scenarier för den svenska ekonomins

⁴ Information om detta framkom under den Hazid workshop som genomfördes 10 nov 2022

⁵ Tonkm/år: mått på transportarbete för gods. Måttet beräknas genom att multiplicera godsets vikt i ton med transportsträckan i kilometer.

utveckling dels, bland andra, på en utrikeshandelsprognos för hur framtida export-och importvolymerna fördelar sig på de länder Sverige som handlar med. Det planerade området för vindkraftpark Fyrskeppet ligger inom svensk ekonomisk zon och stor del av den passerande sjöfarten anlöper svenska hamnar. För aktuell analys antas godstransportökningen vara likvärdig för närliggande länder varför angivna framtida godstransportsscenario antas vara applicerbar för det aktuella området.

Ökningen kan antas innebära en ökad fartygsfrekvens, dock kommer troligen en del av ökningen ske genom att fartygen i framtiden kommer att vara större och därmed kan transportera mer gods. Flera prognoser tyder på att när gamla och mindre fartyg tas ur operation ersätts de av nya större fartyg. Därmed finns det en trend som pekar på färre antal fartyg i de små segmenten och att det sker en förskjutning till större fartygssegment. För aktuellt område bedöms dock inte dagens maximala storlek på fartyg öka nämnvärt, delvis på grund av djupgående begränsningar i de närliggande hamnarna. Den del av trafiken som passerar vindkraftpark Fyrskeppet begränsas också av att det maximala djupgåendet för att passera in i Östersjön är 15 m. Den eventuella framtida storleksökningen bedöms främst påverka det något mindre tonnaget.

3 Riskidentifiering

AIS-analysen utgör ett viktigt underlag under riskidentifieringen där trafikmönster, trafikintensitet och fartygens karaktäristik är av stor vikt.

Fartygstrafiken i det aktuella området består av handelssjöfart och fiskefartygstrafik, där handelssjöfarten både passerar genom vindkraftsparken och går i anslutning till densamma. Baserat på detta och utifrån tidigare riskanalyser i samband med vindkraftsetableringar till havs identifieras potentiella faror. I huvudsak avses faror som kan innebära en ökad risk för kollision och grundstötning för sjöfarten samt risk för interaktion med området för vindkraftsparken och därmed eventuell risk för kollision med vindkraftverken. Även indirekta faror, exempelvis möjligheterna till sjö- och miljöräddning samt eventuell påverkan på möjligheterna till nödankring, identifieras.

3.1 Hazid

Riskidentifieringen genomfördes som en Hazid-workshop (HAZard IDentification workshop) den 10 november 2022. Vid mötet deltog representanter från Sjöfartsverkets isbrytarledning samt infrastrukturavdelning och representanter från närbelägna hamnar och rederier som trafikerar området. Även representanter från Fyrskippet Offshore AB, konsulter ansvariga för projektets miljökonsekvensbeskrivning samt såväl riskanalytiker som nautiker från SSPA medverkade under mötet. Efter genomförandet av workshopen har dokumentation från workshopen distribueras till samtliga inbjudna som då också har erbjudits möjlighet att lämna synpunkter och inkomma med kompletteringar.

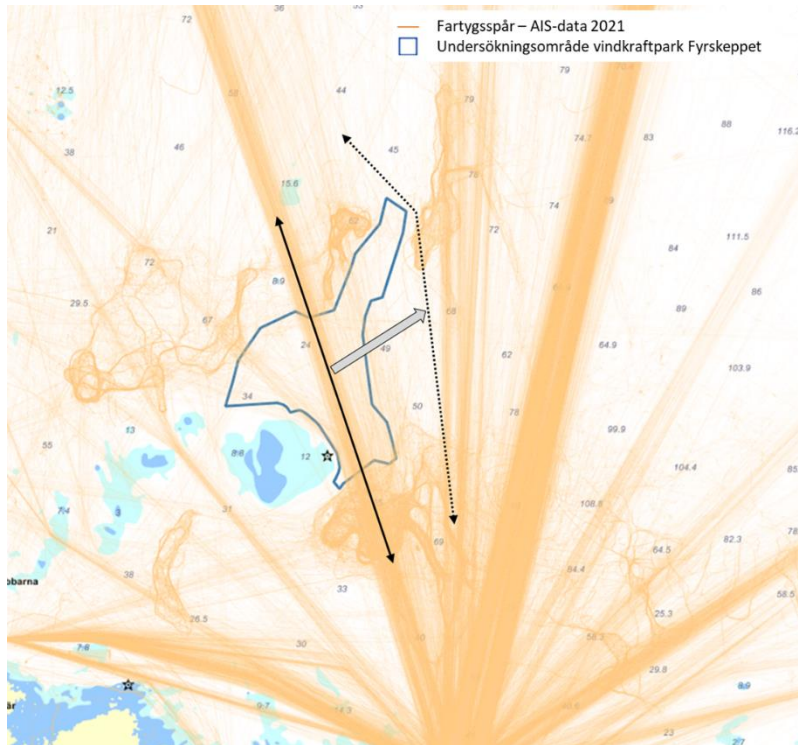
Identifierade faror har strukturerats genom uppdelning i nio olika delar. Fyra av dessa delar är kopplade till fartygsstråk: Fartygsstråk genom vindkraftsparken, fartygsstråken öster om vindkraftsparken, fartygsstråket sydväst om området, samt övrig fartygstrafik runt området för vindkraftsparken. Vidare omfattar riskidentifikationen förutsättningar för räddningsinsatser, möjliga kumulativa effekter och vintersjöfart. De sista två delarna gäller identifikation av generella faror som inte är direkt kopplade till ett visst geografiskt område samt faror kopplade till anläggningsfasen. Samtliga identifierade potentiella faror, dess primära orsak, möjliga preventiva säkerhetsåtgärder samt omedelbara och slutliga konsekvenser dokumenterades i ett Hazid-protokoll, se bilaga 1.

Nedan redovisas de huvudsakliga identifierade farorna kopplade till vindkraftspark Fyrskippet tillsammans med bakgrund och motivering till dessa baserat på diskussionerna under workshopen.

3.1.1 Trafik genom vindkraftsparken

Inom området för vindkraftsparken förekommer det fartygstrafik. Trafiken överlappar eller går utanför, men i samma riktning, som ett riksintressestråk som sträcker sig mellan Södra Kvarken och Sundsvall. Därtill ses ett stråk i riktning mellan Finngrundet och inseglingen vid Agön.

Vid en etablering av vindkraftsparken kommer trafiken att behöva välja en annan rutt, över passagelinje två och norr om vindkraftsparken. Detta innebär ett tillskott av trafik på de trafikstråk som löper på vindkraftsparkens östra sida vilket antas öka sannolikheten för kollision, se Figur 3.1.



Figur 3.1 Fartygstrafik som idag trafikerar genom utredningsområdet (svart pil) kommer efter en etablering troligen att välja en rutt öster om utredningsområdet (svart streckad pil).

Eventuellt gör nämnda ruttjustering också att ett nytt fartygsstråk bildas mellan riksintresset närmast öster om vindkraftparken och själva vindkraftparken och att utrymmet för undanmanöver för mötande trafik minskar, vilket också ökar sannolikheten för kollision.

Trafik som efter ruttomläggning passerar norr om vindkraftparken får en ny girpunkt vid nordöstra spetsen och passerar nära vindkraftparkens hörn vilket, särskilt på sydgående, kan innebära begränsat utrymme för undanmanöver och därmed risk för allision. En tillkommande girpunkt innebär i sig generellt även en ökad sannolikhet för kollision.

Trafik som efter ruttomläggning passerar sydväst om vindkraftparken och söder om Finngrundet, över passagelinje 4, kommer att passera nära grundområden med ökad sannolikhet för grundstötning som följd. Men tillkommande trafik över linje 4 ökar trafikintensiteten på en sträcka med begränsat utrymme för undanmanöver och även kollisionssannolikheten ökar för primärt *head-on collisions*⁶ och *overtaking collisions*⁷.

3.1.2 Trafik öster om vindkraftparken

Trafiken öster om området för den planerade vindkraftparken fördelar sig i dagsläget på två huvudsakliga stråk, 4 M respektive 11 M från vindkraftparkens östra gräns. Den trafik som tillkommer från dagens fartygsstråk inom vindkraftparken ger en ökad trafikintensitet och ökad sannolikhet för kollision. Primärt bedöms trafiktillskottet att landa på det stråk, och inom det riksintresse, som löper närmast, dvs ca 4 M öster om, det planerade området för vindkraftparken.

Även allisionssannolikheten går upp vid en ökad trafikintensitet. Skulle ett fartyg få blackout⁸ på sträckan utmed vindkraftparkens östra sida och vinden är ostlig riskerar fartyget att driva

⁶ *Head-On*: kollision mellan mötande fartyg

⁷ *Overtaking*: kollision vid omkörning i samma fartygsstråk

⁸ *Blackout*: Strömavbrott, dvs fartyget blir kraftlöst

in i vindkraftparken. Vattendjupet i detta område är ca 60 m och vid ett vattendjup över 50 m är möjligheterna att lyckas med en nödankring små.

Norrgående trafik på stråket som girar nordväst vid det nordöstra hörnet av området för vindkraftparken bidrar till en förtätning kring hörnet med ökad allisionssannolikhet som följd och även en ökad kollisionssannolikhet om de korsar sydgående trafik inom riskintressestråket.

Vidare identifieras en fara i att radarstörningar kan uppstå vid passage nära vindkraftparken, särskilt vid giren vid nordöstra hörnet där radarstörningar kan leda till en ökad kollisionssannolikhet.

Av AIS-data framgår att det under 2021 bedrevs fiske vid vindkraftpark Fyrskeppets sydöstra hörn. Vid en förtätning av trafiken på stråket öster om och närmast sydost om vindkraftparken ökar sannolikheten för kollision mellan fiskebåtstrafik och övriga fartyg i denna punkt. Enligt trafikdata rör sig fiskefartygen både söder och sydost om det planerade området vindkraftparken, lokaliseringen för fisket varierar dock stort mellan olika år,

3.1.3 Trafik sydväst om vindkraftparken, sydväst Finngrundet.

På trafikstråket sydväst om Finngrundet går det i dagsläget ca ett fartyg per dag. Stråket är smalt och förutom själva Finngrundet förekommer även andra mindre grundområden på båda sidor om stråket.

Ett tillskott av trafik till detta stråk, i storleksordningen från ett till två fartyg per dag, ökar sannolikheten för kollision men också för grundstötning, på grund av det begränsade utrymmet för undanmanöver i kombination med mer trafik.

Även sannolikheten för blackout, och till följd av det allision, ökar med ökad trafikintensitet. I sydvästlig vind, vilket är vanligast förekommande i området, driver fartyg mot vindkraftparken förutsatt att de inte grundstöter innan.

3.1.4 Övrig fartygstrafik

Sydost och söder om vindkraftpark Fyrskeppet minskar utrymmet för undanmanöver, primärt för fartyg i sydvästlig riktning som exempelvis ska till Gävle, vilket kan öka sannolikheten för kollision och allision. Sett till dagens trafikmönster passerar dock denna trafik på en distans om drygt 4 M från vindkraftparken.

3.1.5 Förutsättningar för räddningsinsatser

Förutsättningarna för hur effektivt räddningsinsatser kan bedrivas kan påverkas inom eller i närheten av en vindkraftpark. Flygande räddningsenheter opererar ogärna i en vindkraftpark och i synnerhet i dålig sikt och vid behov av radarinflygning, kan möjligheterna för en lyckad SAR-operation⁹ begränsas.

Miljöskyddsfartyg kan också begränsas i sin möjlighet att utföra effektiv miljöräddning. Skulle det ske ett utsläpp inom eller i närheten av vindkraftparken, kan omhändertagning av olja eller andra skadliga ämnen försvåras.

Vid förekomst av is i det aktuella området är det isbrytarna som utför sjöräddning. Isbrytarna undviker att köra in i vindkraftparken när vindkraftverken är i drift pga säkerhetsskäl, enligt uppgift från SjöV under genomförd hazid, och förseningar i räddningsinsatsen kan uppstå.

3.1.6 Vintersjöfart

⁹ SAR: Search and Rescue, benämning för eftersökning och räddning av personer i sjönöd / i vattnet

Området för vindkraftpark Fyrskeppet kan vintertid tidvis vara isbelagt och förekomsten av vindkraftverk kan påverka möjligheten att utföra isbrytning för att få fram fartyg till närliggande hamnar. En normal isvinter är inte området för vindkraftpark Fyrskeppet särskilt utsatt för is men det kan förekomma. Vid en sådan situation kan transittiderna för isbrytarna påverkas och således fartygens möjlighet till isbrytarassistans utan avsevärd fördröjning. Hur en vindkraftpark påverkar möjligheterna för en effektiv isbrytning beror på isens karaktär, om isen driver igenom vindkraftparken eller om den bidar vallar. Om isbrytarnas möjlighet att få loss ett fartyg som har fastnat begränsas eller om assistansen försenas kan skador på fartyget uppstå.

Vid kallare väder kan atmosfärisk nedisning uppstå på rotorblad och en risk för iskast uppstår. Detta skulle kunna orsaka skador om ett fartyg träffas av iskast.

Vid förekomst av havsis kan utmärkning för sjöfarten såsom RACON-bojar dras in och ersättas av enklare utmärkning, vilket kan leda till en ökad sannolikhet för felnavigering och en ökad sannolikhet för allision.

3.1.7 Möjliga kumulativa effekter av närliggande vindkraftparker

Etableras flera vindkraftparker i närheten av varandra kan deras sammanlagda påverkan vara större än vid etablering av en vindkraftpark. Trafiken kan behöva göra andra ruttval, och det kan även uppstå nya girpunkter och hopträngning av fartygstrafiken.

I området kring vindkraftpark Fyrskeppet finns andra vindkraftparker planerade, det är dock endast vindkraftpark Storgrundet som är tillståndsgiven. För bedömning av kumulativa effekter se kapitel 5.2.5.

3.1.8 Övrig sjötrafik / allmänt

Ett antal övriga faror identifierades också och listas nedan:

- Vindkraftpark Fyrskeppets layout har en form med få räta kanter och sträcker sig ut i tre riktningar. Detta kan eventuellt ge upphov till missbedömning om hur vindkraftverken står och bidra till ökad sannolikhet för powered allision.
- Fritidsbåtstrafik kan missbedöma närheten till vindkraftverk och andra fartyg, vilket kan öka sannolikheten för allision eller kollision. Fritidsbåtstrafiken i området är ringa.
- Radarstörningar kan uppstå på fartygsradar för de fartyg som passerar nära vindkraftparken och fartyg som passerar genom vindkraftparken kan i förekommande fall vara svåra att upptäcka, vilket ökar sannolikheten för kollision. Även vid gir runt hörn, företrädesvis då det nordöstra hörnet av vindkraftpark Fyrskeppet, kan det uppstå radarstörningar med ökad kollisionssannolikhet som följd vad gäller mötande trafik.
- Mänskliga fel, exempelvis genom att befäl av något skäl håller fel kurs, missar en girpunkt eller inte har uppdaterade sjökort och styr mot vindkraftparken, innebär risk för allision.
- Mindre fartyg väljer att passera genom vindkraftparken och fartyg på etablerade stråk utanför vindkraftparkområdet är inte beredda på att fartyg dyker upp på korsande kurser från vindkraftparkområdet. Detta kan leda till en ökad kollisionssannolikhet eller allisionsannolikhet på grund av vindkraftparken och begränsat manöverutrymme.
- Tornen kommer att belysas och nya ljuskällor kan försvåra identifiering av SSA-ljus och positionsljus från fartyg, vilket kan leda till en försvårad navigering och med ökad sannolikhet för grundstötning eller allision.

- Allision som medför haveri av vindkraftverk kan leda till ett oljeutsläpp inom vindkraftparken, vilket kan medföra svårigheter för Kustbevakningen att kunna omhänderta oljan, vilket i sin tur kan leda till miljöskador.
- Fiske i och runt området kan komma att påverkas. Med ett begränsat manöverutrymme ökar sannolikheten för kollision. Möjligen kan förutsättningarna för fisk komma att förbättras inom vindkraftparken, och därmed kan möjligen fisket inom utredningsområdet öka.
- Under driftsfasen kommer servicetrafik att gå till och från vindkraftparken, vilket ökar trafikintensiteten. Dessa fartyg / båtar avviker från etablerade rutter och med ett begränsat utrymme för undanmanöver kan detta innebära en ökad sannolikhet för kollision att uppstå.

3.1.9 Anläggningsfasen

Under anläggningsfasen, och tillika avvecklingsfasen, ökar fartygstrafiken i och runt området för vindkraftparken. Både större anläggningsfartyg eller fartyg för transporter till området kommer att vara närvarande och möjligen korsa fartygsstråk och avvika från etablerade rutter. Detta leder till en ökad sannolikhet för kollision. Även mindre och snabbare båtar och fartyg för exempelvis persontransporter kommer att förekomma och ge en ökning i antalet fartygsrörelser.

Vid arbete i direkta närheten av vindkraftparkens gräns blir utrymmet för undanmanöver för fartyg på stråk utanför området ytterligare begränsat med en ökad allisions- och kollisionssannolikhet som följd.

Under kabelförläggning förekommer långsamtgående arbetsbåtar över stråken eller något stråk runt vindkraftparken. Stillaliggande fartyg / långsamtgående fartyg med avvikande kurs kan leda till en ökad kollisionssannolikhet.

För anläggningsfasen görs en särskild riskbedömning i kapitel 4.

3.1.10 Sammanställning av identifierade risker

Under haziden identifierades totalt 45 faror, vilka alla dokumenterades i hazid-protokollet i Bilaga 1. För respektive identifierad fara har sannolikheten samt konsekvensen bedömts på en femgradig skala, där fem innebär högst sannolikhet respektive svårast konsekvenser.

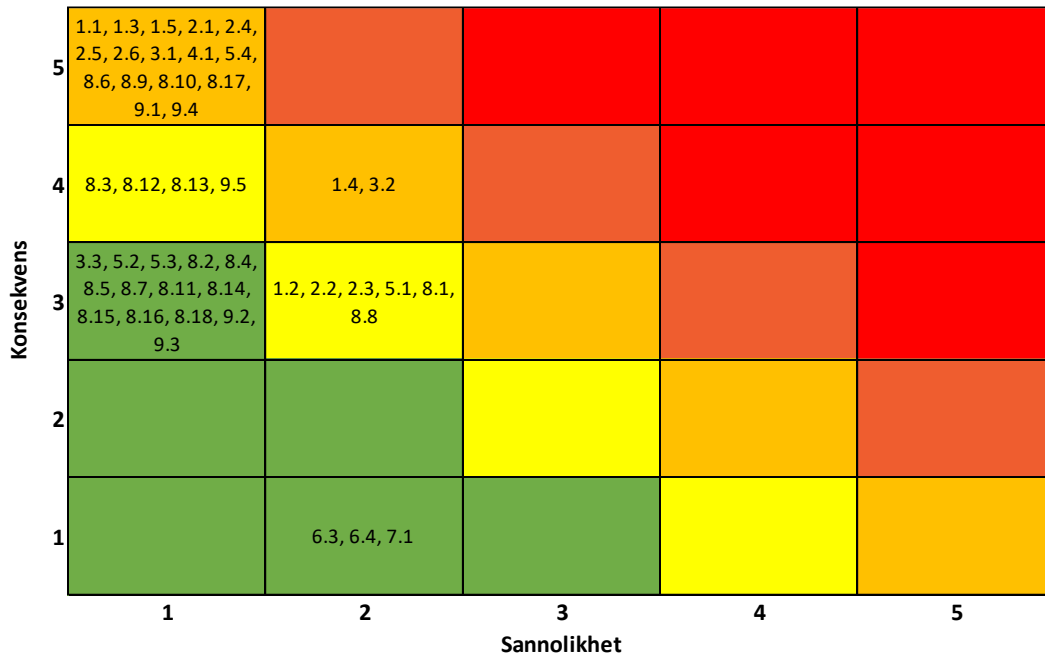
Konsekvensen för faror som kan leda till kollision har genomgående bedömts till 5, för faror som kan leda till grundstötning har konsekvensen bedömts till 4 och för faror som kan leda till en allision har konsekvensen bedömts till 3. Bedömningarna är gjorda på en jämförande basis, dvs. farorna ställs i proportion till varandra, mellan de olika identifierade farorna i syfte att identifiera de mest kritiska. Bedömningarna avser scenarier då riskreducerande åtgärder inte har implementerats. För faror i anläggningsfasen har dock åtgärder i form av information om pågående arbete via Underrättelser för sjöfarande (Ufs)/ *Notice to Mariners* (NtMs) förutsatts.

Genom att väga samman den skattade sannolikheten och konsekvensen för respektive fara kan risken värderas i en så kallad riskmatris, se Figur 3.2. Siffrorna i matrisen refererar till ID-nummer för respektive fara som framgår av Hazid-protokollet, se Bilaga 1. Den första siffran refererar till för vilket av de nio olika delområdena faran har identifierats, dvs. exempelvis ID-nummer med 1 som första siffra härrör till en fara identifierad för trafik genom området och ID-nummer med 2 som första siffra härrör till en fara för trafik öster om vindkraftparken.

Generellt för riskmatriser brukar en indelning i rött, gult och grönt representera risknivåer, men i föreliggande bedömning har ytterligare indelning gjorts och en femgradig skala i grönt, gult, orange, ljusrött och mörkrött används. De mörkröda områdena i matrisen representerar risknivåer som inte kan accepteras och där åtgärder krävs för att minska riskerna. De gröna

områdena representerar låg risknivå och risker i dessa områden accepteras. De tre områdena däremellan representerar tre nivåer av en betydande risknivå men som kan tolereras. Åtgärder som minskar risken ska dock övervägas och implementeras där minskningen av risken står i rimlig proportion till kostnad.

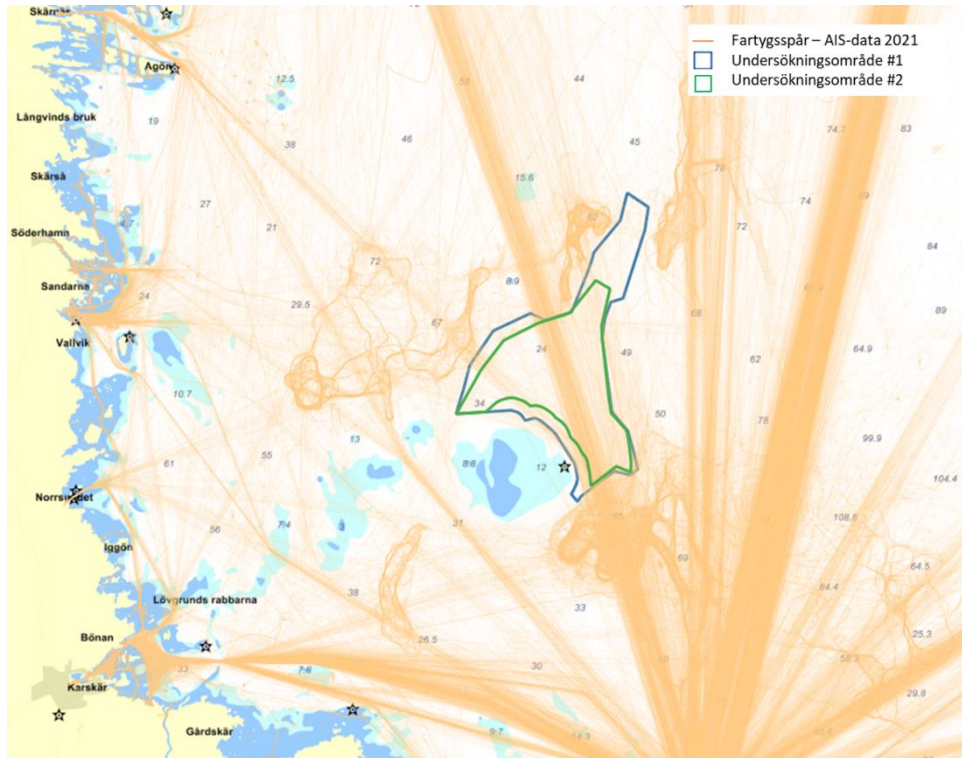
I det aktuella fallet, där inga kvantitativa beräkningar av sannolikheter och konsekvenser ännu har gjorts, används matrisen i första hand för att illustrera hur sannolikhet och konsekvens kan vägas samman samt för att identifiera de farorna som kan antas vara mest kritiska och därmed bli föremål för vidare analys.



Figur 3.2 Riskmatris efter skattning av sannolikhet och konsekvens för faror identifierade under hazid workshop. Siffrorna i matrisen refererar till ID-nummer för identifierade faror, se bilaga 1 Hazid-protokoll. Skattningarna av sannolikhet och konsekvens i matrisen avser scenarier då riskreducerande åtgärder inte har vidtagits och är gjorda på en jämförande basis, dvs. farorna ställs i proportion till varandra.

3.2 Alternativt område för vindkraftpark Fyrskippet med minskad utbredning

Efter det att riskidentifieringen hade genomförts tillkom ytterligare ett undersökningsområde kallat *Undersökningsområde # 2 - Alternativ utformning med minskad utbredning*, se Figur 3.3.



Figur 3.3 Vindkraftpark Fyrskippet med undersökningsområde # 1 markerat med blå linje och undersökningsområde # 2 med reducerad utbredning i cerise färg.

Alternativet med det reducerade området är således inte avhandlat inom genomförd Hazid, men följande kvalitativa riskidentifiering redovisas nedan.

Det reducerade undersökningsområdet medför i stort samma risker som det ursprungliga alternativet och det som skiljer är att området med sin mindre utbredning framför allt minskar distansen för de omdirigeringar som krävs. Primärt gäller detta trafiken som passerar längs östra och norra sidan av vindkraftpark Fyrskippet på sin väg till och från exempelvis Iggesund.

Den gir som görs runt vindkraftpark Fyrskippets norra spets/kant blir mindre skarp med den mindre utbredningen och den norra spetsen/kanten har också en riktning som ligger ganska väl i linje med passerande fartygs kurs. Det sistnämnda bidrar sannolikt till en mindre risk för allision vid vindkraftparkens spets och möjligen blir även sannolikheten för något typ av tekniskt fel (på roder eller maskin) i samband med giren lägre i och med den mindre skarpa giren.

Även trafiken som passerar vindkraftpark Fyrskippet på väg till och från Sundsvall får en något mindre distansmässig ruttpåverkan.

Vid kraftiga isvintrar, då isbrytare vid assistans av fartyg till och från Gävle kan behöva ta vägen norr om vindkraftpark Fyrskippet, blir omdirigeringen mindre.

Både alternativ # 1, dvs undersökningsområdet som legat till grund för riskidentifieringen, och alternativ # 2, undersökningsområdet med mindre utbredning, bedöms kvantitativt i beräkningsfall B och beräkningsfall C, se kapitel 5.

4 Identifiering och uppskattning av risker under anläggningsfas

Anläggningsfasen för den planerade vindparken är relativt kort jämfört med vindkraftparkens driftsfas. Etableringen innebär dock en ökad trafik i området och sjöfarten i området kan komma att påverkas i högre grad under denna fas.

Etableringen kommer troligen att ske under ca två år / två säsonger, där antalet arbetsdagar beror på vädret. För analysen beräknas arbetet att pågå under 7 månader per år under april till och med oktober, vilket innebär sammanlagt 426 dagar.

Tillkommande trafik utgörs av fartyg av varierande storlek, exempelvis båtar för besättning och bevakning, pråmekipage för fundamenttransporter, mudderverk, kabellägningsfartyg, stödbensfartyg och andra typer av *offshore supply*-fartyg. Dessa enheter rör sig med olika frekvens och eventuellt på olika rutter till området för vindkraftparken och har således olika stor påverkan på övrig sjötrafik. Även storleksmässigt och manövermässigt skiljer sig fartygen åt. En besättningsbåt är en liten enhet, längd ca 15–25 m, med god manöverförmåga medan exempelvis ett pråmekipage för transport av fundament och turbiner kan ha en totallängd på ca 250 m och vara relativt långsam och manövermässigt trög.

Enligt uppgift från Skyborn Renewables AB kommer ca 50 transporter ut till området behövas för 187 turbiner och detsamma gäller för fundamenttransporterna, dvs sammanlagt sker 200 resor tur och retur för dessa komponenter. Till detta kommer andra fartyg att behövas, exempelvis heavy lift crane, multi purpose support vessel, pråmar, bogserbåtar och arbetsbåtar. Hur många fartygsrörelser som etableringen sammanlagt medför är osäkert.

Av de identifierade riskerna för anläggningsfasen bedöms riskerna kopplade till den ökade trafikintensiteten och korsandet av etablerade fartygsstråk som mest kritisk, se avsnitt 4.1 nedan.

Sannolikheten för övriga identifierade faror i anläggningsfasen, såsom allision med strukturer under konstruktion samt kollision med stillaliggande installationsfartyg inom vindkraftparkområdet, bedöms som lägre. Även konsekvenserna bedöms i de flesta fall vara mindre allvarliga.

Riskreducerande åtgärder i form av tydlig och frekvent information via Ufs och NtMs om att anläggningsarbete pågår förutsätts vidtas. Detta antas ha effekt på merparten av de identifierade farorna. Även åtgärder såsom att området markeras visuellt med bojar utrustade med racon¹⁰ eller radarreflektorer samt att området tydligt definieras och markeras i sjökort, bedöms vara effektiva riskreducerande åtgärder med effekt på de flesta av den identifierade riskerna.

För att begränsa påverkan från bländande belysning från plattformar i närheten av kringliggande fartygsstråk, bör arbetsbelysning på arbetsfartyg och plattformar i möjligaste mån skämmas av mot passerande trafik.

4.1 Korsande trafik under anläggningsfas

Fartygen involverade i etableringen av vindkraftparken rör sig till och från tillverkningshamn eller utskeppningshamn, hamn för lager av material och till och från installationshamn. Installationshamnen är den hamn varifrån persontransporter samt transport av mindre komponenter sker och det är till och från denna hamn som resor sker mest frekvent, med dagliga resor tur och retur. Till största del utgörs denna trafik av besättningsbåtar. Vilka hamnar som kommer att användas är inte fastslaget ännu, dock utgör Gävle hamn och Orrskärs hamn möjliga alternativ. För uppskattning av sannolikhet för ett scenario där

¹⁰ *Racon*: RAdar beaCON, radarfyr, transponder installerad på SSA för hjälp med identifiering.

anläggningsfartyg och fartyg på korsande fartygsstråk har korsande kurser antas all anläggningstrafik utgå från Gävle då detta avser scenariot med högst risk, genom att detta scenario sannolikt innebär fler girpunkter för anläggningstrafiken än fallet Orrskär. Anläggningstrafiken kommer oavsett Orrskär eller Gävle att korsa det mindre fartygsstråket som sträcker sig sydväst om vindkraftparken. På detta stråk passerar knappt ett fartyg per dygn (trafikdata från 2021). Ytterligare ett mindre trafikstråk kommer att korsas något längre åt sydväst, på detta stråk går ca ett fartyg var tredje dag.

Baserat på antal transporter för anläggningstrafiken och med trafikstatistik för de två fartygsstråken sydväst om vindkraftpark Fyrskippet kan sannolikheten för ett scenario där anläggningsfartyg och fartyg på fartygsstråket har korsande kurser uppskattas, se Tabell 4.1. Ett sådant scenario skulle kunna leda till en kollision om inga åtgärder vidtas av fartygen.

Då faktiska siffror på anläggningstrafiken i dagsläget bara är delvis kända antas 1 000 passager ske över stråket per år.

Tabell 4.1 Sammanställning av uppskattande beräkningar för korsande kurser mellan anläggningsfartyg och fartyg på stråket sydväst om vindkraftpark Fyrskippet.

A: Anläggningsfartyg som korsar fartygsstråk söder om vindkraftpark Fyrskippet		B: Fartyg på stråk söder om vindkraftpark Fyrskippet	
Längd (m)	200	Längd (m)	150
Hastighet (knop)	7	Hastighet (knop)	12
Antal passager per år	1 000	Antal passager per år	400
A exponerar sig för att bli påseglad av B under sammanlagt (min/år)		926	
B exponerar sig för att bli påseglad av A under sammanlagt (min/år)		162	
Sannolikhet att B håller korsande kurs mot A (tillfällen/år)		0,7	
Sannolikhet att A håller korsande kurs mot B (tillfällen/år)		0,3	
Sammanlagd sannolikhet för korsande kurser mellan A och B (tillfällen/år)		1	

Den årliga sannolikheten, baserat på ovan antaganden, för att ett anläggningsfartyg och fartyg på fartygsstråket ska ha korsande kurser uppskattas till ca en gång. Antaget att anläggningsfasen pågår i två år kan scenarier där fartyg har korsande kurser förväntas uppstå totalt ca två gånger under anläggningsfasen.

Skulle anläggningstrafiken istället innebära 2 000 passager per år fördubblas den årliga sannolikheten för korsande kurser och skulle 500 passager ske per år halveras den årliga sannolikheten i jämförelse med den uppskattande beräkningen.

Vid tillfällen med korsande kurser kommer dock en faktisk kollision sannolikt att undvikas, eftersom det väjningsskyldiga fartyget kommer att justera kurs eller fart så att en närsituation mellan fartygen undviks.

5 Riskbedömning driftsfas

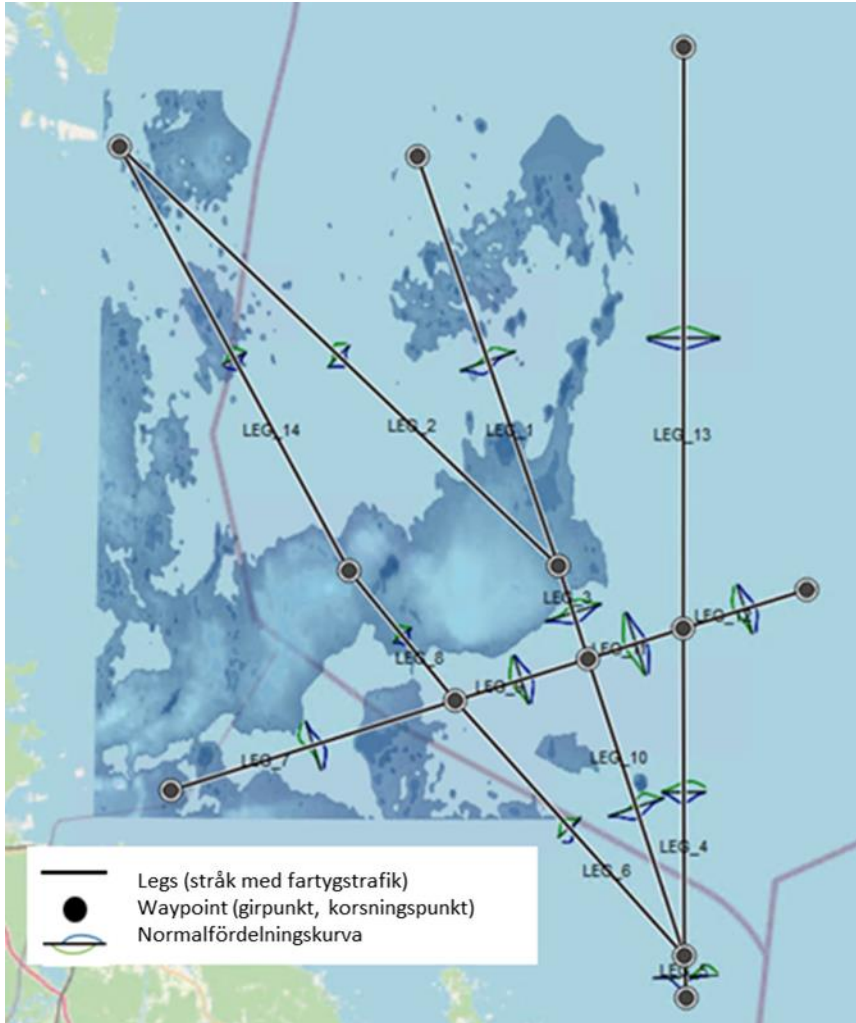
Riskerna bedöms dels baserat på sannolikheten för att ett olycksscenario ska uppstå, dels baserat på hur allvarliga konsekvenser respektive olycksscenario kan antas medföra. Sannolikheten för identifierade faror och olyckshändelser beräknas och kvantifieras där så är möjligt. Hur allvarliga möjliga konsekvenser av respektive olycksscenarioer kan antas bli uppskattas och bedömts kvalitativt. I samband med detta har beaktanden avseende säkerhetsavstånd för undanmanöver och möjligheter till nödankring gjorts.

5.1 Beräkning av sannolikhet för grundstötning, kollision samt allision

För att bedöma om och hur vindkraftparken kan komma att påverka sannolikheten för grundstötningar och kollisioner mellan fartyg samt för att uppskatta sannolikheten för att fartyg seglar eller driver in i vindkraftparken, används programmet IWRAP Mk2 (*IALA Waterway Risk Assessment Program*).

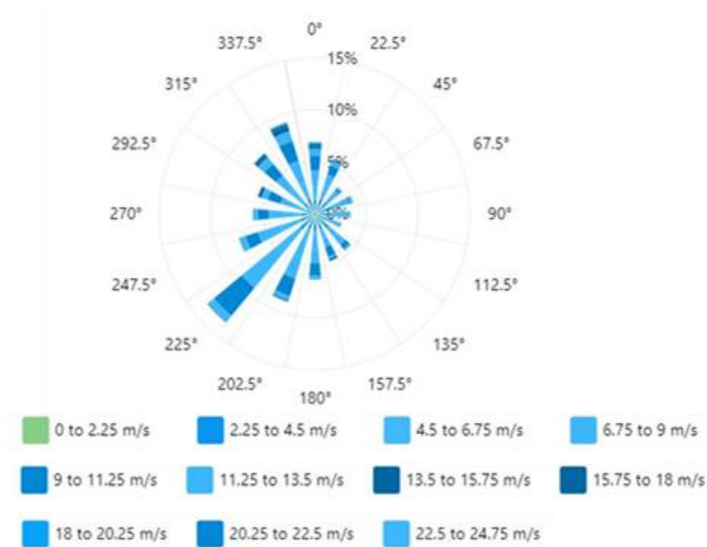
Baserat på AIS-data modelleras det aktuella området genom att fartygsstråk, s.k. *legs*, samt nodpunkter, s.k. *waypoints* definieras för att likna det aktuella sjötrafikmönstret. Stråken går mellan två *waypoints*, och till varje *waypoint* kan flera stråk knytas för att definiera var fartygsstråk korsas eller konvergerar. I programmet beräknas, baserat på AIS-registreringarna, sedan för varje *leg*, en statistisk fördelning som beskriver hur långt ifrån centrumlinjen fartygen framförs (lateralfördelning).

I programmet används AIS-data för att beräkna sannolikheten för kollisioner längs respektive *leg* och vid definierade *waypoints*. Sannolikheten för grundstötningar i fartygsstråkens närområde beräknas också längs definierade djupkurvor och landkonturer. Modellen kompletteras också med en vindkraftpark (två alternativ vad gäller vindkraftpark Fyrskippet) för att beräkna sannolikheten för allisioner med vindkraftparken. Figur 5.1 visar IWRAP-modellen som beräkningarna utan vindkraftpark baseras på.



Figur 5.1 IWRAP-modell för beräkningar utan vindkraftpark Fyrskippet

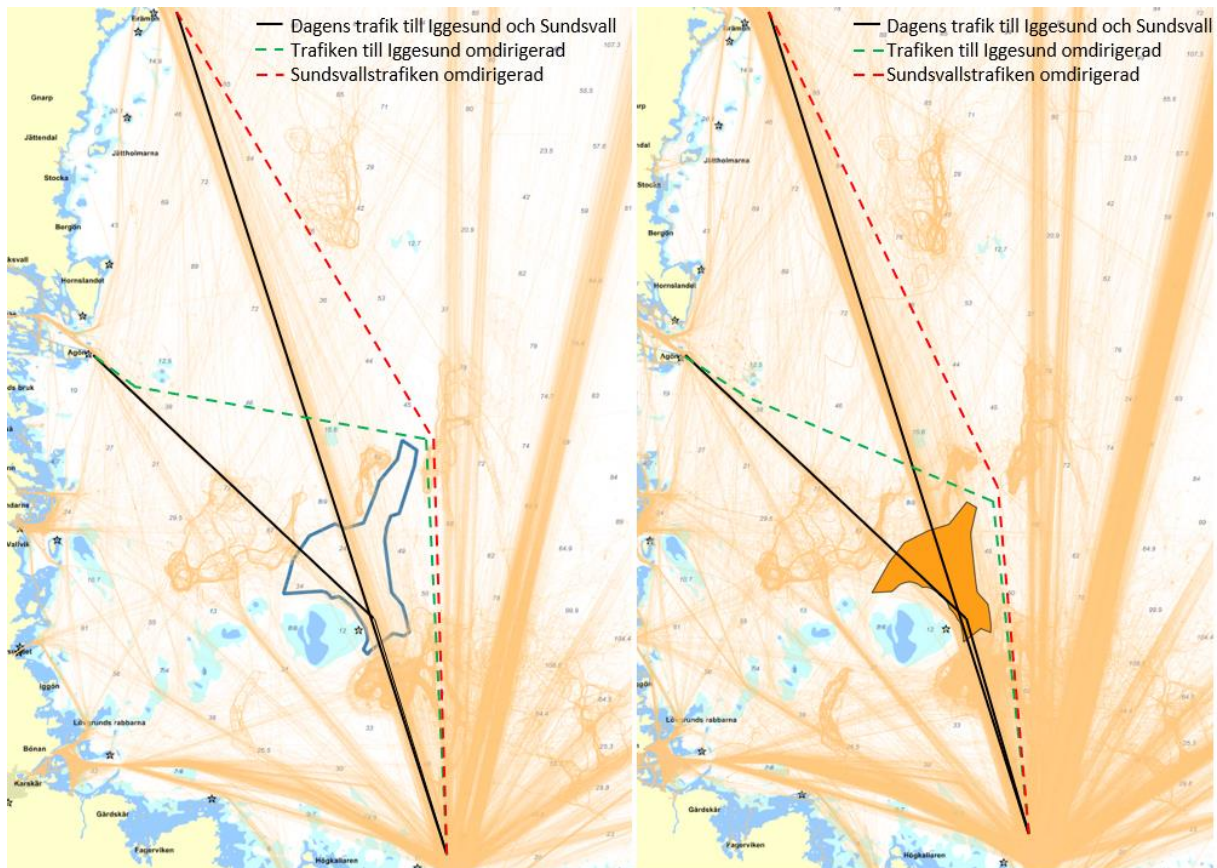
I IWRAP definieras en fördelning av sannolikhet för olika drifriktningar för fartyg som drabbats av blackout och driver. Vilken riktning ett fartyg kommer att driva i bestäms av vindriktning samt, i områden med mycket ström, av strömriktning. I det aktuella området bedöms inte strömförhållanden vara sådana att de kommer att påverka drifriktning i någon betydande omfattning, drifriktning antas därför i första hand bestämmas av vindriktning. I modellen har därför fördelning av drifriktning baserats på vindrosen i Figur 5.2. Den förhärskande vindriktningen från sydväst gör att fartyg som driver i många fall kommer att driva åt nordost.



Figur 5.2 Vindros baserad på vindstatistik i aktuellt område

5.1.1 Förändrat trafikmönster på grund av vindkraftpark Fyrskäppet

Efter en etablering av vindkraftpark Fyrskäppet antas handelsfartyg som tidigare passerat på rutter genom området att trafikera andra rutter, vilket antas innebära ett något förändrat trafikmönster med nya fartygsstråk. En del mindre fartyg, såsom fiskebåtar, mindre arbets- och servicebåtar samt fritidsbåtar, kommer troligen passera mellan vindkraftverken i vindkraftparken. I de aktuella IWRAP-modellerna modelleras dock vindkraftparken som ett stängt område vilket gör att inga fartyg kan passera genom området. För beräkningar av incident- och olyckssannolikhet antas därför all trafik gå på stråk utanför vindkraftparken, se Figur 5.3 för antagen omdirigering vid de två olika utbredningarna av undersökningsområdet.



Figur 5.3 Antagen omdirigering av trafiken som idag går genom området för större (i vänstra bilden, markerat med blå gränslinje) och mindre (orange område i högra bilden) utbredning av undersökningsområdet.

För konsekvenser vad gäller längre seglad sträcka och därtill ökad bränsleförbrukning se 5.3.3.

5.1.2 Matematisk modell

Den matematiska modellen baseras på en probabilistisk modell där geometriska villkor definierar ett antal s.k. kollisions-/grundstötningskandidater, dvs. en modell för beräkning av sannolikheten för att fartyg ska gå på grund vid en viss position om en ingen åtgärd vidtas respektive sannolikheten för att två fartyg kolliderar med varandra i en viss *waypoint* eller längs med något av "legsen" om ingen åtgärd vidtas av fartygen. Antalet kandidater multipliceras med empiriskt bestämda s.k. *causation factors* som representerar sannolikheten att en farlig kurs, orsakad av tekniska eller mänskliga fel, inte skall korrigeras i tid och därmed leda till kollision eller grundstötning. Olika *causation factors* används för olika typer av kollisions- och grundstötningsscenarion vilka karaktäriseras enligt nedan:

Kollision (mellan två fartyg) – beroende på var de uppstår kategoriseras som:

- head-on* – kollision mellan mötande fartyg
- overtaking* – kollision vid omkörning i samma fartygsstråk
- crossing* – kollision vid korsande fartygsstråk
- merging* – kollisioner i nodpunkter där fartygsstråk sammanstrålar
- bend* – kollisioner i nodpunkter där farleden kröker.

Grundstötning karaktäriseras som antingen:

- Powered grounding* – då fartyget pga mänskligt fel grundstöter under framdrivning eller
- Drifting grounding* – då fartyget pga tekniskt fel typ blackout driver på grund utan att framdrivningsmaskineriet är igång.

Allisioner karaktäriseras på motsvarande sätt som grundstötning:

Powered allision – då fartyget pga mänskligt fel seglar in i vindkraftparken under framdrivning eller

Drifting allision – då fartyget pga tekniskt fel typ blackout driver in i vindkraftparken utan att framdrivningsmaskineriet är igång.

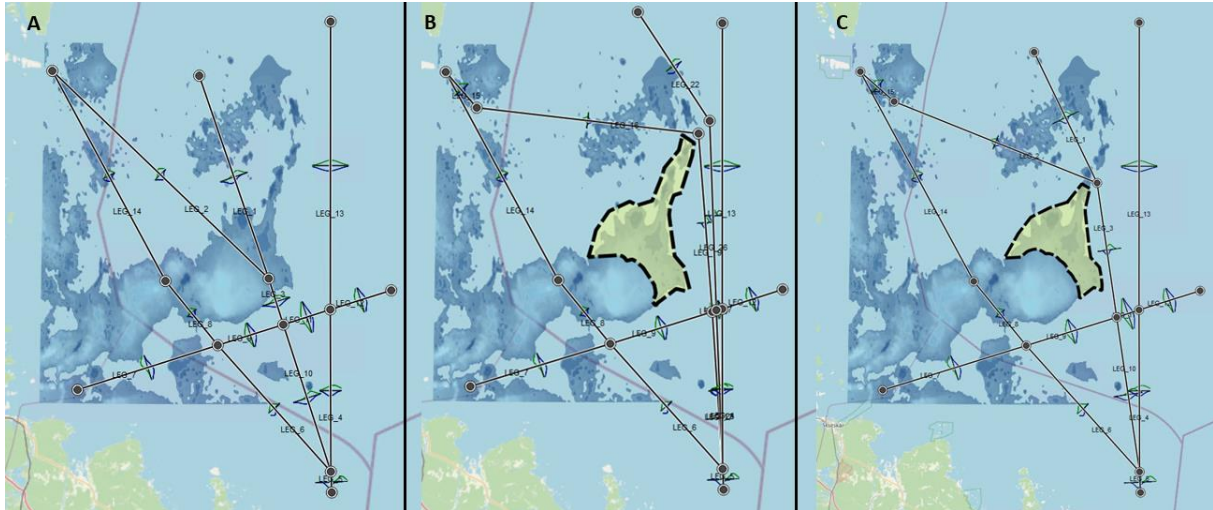
De redovisade numeriska värdena för kollision-, grundstötnings- och allisionssannolikheter är beräknade med de standardvärden (default) som finns för de olika *causation factors* (se avsnitt 8.3). I brist på omfattande registrerad incidentstatistik från det aktuella området har standardvärdena inte justerats för att korrelera med de beräknade resultaten. Detta innebär att redovisade värden inte skall tolkas som absoluta tal, utan endast bör analyseras ur ett jämförande perspektiv för att identifiera eventuella signifikanta skillnader mellan nulägesbildens incidentsannolikheter och de som kan förväntas uppstå när vindkraftparken har etablerats.

Beräkningar genomförs för två olika trafikscenarier:

- Scenario 1 - "nulägesscenario"
Trafikmönster samt trafikintensitet baserat på AIS-data från 2021 och representerar dagens trafikintensitet.
- Scenario 2 - "framtidsscenario"
Innebär en trafikökning på 20 % på samtliga legs jämfört med dagens trafik, dvs. scenario 1.

För respektive trafikscenarion görs beräkningar för tre olika fall, se Figur 5.4:

- *A: Utan vindkraftpark Fyrskippet*
Utgör ett nollalternativ och beräknas för att kunna jämföra hur olyckssannolikheter påverkas av en etablering. Modellen avser avspegla aktuellt trafikmönster i området.
- *B: Med vindkraftpark Fyrskippet enligt undersökningsområde # 1 och justerat trafikmönster*
Avser fallet när en vindkraftpark har etablerats enligt mittenutbredningen i Figur 5.4. Jämfört med fall A har trafikmönstret justerats så att inga fartygsstråk går igenom vindkraftparken.
- *C: Med vindkraftpark Fyrskippet enligt undersökningsområde # 2 - Alternativ utformning med minskad utbredning - och justerat trafikmönster*
Avser fallet när en vindkraftpark har etablerats enligt högra utbredningen i Figur 5.4. Jämfört med fall A har trafikmönstret justerats så att inga fartygsstråk går igenom vindkraftparken.



Figur 5.4 IWRAP-modeller för fall A: Utan vindkraftpark, fall B: Med vindkraftpark enligt undersökningsområde # 1 och justerat trafikmönster, och fall C: Med vindkraftpark Fyrskeppet enligt undersökningsområde # 2 - Alternativ utformning med minskad utbredning av vindkraftpark Fyrskeppet - och justerat trafikmönster

5.1.3 Resultat

För varje beräkning presenteras sannolikhet för grundstötningar, kollisioner och allisioner med vindkraftparken (dvs. sannolikheten för att ett fartyg kommer in i vindkraftparkområdet) i tabellform, se Tabell 5.1 och Tabell 5.2.

Tabell 5.1 Beräknade sannolikheter (incidenter/år) för trafikscenario 1. E anger tiopotensfaktor, exempelvis E-04 = 10⁻⁴.

SCENARIO 1 ("base case" - nuvarande trafik)	A. Utan vindkraftpark Fyrskeppet	B. Med vindkraftpark Fyrskeppet Alt # 1	C. Med vindkraftpark Fyrskeppet Alt # 2
Powered Grounding	4,17E-06	4,15E-06	4,15E-06
Drifting Grounding	2,46E-04	1,46E-04	1,58E-04
Total Groundings	2,50E-04	1,50E-04	1,62E-04
Powered Allision	---	5,08E-04	1,90E-04
Drifting Allision	---	1,55E-02	1,48E-02
Total Allisions	---	1,60E-02	1,49E-02
Overtaking	2,37E-04	3,51E-04	2,74E-04
HeadOn	1,85E-04	3,21E-04	2,60E-04
Crossing	1,75E-04	1,79E-04	1,73E-04
Merging	1,10E-04	2,49E-05	4,20E-05
Bend	5,79E-04	8,46E-05	2,05E-05
Total Collisions	1,29E-03	9,60E-04	7,69E-04

Tabell 5.2 Beräknade sannolikheter (incidenter/år) för trafikscenario 2. E anger tiopotensfaktor, exempelvis E-04 = 10⁻⁴

SCENARIO 2 (20 % trafikökning)	A. Utan vindkraftpark Fyrskippet	B. Med vindkraftpark Fyrskippet Alt # 1	C. Med vindkraftpark Fyrskippet Alt # 2
Powered Grounding	5,01E-06	4,98E-06	4,98E-06
Drifting Grounding	2,96E-04	1,75E-04	1,89E-04
Total Groundings	3,01E-04	1,80E-04	1,94E-04
Powered Allision	---	6,09E-04	2,28E-04
Drifting Allision	---	1,86E-02	1,77E-02
Total Allisions	---	1,92E-02	1,79E-02
Overtaking	3,42E-04	5,05E-04	3,95E-04
HeadOn	2,66E-04	4,63E-04	3,74E-04
Crossing	2,52E-04	2,57E-04	2,49E-04
Merging	1,58E-04	3,59E-05	6,04E-05
Bend	8,34E-04	1,22E-04	2,96E-05
Total Collisions	1,85E-03	1,38E-03	1,11E-03

För trafikscenario 1 är den beräknade sannolikheten för *merging collision* lägre i fallen med vindkraftpark (B och C) än i fallet utan (A). Detta gör också att den sammanlagda sannolikheten för någon typ av kollision (*total collision*) minskar, både för fall B och fall C, jämfört med fall A. Den beräknade kollisionssannolikheten i området är dock låg även utan vindkraftpark och den beräknade returperioden¹¹ för en kollision går från 1 gång per 775 år utan vindkraftpark till 1 gång per ca 1 000 år i fall B och 1 gång per ca 1 300 år i fall C. För trafikscenario 2 är den beräknade returperioden 1 gång per ca 540 år, 1 gång per ca 720 år och 1 gång per 900 år för respektive fall A, B och C.

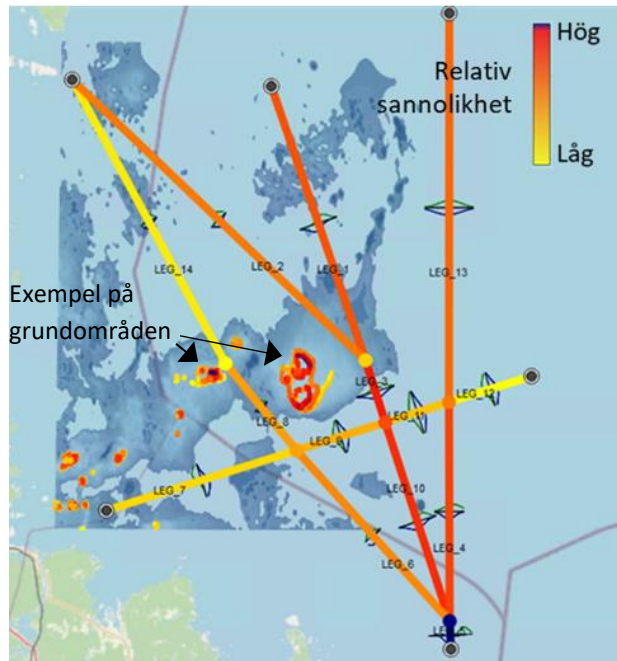
Den beräknade sannolikheten för grundstötning är lägre i fallet med vindkraftpark (B) och fallet med en mindre utbredning av vindkraftpark (C) än i fallet utan vindkraftpark (A). Detta dels eftersom en del fartyg som driver långt i modellen kommer att allidera med vindkraftparken istället för att grundstöta när vindkraftparken introduceras. Att grundstötningarna minskar i fallen med vindkraftpark beror också på att fartygstrafiken passerar längre ifrån grundområdena när vindkraftparken är etablerad. Skillnaden i olycks sannolikhet är stor vad gäller grundstötning, dock med utgångspunkt från ett väldigt lågt värde. I trafikscenario 1 och fallet utan vindkraftpark (A) beräknas en grundstötning ske en gång på ca 4 000 år, medan det vindkraftpark beräknas ske en grundstötning på 6 700 år för fall B och en gång på 6 200 år för fall C.

Beräkningarna för trafikscenario 1, fall B, visar att en allision med vindkraftparken kan förväntas ske en gång på ca 62 år. För fall C är returperioden för allision ca 67 år.

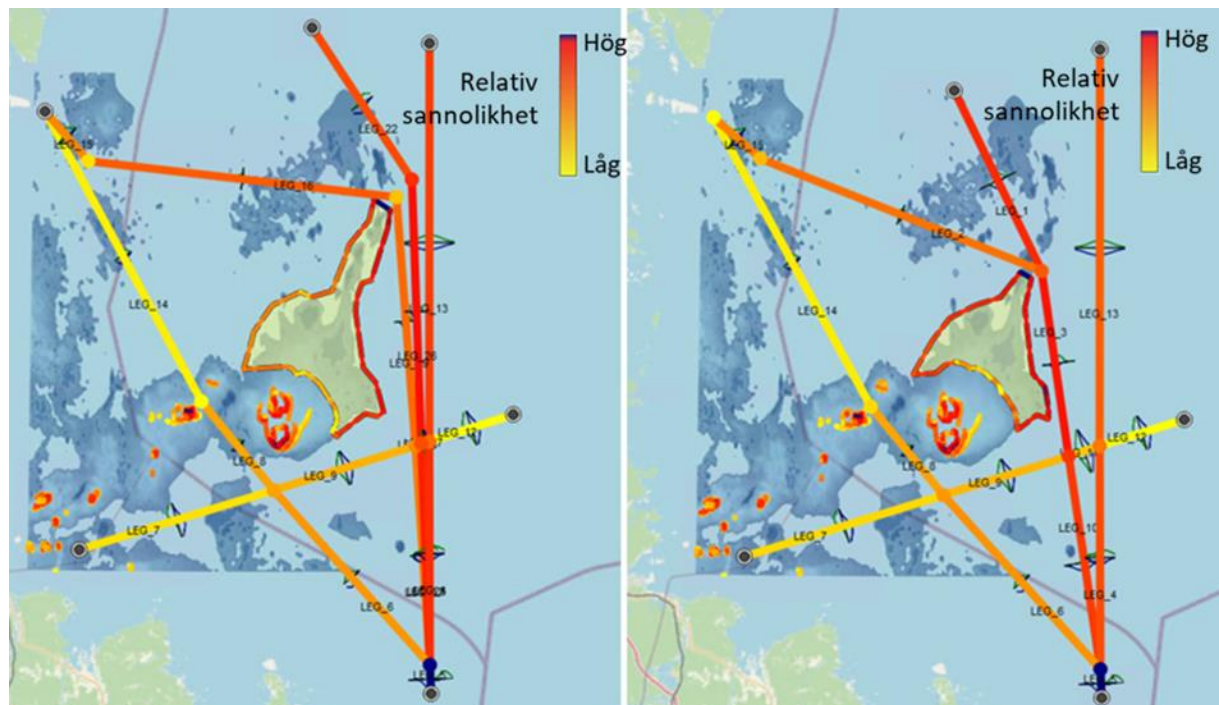
Figur 5.5 och Figur 5.6 visar IWRAP-illustrationer som indikerar vid vilka *leg* och *waypoints* som sannolikheten för kollision är som högst samt utmed vilken del av vindkraftsparken som sannolikheten för en allision är högst. I färgskalan, blå-röd-gul, som används i illustrationerna

¹¹ Returperiod: returperiod = 1/incidentsannolikhet

representerar mörkblå det område som är mest utsatt, därefter rött och slutligen gul det som är minst. Färgskalan är relativ inom varje IWRAP-beräkning, dvs en viss färg kan vara kopplad till olika absolutbelopp på frekvenser i olika körningar. I illustrationerna syns också grundområden med olycks sannolikheten indikerad i samma färgskala.



Figur 5.5 Färgkodad illustration av beräknad sannolikhet för scenario 1, fall A. Färgskalan är relativ där det leg (färgade streck i gult, orange, rött och blått), den waypoint (ifylld cirkel, färgad eller svart) respektive det grundområde med högst sannolikhet för kollision markeras i blått.



Figur 5.6 Färgkodad illustration av beräknad sannolikhet för scenario 1, fall B till vänster och fall C till höger. Färgskalan är relativ där det leg (färgade streck i gult, orange, rött och blått), den waypoint (ifylld cirkel, färgad eller svart), den del (yttre gräns) av vindkraftparken med högst sannolikhet för kollision/allision, respektive det grundområde med högst sannolikhet för grundstötning, markeras i blått.

Högst sannolikhet för allision är det vid den nordliga spetsen/kanten, både i fall B och fall C. Sannolikheten för kollision i närområdet är störst syd-sydväst om vindkraftparken där trafiken går ihop i Södra Kvarnen och där trafikintensiteten är som högst, i en position som inte påverkas av etableringen av vindkraftparken. Nordost om norra spetsen ökar sannolikheten för kollision något i fall C jämfört med fall B, eftersom det i fall C endast finns en antagen girpunkt både för trafiken som går till från Iggesund och till och från Sundsvall.

5.2 Uppskattning av sannolikhet för övriga identifierade faror

I samband med haziden identifierades ett fåtal faror, vilka inte direkt antas innebära kollision, grundstötning eller allision och därmed inte kan kvantifieras och beräknas med IWRAP.

5.2.1 Störningar på marin radar

Fartyg som passerar nära vindkraftparken riskerar att få radarstörningar. Två olika radartyper används; S-band, som har en våglängd på 10 cm, och X-band som en kortare våglängd, 3 cm. För navigering i tätt trafikerade och begränsade områden används X-band mestadels, för bättre upptäckt av det som rör sig i närområdet. S-band är mer av en översiktsradar, men nödvändig för en tidig upptäckt.

När ARPA (Automatic Radar Plotting Systems) används för att följa radarmål i närheten av en vindkraftpark, exempelvis ett mindre fartyg som passerar genom vindkraftparken, kan ARPAn tappa sin plot och i stället hoppa till ett annat mål, s.k. "target swop". Även möjligheten att följa ett radarmål och få viktiga data om CPA¹² och TCPA¹³ går då förlorad. Studier har visat att särskild försiktighet bör iakttas vad gäller pulslängd, val av räckvidd och förstärkning upp till 1,5 M från vindkraftparken för att minimera radarstörningar. Interaktion mellan turbiner och fartygsradar kan generera falska ekon och radarklutter kan då uppstå på samma avstånd från fartyget som vindkraftverket. (PIANC, 2018).

Enligt PIANC kan passage av vindkraftparken på ett avstånd mindre än 1,5 M (2 778 m) innebära att störningar på fartygsradarns S-band uppstår, vilket enligt PIANC utgör en medelhög risk eftersom detta kan innebära s.k. "small target loss". Detta kan exempelvis leda till att mindre båtar eller andra mindre hinder inte syns på radarn och därmed upptäcks för sent. Vid passage på ett avstånd mindre än 0,25 M (ca 500 m) kan även störningar på radarns X-band uppstå, vilket kan medföra spökekon, eller så kallade falska ekon, vilket enligt PIANC utgör en mycket hög risk.

Exakt vilka och hur mycket störningseffekter som uppstår beror på flera saker. Troligtvis ger ett ökat avstånd mellan turbiner en mindre påverkan, medan större vindkraftverk troligtvis ger en viss ökning i störningseffekt. Hur mycket störningar som uppstår beror också på var det enskilda fartyget har sin radar placerad (L.S.Rashid, 2007). Vad den faktiska radarstörningseffekten blir i en vindkraftpark med stora vindkraftverk, men med ett större avstånd mellan varje vindkraftverk, behöver modelleras och studeras för varje enskild vindkraftpark för att kunna fastställas.

Det kan inte med säkerhet sägas hur fartygen kommer att röra sig runt vindkraftpark Fyrskippet, men de flesta fartygen förutsätts att passera på ett tillräckligt avstånd från vindkraftsparken för att störningar på X-band inte ska uppstå. Dock kan störningar på S-band uppstå, vilket enligt PIANC bedöms som en medelhög risk. Eventuella radarstörningseffekter blir mest kritiska i samband med girpunkter och precis vid vindkraftpark Fyrskippet nordostligaste spets kan trafiken komma att passera nära. Detta skulle kunna leda till svårigheter att exempelvis upptäcka nordgående fartyg på stråket öster om vindkraftparken

¹² CPA: Closet Point of Approach. Beräknat minsta passageavstånd, från radar till mål.

¹³ TCPA: Time to Closet Point of Approach: Tiden till minsta passageavstånd, om ingen åtgärd vidtas.

för fartyg som kommer västerifrån norr om vindkraftsparken, vilket skulle kunna medföra ett scenario med risk för kollision.

5.2.2 Svårigheter att bekämpa ett eventuellt utsläpp

Vindkraftverken kan försvåra framkomligheten och begränsa tillgängligheten inom etableringsområdet. Skulle ett utsläpp av olja ske i närheten av vindkraftsparken kan begränsning och upptagning av samma utsläpp försvåras genom att Kustbevakningens fartyg inte kan agera fritt i området.

I närheten av vindkraftspark Fyrskeppet finns ett antal trafikerade fartygsstråk, där flera olika fartygstyper är representerade. Tankfartyg är vanligt förekommande, men även andra fartyg har olja ombord i form av bunker och konsekvensen vid ett utsläpp från ett fartyg sydväst om vindkraftspark Fyrskeppet är att oljan sannolikt, på grund av de förhärskande västliga / sydvästliga vindarna, driver mot och genom vindkraftsparken. Fartygsstråket närmast sydväst om vindkraftspark Fyrskeppet har dock mycket låg trafikintensitet.

Vid ett utsläpp på östra eller norra sidan av vindkraftspark Fyrskeppet skulle oljan i de flesta fall driva längre ut till havs i stället för mot vindkraftsparken och sannolikheten för att vindkraftspark Fyrskeppet påverkar möjligheterna för en bekämpning av utsläppet är då lägre.

Sannolikheten för att ett större utsläpp sker inom vindkraftsparken bedöms vara mycket liten, eftersom vindkraftsparken förutsätts trafikeras främst av service- och underhållsfartyg. Komponenter i vindkraftverken som innehåller olja/kemikalier kommer att vara utrustade med uppsamlingskärl eller liknande konstruktioner för att säkerställa att inget kan komma ut i havet vid exempelvis underhåll eller vid en skada på strukturen.

5.2.3 Service- och underhållstrafik

Under driftfasen kommer vindkraftsparken medföra tillkommande trafik i form av service- och underhållsfartyg till och från vindkraftsparken. Vilken hamn dessa fartyg kommer att utgå ifrån är inte fastslaget, men för analysen antas Gävle hamn utgöra servicehamn. Service- och underhållsfartygen kommer då att korsa det mindre fartygsstråket som sträcker sig sydväst om vindkraftsparken för att ta sig till och från området, vilket innebär risk för kollisioner mellan dessa fartyg och trafiken på fartygsstråket. På det aktuella trafikstråket går, baserat på AIS-data från 2021, 263 fartyg per år.

Baserat på uppgifter från Fyrskeppet Offshore AB kommer servicetrafik att gå ut till vindkraftsparken för avhjälpande service 128 gånger per år och alltså korsa ovan nämnda fartygsstråk 256 gånger per år.

Tabell 5.3 visar sammanställning av antaganden och beräkningar för uppskattning av sannolikheten för ett scenario där service- och underhållsfartyg och fartyg på fartygsstråket är på korsande kurs med varandra.

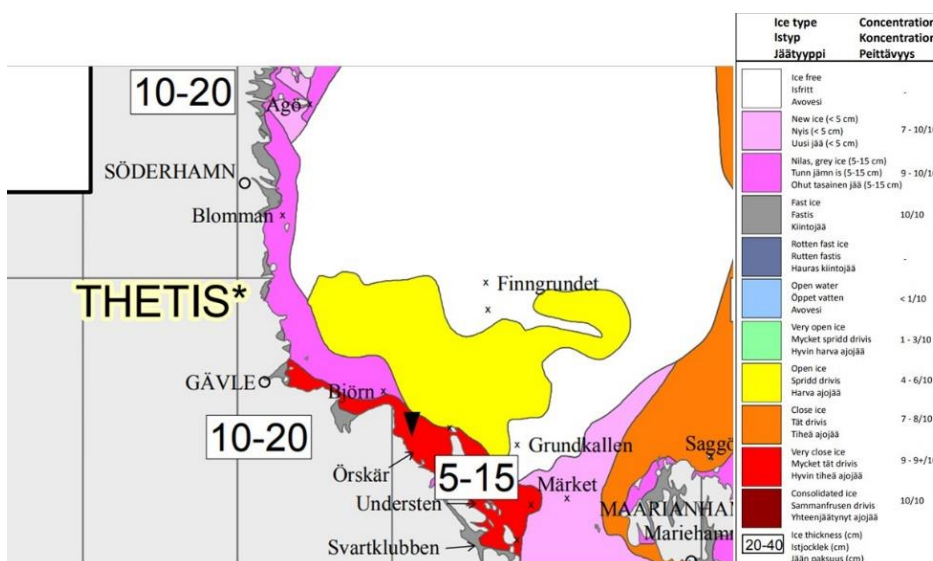
Tabell 5.3 Sammanställning av uppskattande beräkningar för korsande kurser mellan service- och underhållsfartyg och fartyg på stråket sydväst om vindkraftpark Fyrskepet.

A: Servicefartyg som korsar fartygsstråk sydväst om vindkraftpark Fyrskepet		B: Fartyg på stråk sydväst om vindkraftpark Fyrskepet	
Längd (m)	50	Längd (m)	200
Hastighet (knop)	15	Hastighet (knop)	12
Antal passager per år	256	Antal passager per år	263
A exponerar sig för att bli påseglad av B under sammanlagt (min/år)		28	
B exponerar sig för att bli påseglad av A under sammanlagt (min/år)		142	
Sannolikhet att B håller korsande kurs mot A (tillfällen/år)		0,014	
Sannolikhet att A håller korsande kurs mot B (tillfällen/år)		0,069	
Sammanlagd sannolikhet för korsande kurser mellan A och B (tillfällen/år)		0,083	

På grund av den låga trafikintensiteten är kollisionssannolikheten mycket låg även med tillkommande servicefartyg. Baserat på beräkningarna i Tabell 5.3 kan en situation där ett service- och underhållsfartyg är på kollisionkurs med fartyg på stråket sydväst om vindkraftpark Fyrskepet förväntas uppstå ca 1 gång per 12 år. Denna sannolikhet skall dock ej förväxlas med sannolikheten för kollision, eftersom fartygen i en plats av korsande trafikflöden förutsätts iaktta gällande sjövägsregler och att det väjningskyldiga fartyget justerar kurs eller fart så att en närsituation undviks. Service- och underhållsfartygen antas vara relativt snabbgående och ha god manöverförmåga, vilket gör att de antas ha goda förutsättningar att kunna undvika en potentiell kollision med ett fartyg på fartygsstråket.

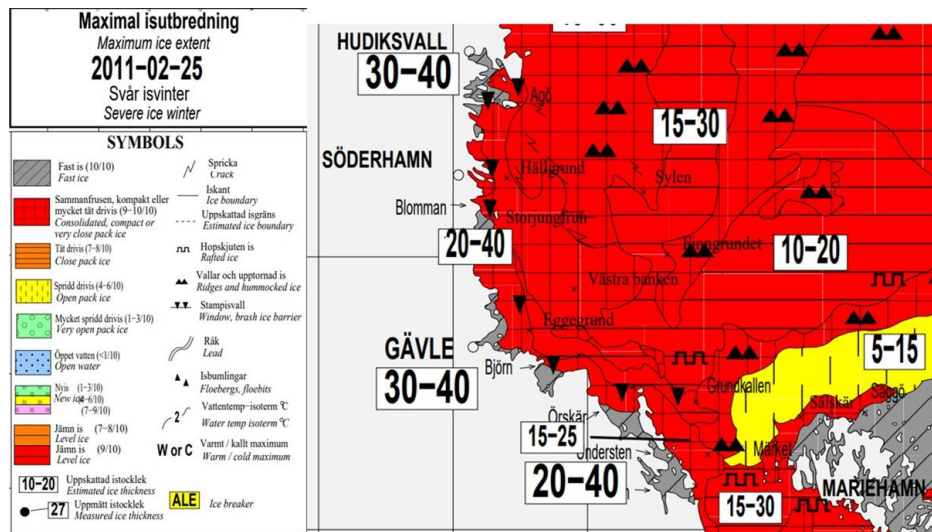
5.2.4 Sjötrafik vid isvinter och påverkan på isbrytning

Området för vindkraftparken kan vintertid tidvis vara isbelagt. En normal isvinter kan isutbredningen se ut enligt Figur 5.7 (maximal isutbredning 2018) och vindkraftpark Fyrskepet påverkar i ett sådant scenario sannolikt inte möjligheterna till effektiv isbrytning.



Figur 5.7 Maximal isutbredning en normal isvinter (5 mars 2018) (SMHI, 2018). Vindkraftpark Fyrskepet är lokaliserad strax nordost om Finngrundet.

Dock finns det osäkerhetsfaktorer i hur is beter sig runt och inom en vindkraftpark samt hur en eventuell isdrift påverkas av vindkraftparken. En svår isvinter, som senast inträffade 2011 i det aktuella området, kan isutbredningen se ut som i Figur 5.8.



Figur 5.8 Maximal isutbredning en svår isvinter (25 februari 2011) (SMHI, 2011). Vindkraftpark Fyriskeppet är lokaliserad strax nordost om Finngrundet.

En svår isvinter skulle isbrytarna behöva, vid assistans av fartyg in till exempelvis Gävle, behöva ta en rutt norr om vindkraftpark Fyriskeppet. Detta innebär att transitiderna för isbrytarna påverkas och således fartygens möjlighet till isbrytarassistans utan avsevärd fördröjning. En sådan fördröjning är primärt en kommersiell risk och inte en risk för olycka.

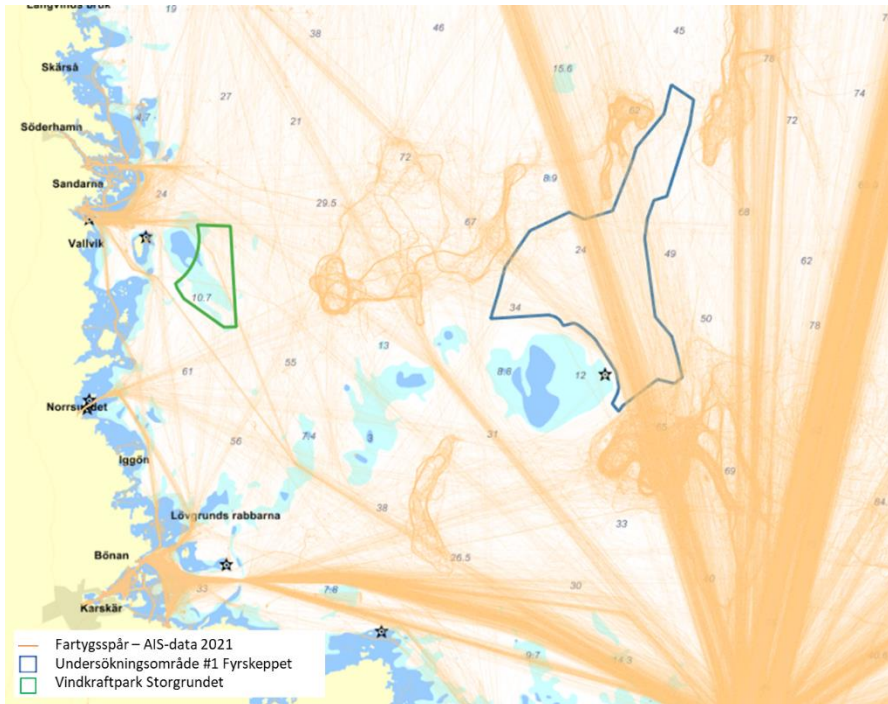
Vid tillfällen med havsis runt och inom området kan fartyg som har fått blackout och driver med isen fastna inom vindkraftparken. Isbrytare kommer inte att gå in i vindkraftparken så länge rotorbladen snurrar, dessa kan dock stoppas med kort varsel. Huruvida isbrytarna kommer att kunna assistera ett fartyg som ligger fast inne i området för vindkraftparken är idag inte säkerställt, men avståndet mellan vindkraftverken är relativt stort, ca 1,1 – 1,6 M (2 - 3 km). Om assistansen försenas kan dock skador på fartygen uppstå.

Atmosfärisk nedisning kan uppstå på rotorblad. Sannolikheten för att ett fartygs ska träffas av eventuellt iskast från rotorbladen bedöms dock som mycket låg. Fartygen passerar i normalfallet på ett tillräckligt avstånd från vindkraftparken för att ligga utanför iskastets möjliga räckvidd.

Påverkan på utmärkning för sjöfarten pga havsis, såsom RACON-bojar som dras in och ersätts av enklare utmärkning, kan leda till en ökad sannolikhet för felnavigering och en ökad sannolikhet för allision. Sannolikheten bedöms som mycket låg då vindkraftverken i sig också syns tydligt.

5.2.5 Kumulativa effekter

I området kring vindkraftpark Fyriskeppet finns andra vindkraftparker planerade, det är dock endast vindkraftpark Storgrundet som är tillståndsgiven, se Figur 5.9.



Figur 5.9 Planerade vindkraftparker Storgrundet och Fyrskeppet.

Trafik som trafikerar väster om Storgrundet, exempelvis Vallvik, och som idag passerar genom utredningsområdet för vindkraftpark Fyrskeppet kommer att behöva välja en ny rutt. Denna rutt kommer med största sannolikhet att gå norr om Fyrskeppet, då rutten söder om Fyrskeppet och Finngrundet inte heller väljs idag då den endast nyttjas av små fartyg (upp till 150 m långa, men merparten med en längd på omkring 100 m). Fartygen som idag passerar genom utredningsområdet på sin väg till/från Vallvik påverkas genom en rutförlängning på ca 20 M, vid ny rutt norr om vindkraftpark Fyrskeppet. Trafiken som omfattas är mycket ringa, ca 1 fartyg varannan dag.

Kumulativa effekter som eventuellt uppstår om andra vindkraftparker byggs i närheten av vindkraftpark Fyrskeppet bör bedömas separat om ett sådant scenario uppstår. Av planerade men ej tillståndgivna närbelägna vindkraftparker utvecklas även vindkraftpark Eystrasalt av Skyborn Renewables och skulle kumulativa effekter uppstå pga vindkraftpark Fyrskeppet i kombination med Eystrasalt finns möjligheter till anpassning för att minska effekten. Eystrasalt ligger dock ca 15 M nordnordost om vindkraftpark Fyrskeppet och bedöms inte påverka trafiken som påverkas av vindkraftpark Fyrskeppet.

5.3 Uppskattning av konsekvenser

Konsekvenserna vid en kollision mellan fartyg bedöms kunna bli allvarigare än vid en grundstötning eftersom en kollision kan ske med högre relativ hastighet och orsaka större skador på de fartyg som är inblandade, jämfört med grundstötning som i de flesta fall kommer att ske i låg fart. En kollision kan även bland annat leda till ett brandscenario, detta är mindre troligt vid en grundstötning. Fartyget kan också få stora stabilitetsproblem med förlisning som följd. Eventuell bärgning av fartyg som har förlit försvåras avsevärt om detta ska göras på djupt vatten jämfört med om detta behöver ske till följd av en grundstötning. Även eventuella utsläpp av last eller fartygsbränsle riskerar att bli större vid en kollision jämfört med vid en grundstötning. Störst konsekvenser kan förväntas uppstå vid en kollision där ett fartyg kör in i sidan av ett annat, vilket kan ske vid s.k. crossing-, merging- och bend collision.

Konsekvenserna vid en allision med vindkraftparken, dvs. interaktion med parkområdet, kommer i de flesta fall inte bli allvarlig, endast i de fall interaktionen med vindkraftparken

leder till en faktisk allision med ett av vindkraftverken. En *powered allision*, dvs. när ett fartyg seglar in i vindkraftparken, bedöms medföra allvarigare konsekvenser än *drifting allision* eftersom *drifting allision* sker med en låg hastighet, ca 1 knop, medan en *powered allision* kan antas ske med en hastighet på ca 10 - 15 knop.

Konsekvenserna för respektive fara kan inte uppskattas kvantitativt, i stället har konsekvenserna för respektive fara endast bedömts kvalitativt där olika typer av konsekvenser jämförs med varandra. Dessa bedömningar omfattas av Hazid-protokollet i bilaga 1. Bedömningarna är gjorda på en femgradig skala där konsekvenser i form av kollision har bedömts till 5, fartyg seglar in i vindkraftparken (*powered allision*) till 4 och fartyg driver in i vindkraftparken (*drifting allision*) till 3. Avsnitt 5.3.1 – 5.3.2 beskriver aspekter som beaktats vid bedömning av konsekvenser.

5.3.1 Säkerhetsavstånd för undanmanöver

För fartygstråken runt vindkraftpark Fyrskeppet utgör en fartygslängd på 200 m 98,5-percentilen, dvs. endast ca 1,5 % av fartygen som passerar har en längd större än 200 m. Om 200 m långa fartyg antas vara dimensionerande för stråket norr och öster om vindkraftparken krävs ett avstånd på 1,2 M mellan vindkraftparken och trafiken för att möjliggöra en 360-gradersgir.

Utmed stora delar av vindkraftparken antas avståndet till närmaste fartygsstråk bli större än 1,2 M. Fartyg kan dock passera vindkraftpark Fyrskeppet på ett avstånd mindre än 1,2 M. I första hand antas detta kunna ske vid passage av vindkraftpark Fyrskeppets nordöstra spets där en ny girpunkt uppstår. Vilket avstånd som fartyg väljer att hålla från vindkraftparken är upp till varje enskild befälhavare, men det bedöms rimligt att anta ett avstånd på ca 0,5 – 1 M kommer att planeras för i fartygens ruttplanering. Det finns dock utrymme norr om spetsen för att kunna passera på ett större avstånd.

En 360-gradersgir åt styrbord antas i första hand kunna utgöra en undanmanöver för att undvika en *head-on collision*, alternativt för att undvika en *crossing* eller *merging collision*, om ingen annan åtgärd, som kursändring eller fartminskning, har avhjälpt situationen. Konsekvensen av ett mindre avstånd än vad som är tillräckligt för en 360-gradersgir kan eventuellt leda till en kollision om ett fartyg väljer att inte göra en undanmanöver i en situation där två fartyg befinner sig på kollisionskurs. Alternativt kan det leda till att manövern misslyckas och att en kollision därmed inte undviks, eller att en allision med vindkraftparken sker.

Trafikintensiteten i området är låg och även om all trafik som går inom området för planerad vindkraftpark Fyrskeppet idag skulle gå på ett samlat stråk öster om området rör det sig om ca sju fartyg per dag och sannolikheten för behov för undanmanöver i form av en 360-gradersgir bedöms som mycket låg. Sträckan där ett avstånd mindre än 1,2 M till vindkraftparken möjligen kan uppstå är också mycket kort.

Genom en sammanvägning och olika kriterier för säkerhetsavstånd samt flera generella guidelines, exempelvis PIANC:s riktlinjer (PIANC, 2018) och brittiska riktlinjer (Maritime & Coastguard Agency, 2021), har SSPA/RISE tagit fram en klassificering för att bedöma säkerhetsavstånd och jämföra säkerhetsavstånd mellan olika vindkraftparker, se Tabell 5.4. Klassificeringen i tabellen utgör grund för bedömning av säkerhetsavstånd men för slutlig bedömning av säkerhetsavstånd för den specifika vindkraftparken vägs även lokala förutsättningar in, exempelvis eventuella girpunkter i närhet till vindkraftparken där ”peka-på-kurser” uppstår, närhet till område med korsande fartygsstråk, vindkraftparkens storlek och utmed hur lång sträcka fartyg passerar nära parken, förhärskande vindriktning och därigenom trolig drifriktning samt vattendjup och förutsättningar för nödankring.

Tabell 5.4 Klassificering för bedömning av säkerhetsavstånd.

Säkerhetsavstånd (M)	Bedömning
0–0,5 M	Oacceptabelt, eventuellt undantag för stråk med extremt låg trafikintensitet (mindre 300 passager/år)
0,5 M-1 M	Litet/Mycket litet - eventuellt acceptabelt för stråk med mycket låg trafikintensitet (mindre än 2 000 passager/år)
1 M-1,5 M	Acceptabelt beroende på trafikintensitet samt fartygsstorlek
1,5 M-2 M	Tillräckligt/acceptabelt, i linje med PIANC
över 2 M	Stort säkerhetsavstånd

Baserat på tabellen kan avstånden mellan området för planerad vindkraftpark Fyrskippet och kringliggande fartygsstråk anses vara acceptabla. Trafiken har utrymme att passera på avsevärt större avstånd än 1 M (där de inte begränsas av grundområden, vilket de gör sydväst om vindkraftpark Finngrundet oaktat vindkraftpark) och det finns heller ingen anledning för fartygen att passera avsevärt mycket närmare med tanke på vilka ruttor och hamnar fartygen i området trafikerar. Det finns inte heller några korsande fartygsstråk i direkt närhet, vilket också bidrar till att begränsa sannolikheten för en kollisionsavvärjande manöver där vindkraftparken kan utgöra ett hinder. För ett fartyg sydväst om vindkraftparken som fått blackout och driver, är vinden missgynnsam pga den förhärskande vindriktningen från västsydväst – väst, och innebär att fartyget skulle driva mot vindkraftparken. Dock upptar Finngrundet till stora delar ytan mellan fartygsstråket och vindkraftparken, vilket gör att sannolikheten för en allision bedöms som låg, pga att ett drivande fartyg i stället går på grund.

5.3.2 Nödankring

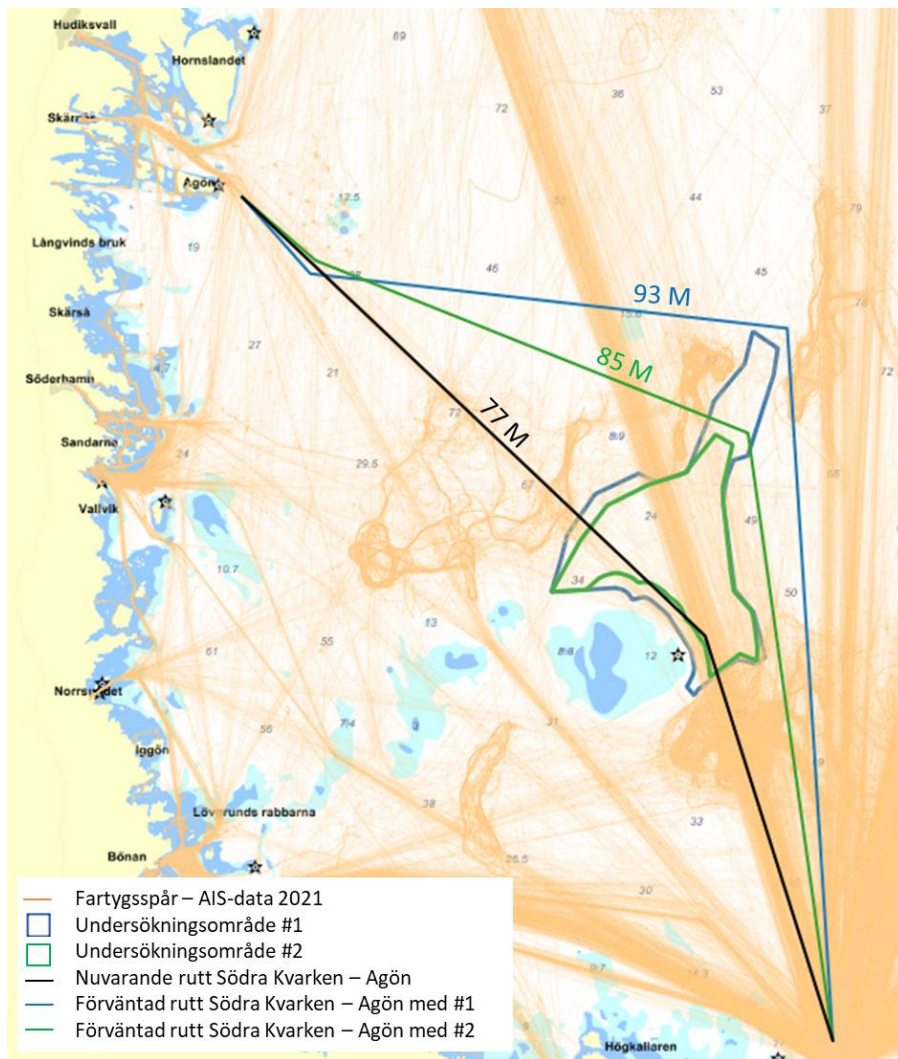
Nödankring utgör ofta den sista åtgärden för att försöka stoppa upp fartyget och förhindra att fartyget driver på grund, alternativt driver in i vindkraftparken. Innan försök till nödankring sker kommer försök att återstarta maskin att göras. De flesta fartyg som drabbas av blackout återfår manöverförmågan relativt snabbt, uppskattningsvis kan ca 50 % antas lyckas återfå manöverförmågan inom 15 min (Rasmussen, o.a., 2012). Förutsatt hård vind kan fartyget antas driva med hastighet av 1,5 knop vilket innebär att 50 % av fartygen kommer att hinna återfå manöverförmågan innan de har drivit 700 m (0,4 M).

Om manöverförmågan inte återfås tillräckligt fort och fartyget driver mot vindkraftparken kommer troligen försök till nödankring att ske. Möjligheterna till en lyckad nödankring påverkas av vattendjupet och på djup större än 50 m är möjligheterna små. Öster om vindkraftpark Fyrskippet är vattendjupet mellan vindkraftparken och det närmaste fartygsstråket ca 40 – 80 m, vilket innebär att det kan vara svårt att lyckas nödankra innan ett drivande fartyg når vindkraftparken. Rådande vindar skulle dock i de flesta fall driva fartyg i riktning bort från vindkraftparken. Sydväst om vindkraftpark Fyrskippet är förutsättningarna för nödankring goda i och med ett mindre vattendjup. Mellan fartygsstråket och djupkurvan runt Finngrundet som indikerar vattendjup mindre än 20 m är avståndet ca 1 M. Med ett avstånd på ca 1 M mellan fartygsstråket och Finngrundet kan fartygen i en situation med ogynnsamma vindförhållanden och en drifhastighet på 1,5 knop antas ha ca 40 min på sig att hinna återfå manöverförmågan alternativt hinna nödankra innan fartyget driver på grund. Nödankring innebär en snabb och i många fall en relativt okontrollerad procedur med stora krafter. Detta kan göra att problem uppstår, exempelvis med kättingwischen eller bromsen på ankarspelet, och att kättingen lossnar, vilket då omintetgör chanserna att få stopp på fartyget. Risken för grundstötning finns dock redan idag och påverkas inte av etableringen av vindkraftpark Fyrskippet.

5.3.3 Rutförlängningar för fartygstrafik

Vindkraftspark Fyrskepet kommer att innebära att fartygstrafiken som idag går på rutter genom det planerade projektområdet kommer att behöva gå på nya rutter, utanför vindkraftsparken. För trafik på stråket mellan Södra Kvarken och Agön samt trafik på stråket mellan Södra Kvarken och Sundsvall kommer detta innebära längre rutter och därmed en ökad bränsleförbrukning samt ökade utsläpp av CO₂. En ökad bränsleförbrukning innebär också ökade bränslekostnader för de berörda fartygen.

För fartygstrafiken mellan Södra Kvarken och hamnarna innanför Agön innebär en vindkraftspark enligt alternativ 1 en rutförlängning på 16 M, och med en vindkraftsetablering enligt alternativ 2 en rutförlängning på 8 M, se Figur 5.10.



Figur 5.10 Dagens trafikmönster med nuvarande rutt mellan Södra Kvarken och Agön samt förväntade rutter med vindkraftspark enligt alternativ 1 och 2.

Baserat på passagestatistiken för passagelinje 5 (se Figur 2.2) trafikerades sträckan av totalt 237 handelsfartyg under 2021 (fiskebåtar, 19 passager, och övriga fartyg, 7 passager, exkluderade). Tabell 5.5 visar uppskattad årlig ökning av bränsleförbrukning samt den ökning av utsläpp av CO₂ som den ökade bränsleförbrukningen motsvarar. För beräkningarna har för respektive fartygskategori ett typfartyg identifierats baserat på passagestatistiken för linje 5. Beräkningarna baseras på data för genomsnittlig bränsleförbrukning (kg bränsle/M) samt

årsgenomsnitt för CO₂-utsläpp (kg CO₂/M) som rapporterats enligt MRV-direktivet¹⁴ för respektive typfartyg.

Tabell 5.5 Uppskattning av ökad bränsleförbrukning samt ökade CO₂-utsläpp till följd av rutförlängningar mellan Södra Kvarken och Agön med vindkraftpark Fyrskippet för utbredning enligt alternativ #1 samt alternativ #2.

	Antal resor per år	Typfartyg	Bränsleförbrukning (kg/M)	Emissioner (kg CO ₂ /M)	Ökning bränsleförbrukning (kg /år)		Ökning CO ₂ -utsläpp (kg CO ₂ /år)	
					#1 (16 M)	#2 (8 M)	#1 (16 M)	#2 (8 M)
General cargo	74	Americaborg	70,22	223,56	83 140	41 570	264 695	132 348
Bulk	7	Ishizuchi Star	73,86	233,86	8 272	4 136	26 192	13 096
Tanker	21	Caroline Essberger	50,88	163,12	17 096	8 548	54 808	27 404
Ro-Ro	116	SCA Östrand	78,26	243,99	145 251	72 625	452 845	226 423
Totalt	218				252 528	126 264	794 662	397 331

Den ökade bränsleförbrukningen innebär också ökade kostnader för bränsle, Tabell 5.6 redovisar uppskattning av ökade bränslekostnader för respektive typfartyg per resa mellan Södra Kvarken och Agön på grund av vindkraftpark Fyrskippet. Uppskattningarna baseras på ett bränslepris av 7,18 SEK/kg vilket motsvarar ett ungefärligt genomsnittligt pris för MGO samt ULSFO i Rotterdam under de senaste åren tre åren (Ship & Bunker, 2023).

Tabell 5.6 Uppskattad ökning av bränslekostnad för fartyg mellan Södra Kvarken och Agön till följd av vindkraftpark Fyrskippet.

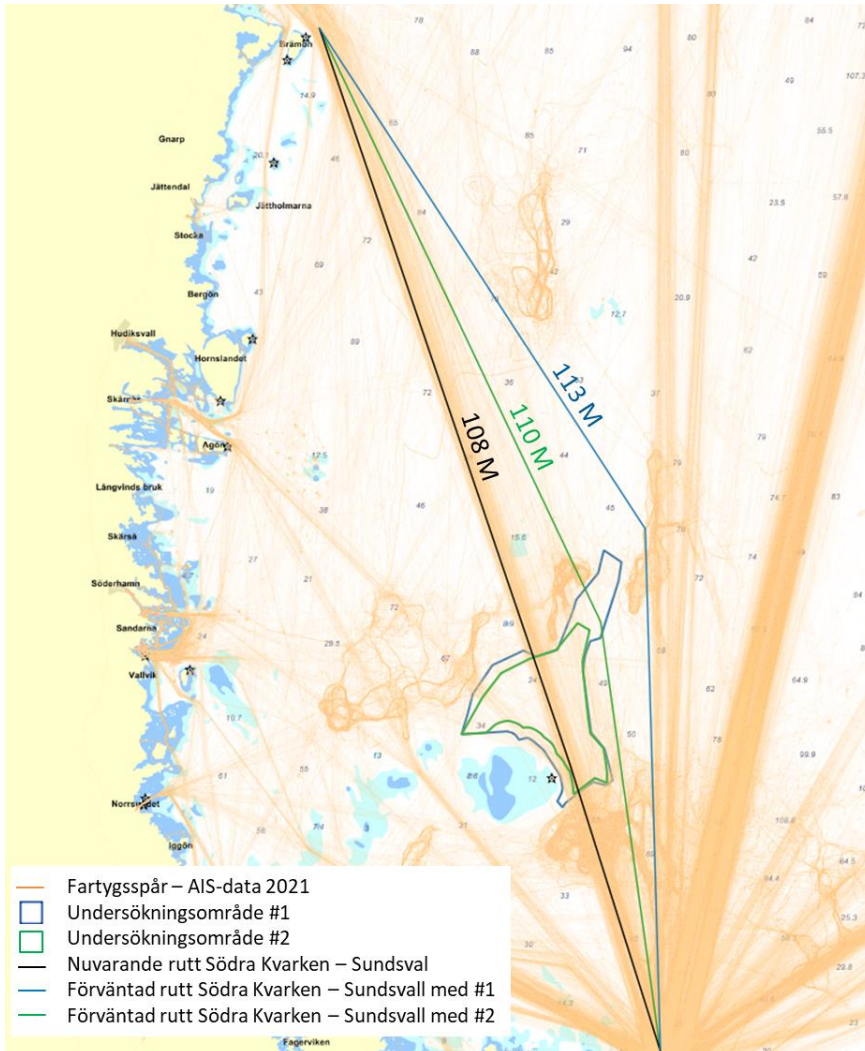
	Ökad bränslekostnad per resa (SEK/resa)	
	#1 (16 M)	#2 (8 M)
General cargo	8 067	4 033
Bulk	8 485	4 243
Tanker	5 845	2 923
Ro-Ro	8 991	4 495

Vid en exempelfart om 15 knop motsvarar ovan omdirigeringar en restidsförlängning på ca en timme respektive ca en halvtimme, för sträckan från Södra Kvarken till Agön. Den faktiska betydelsen av en viss ruttidsförlängning varierar med varje fartygs rutt. För fartyg i linjetrafik med ett snävt tidschema kan en timmes restidsförlängning ha betydelse, och kan möjligen innebära krav på en något ökad fart för att hålla tidtabell och därmed en något högre bränsleförbrukning. Sett ur perspektivet med en rundresa till flera hamnar över tre veckors tid (för linjetrafiken som anlöper hamnarna innanför Agön) torde en timmes restidsförlängning vara mindre kännbar, och flera faktorer spelar roll för en rundresas totala tidsåtgång, exempelvis väder och tid för hamnoperation.

¹⁴ Monitoring, reporting and verification (MRV) [Regulation 2015/757 \(as amended by Delegated Regulation 2016/2071\)](#)

För fartygstrafiken mellan Södra Kvarken och Sundsvall innebär vindkraftpark Fyrskippet en rutförlängning på 5 M respektive 2 M för utbredning #1 och #2, se Figur 5.11.

För denna trafik blir förlängningen ca 5 M respektive ca 2 M. Restidsförlängningen för dessa sträckor blir ca 20 minuter respektive ca 8 minuter vid exempelfarten 15 knop.



Figur 5.11 Dagens trafikmönster med nuvarande rutt mellan Södra Kvarken och Sundsvall samt förväntade rutter med vindkraftpark enligt alternativ 1 och 2.

Baserat på passagestatistiken för passagelinje 1 (se Figur 2.2) trafikerades sträckan av totalt 1 277 handelsfartyg under 2021 (fiskebåtar, 82 passager, och övriga fartyg, 37 passager, exkluderade). På motsvarande sätt som för trafiken mellan Södra Kvarken och Agön har den ökade bränsleförbrukningen samt ökningen av CO₂-utsläpp till följd av vindkraftpark Fyrskippet uppskattats, se Tabell 5.7. Ökade bränslekostnader per resa för respektive typfartyg som trafikerar stråket mellan Södra Kvarken och Sundsvall redovisas i Tabell 5.8.

Tabell 5.7 Uppskattning av ökad bränsleförbrukning samt ökade CO₂-utsläpp till följd av rutförlängningar mellan Södra Kvarken och Sundsvall med vindkraftpark Fyrskeppet för utbredning enligt alternativ #1 samt alternativ #2

	Antal resor per år	Typfartyg	Bränsleförbrukning (kg/M)	Emissioner (kg CO ₂ /M)	Ökning bränsleförbrukning (kg /år)		Ökning CO ₂ -utsläpp (kg CO ₂ /år)	
					#1 (5 M)	#2 (2 M)	#1 (5 M)	#2 (2 M)
Container	60	X Press Elbe	76,15	244,13	22 845	9 138	73 239	29 296
General cargo	776	Jutland	38,84	124,52	150 699	60 280	483 138	193 255
Bulk	45	Sunnanvik*	61,52	195,64	13 842	5 537	44 019	17 608
Tanker	175	Kiisla	70,02	224,48	61 268	24 507	196 420	78 568
Passenger	3	Hanseatic Nature	87,17	279,48	1 308	523	4 192	1 677
Ro-Ro	211	SCA Östrand	78,26	15,68	82 564	33 026	16 542	6 617
Ro-Pax	7	Viking Cinderella	153,16	491,05	5 361	2 144	17 187	6 875
Totalt	1 277				337 886	135 154	834 737	333 895

*För frekventa bulkfartyg på rutten (i första hand cement carrier Envik) finns inte MRV-data med bränsleförbrukning tillgänglig, i stället baseras beräkningarna på liknande fartyg i samma storlek: Sunnavik.

Tabell 5.8 Uppskattad ökning av bränslekostnad för fartyg mellan Södra Kvarken och Sundsvall till följd av vindkraftpark Fyrskeppet.

	Ökad bränslekostnad per resa (SEK/resa)	
	#1 (5 M)	#2 (2 M)
Container	2 734	1 094
General cargo	1 394	558
Bulk	2 209	883
Tanker	2 514	1 005
Passenger	3 129	1 252
Ro-Ro	2 810	1 124
Ro-Pax	5 498	2 199

Med en utbredning av vindkraftpark Fyrskeppet enligt alternativ #1 uppskattas rutförlängningarna för fartygstrafiken innebära en ökning av CO₂-utsläppen med ca 1 600 ton per år, se Tabell 5.9. Med en utbredning enligt alternativ #2 uppskattas ökningen uppgå till ca 730 ton CO₂ per år.

Tabell 5.9 Sammanlagd årlig ökning av bränsleförbrukning samt CO₂-utsläpp för fartygstrafiken Södra Kvarken - Agön och Södra Kvarken - Sundsvall.

	Ökning bränsleförbrukning (kg /år)		Ökning CO ₂ -utsläpp (kg CO ₂ /år)	
	#1	#2	#1	#2
Södra Kvarken - Agön	252 528	126 264	794 662	397 331
Södra Kvarken - Sundsvall	337 886	135 154	834 737	333 895
Totalt	590 414	261 418	1 629 399	731 226

6 Riskvärdering

Sjötrafiken kring och genom det planerade vindparksområdet är fördelad på flera mindre fartygsstråk, men är sammantaget att betrakta som låg.

Vindkraftparkens etablering kommer att innebära att trafik som idag passerar genom vindkraftparkområdet kommer att behöva gå på en annan rutt, vilken troligen kommer att innebära nya girpunkter. Girpunkter innebär en viss risk för kollisioner och de nya rutterna kan därmed förväntas påverka sannolikheten för *bend collision*. I vindkraftpark Fyrskuppets fall innebär dock omdirigeringen att de fartyg på nordgående som idag girar åt nordnordväst vid Södra Kvarken för att gå upp genom området för vindkraftparken till exv. Iggesund respektive Sundsvall, inte kommer att gira som idag, utan i fall B i stället fortsätter i stort sett rakt norrut från Södra Kvarken för att gå runt vindkraftpark Fyrskuppet på norra sidan. I fall C blir den nya giren avsevärt mycket mindre än i dagsläget. Även om den samlade trafiken i Södra Kvarken bara indirekt påverkas av vindkraftparkens etablering slår justeringarna i giren för den omdirigerade trafiken igenom vad gäller den beräknade sannolikheten för *bend* och *merging collisions* och utslaget i olyckssannolikhet i IWRAP-beräkningarna påverkas procentuellt i stor omfattning. Vad gäller *bend* så tillkommer det även girpunkter, norr om vindkraftparken och sydost om Agön, men eftersom dessa girpunkter berör avsevärt mycket mindre trafik än det samlade trafikflödet i girpunkten vid Södra Kvarken, blir den minskade giren i Södra Kvarken den stora påverkande faktorn för den beräknade olyckssannolikheten. Även minskningen i *merging collisions* får en stor vikt i beräknade olyckssannolikheter. De tre (fall B), respektive två (fall C) fartygsstråk som initialt går från Södra Kvarken och norrut (eller till Södra Kvarken norrifrån) fördelar sig efter (innan) girpunkten med en sådan liten kursskillnad att *merging* minskar påtagligt i de beräknade olyckssannolikheterna. Detta gör att den totala beräknade kollisionssannolikheten minskar.

Det närmaste fartygsstråket sydväst om vindkraftpark Fyrskuppet ligger även sydväst om Finngrundet som till stora delar hindrar ett fartyg att komma in i vindkraftparken just här. På grund av förutsättningarna på stråket, med begränsat vattendjup och smala passager mellan grundområden, förväntas inte trafikmängden på detta stråk att öka relaterat till omdirigeringar av trafik som idag seglar genom undersökningsområdet. Däremot får trafiken öster om vindkraftparken ett tillskott i och med vindkraftparkens etablering, genom att den trafik som idag går genom vindkraftparken i stället seglar öster om och, för trafiken som ska in till ostkusten vid Agön, delvis norr om området.

Vindkraftparken förväntas också innebära att trafiken trängs ihop något på östra sidan om vindkraftparken, och det uppstår troligen ett nytt stråk med den omdirigerade trafiken, mellan vindkraftparken och den nord-sydgående trafik som idag passerar ca 4 M öster om vindkraftparken. Med flera närliggande stråk förväntas trafiken få mindre lateral spridning, vilket ökar sannolikheten för *head-on collision*.

Den beräknade sannolikheten för kollision i det modellerade området minskar totalt sett efter införandet av vindkraftparken, både för fall B och C, se tabell Tabell 6.1. Ökningen som sker vad gäller beräknad sannolikhet för *overtaking* och *head-on* är relativt stor men minskningen i *merging* och *bend* är större. Sannolikheten för kollision domineras av sannolikheten för *crossing collision*, vilken inte påverkas i nämnvärd omfattning av det förändrade trafikmönstret.

Tabell 6.1 Sammanställning och jämförelse av beräknad sannolikhet (incidenter/år) utan (A) respektive med undersökningsområde # 1 (B) och undersökningsområde # 2 (C) för scenario 1

SCENARIO 1	A. Utan vindkraftpark	B. Med vindkraftpark Alt # 1	C. Med vindkraftpark Alt # 2	Förändring Fall B jfr A (%)	Förändring Fall C jfr A (%)
Overtaking	2,37E-04	3,51E-04	2,74E-04	48%	16%
HeadOn	1,85E-04	3,21E-04	2,60E-04	74%	41%
Crossing	1,75E-04	1,79E-04	1,73E-04	2%	-1%
Merging	1,10E-04	2,49E-05	4,20E-05	-77%	-62%
Bend	5,79E-04	8,46E-05	2,05E-05	-85%	-96%
Total Collisions	1,29E-03	9,60E-04	7,69E-04	-25%	-40%

Utöver ett förändrat trafikmönster innebär vindkraftparken att en ny typ av risk introduceras i området, allision, vilket leder till att sammanlagda sannolikheten för någon typ av olycka eller incident i området ökar. Den beräknade sannolikheten för en allision är större än den för både grundstötning och kollision tillsammans, vilket innebär att den sammanlagda incidentsannolikheten ökar avsevärt när vindkraftparken introduceras. I scenario 1 blir den summerade sannolikheten ca 10 gånger högre i fall B och C jämfört med fall A, se Tabell 6.2. Detta motsvarar att returperioden (år mellan incidenter) går från 649 år i fall A till 58 år respektive 63 år för fall B och C, se Tabell 6.3.

I scenario 2 är den summerade sannolikheten för fall B och C ca 8 gånger högre än i fall A, alltså något mindre än i scenario 1. Detta eftersom trafikökningen på 20 % leder till att sannolikheten för kollision ökar med ca 44 %, medan sannolikheten för allision endast ökar med ca 20 %. I beräkningarna minskar sannolikheten för grundstötning något i fall B och fall C med vindkraftpark Fyrskippet. Detta beror till största delen på att en del av de fartyg som i beräkningar utan vindkraftpark driver långt och går på grund vid Finngrundet, nu i stället kommer att driva in i vindkraftparkområdet, dvs. en allision sker i stället.

Tabell 6.2 Sammanställning av beräknade incident-/olyckssannolikheter (incidenter/år) för fall A, B & C för respektive trafikscenario.

Trafikscenario	Beräkningsfall	Sannolikhet grundstötning	Sannolikhet allision	Sannolikhet kollision	Summerad sannolikhet	Ökning jfr med A (%)
1	A	2,50E-04	--	1,29E-03	1,54E-03	
	B	1,50E-04	1,60E-02	9,60E-04	1,71E-02	1011%
	C	1,62E-04	1,49E-02	7,69E-04	1,58E-02	928%
2	A	3,01E-04	--	1,85E-03	2,15E-03	
	B	1,80E-04	1,92E-02	1,38E-03	2,08E-02	865%
	C	1,94E-04	1,79E-02	1,11E-03	1,92E-02	793%

Tabell 6.3 Beräknade returperiod (år mellan incidenter) för respektive olyckstyp

Trafik-scenario	Beräknings-fall	Grundstötning	Allision	Kollision	Summerad returperiod
1	A	4 000	--	775	649
	B	6 667	63	1 042	58
	C	6 173	67	1 300	63
2	A	3 322	--		465
	B	5 556	52	725	48
	C	5 155	56	901	52

En allision (interaktion med vindkraftparkområdet) kan för scenario 1 fall B - *Med vindkraftpark Fyrskippet enligt undersökningsområde # 1* - förväntas ske en gång på ca 62 år och en gång på ca 52 år för trafikscenario 2, se Tabell 6.4.

Av Tabell 6.4 framgår även att för fall C - *Med vindkraftpark Fyrskippet enligt undersökningsområde # 2 - Alternativ utformning med minskad utbredning* - förväntas en allision sker ca 1 gång på ca 67 år för trafikscenario 1 och 1 gång på 56 år för trafikscenario 2.

Allisions sannolikheten minskar således något för alternativet med den mindre utbredningen av vindkraftparken.

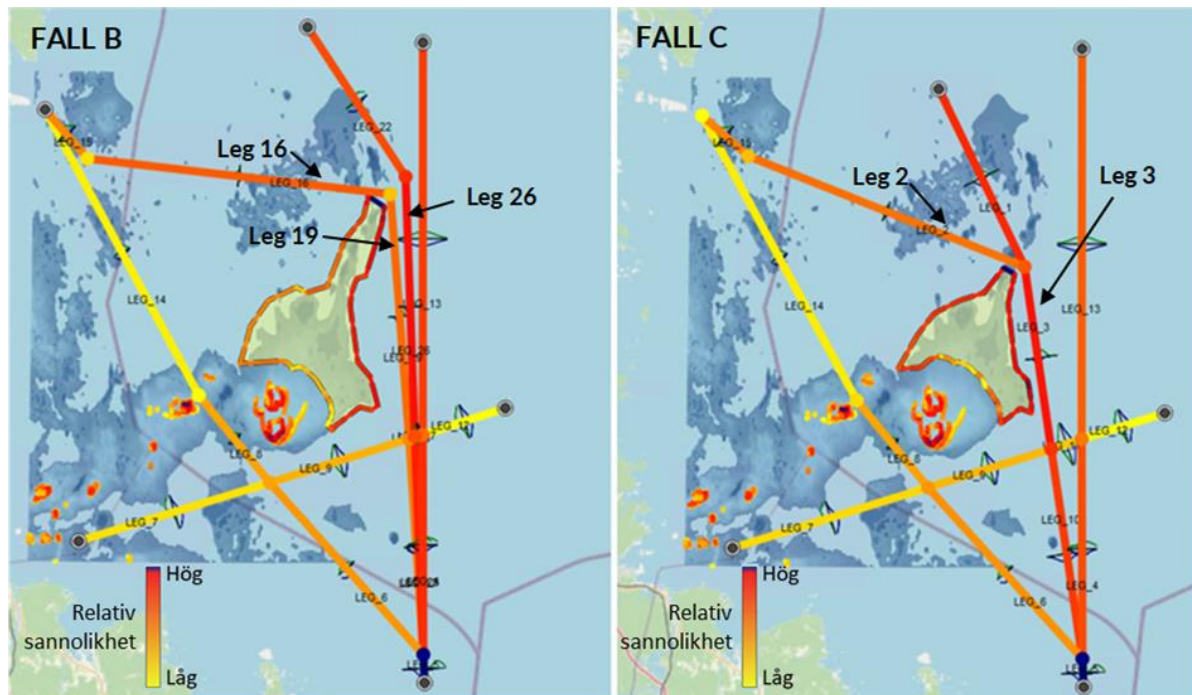
Av den totala sannolikheten för allision utgörs i fall B endast ca 3 % av *powered allision*, dvs när ett fartyg med fart kör in i vindkraftparken, och ca 1 % i fall C, oavsett trafikscenario. *Drifting allision*, dvs när ett fartyg långsamt driver in i vindkraftparken, utgör därmed det största bidraget till sannolikheten för allision.

Tabell 6.4 Sammanställning av sannolikhet (incidenter/år) för allisioner samt motsvarande returperiod (år mellan incidenter).

			Powered Allision	Drifting Allision	Total Allisions
Scenario 1	B	Incidenter/år	5,08E-04	1,55E-02	1,60E-02
		År mellan incidenter	1 970	64	62
		% av total	3	97	
	C	Incidenter/år	1,90E-04	1,48E-02	1,49E-02
		År mellan incidenter	5 252	68	67
		% av total	1	99	
Scenario 2	B	Incidenter/år	6,09E-04	1,86E-02	1,92E-02
		År mellan incidenter	1 642	54	52
		% av total	3	97	
	C	Incidenter/år	2,28E-04	1,77E-02	1,79E-02
		År mellan incidenter	4 377	56	56
		% av total	1	99	

Powered allision uppstår om ett fartyg på grund av mänskligt fel går på en rutt som sammanfaller med vindkraftparken, alternativt om ett fartyg som har en kurs mot vindkraftparken på grund av antingen mänskligt eller tekniskt fel, och inte girar som planerat. I fallen där en allision/interaktion med vindkraftparkområdet inte leder till någon faktiskt allision med något av vindkraftverken förväntas inga allvarliga konsekvenser. Konsekvenserna av en *powered allision* med något av vindkraftverken förväntas dock bli värre än de av en *drifting allision* med något av vindkraftverken eftersom *powered allision* sker med en högre hastighet, uppskattningsvis ca 10–15 knop jämfört med ca 1 knop. Även en allision i låg fart medför stora krafter som kan medföra skador på fundament och eventuellt även på tornet.

Det antagna förändrade trafikmönstret innebär att en del fartygstråk (legs i IWRAP) passerar nära vindkraftparken. Den laterala fördelningen av trafiken på stråken antas vara normalfördelad och när fördelningens mittpunkt ligger nära vindkraftparken innebär detta att fartygen som går på en rutt i normalfördelningens ytterkant kommer att orsaka en *powered allision*. Resultaten visar att den största delen av *powered allision* i fall B avser fartygen på leg 16, för fall B, som seglar in vid norra spetsen på vindkraftparken, se Figur 6.1. För fall C avser den största delen av *powered allision* leg 2, och motsvarande del av vindkraftparken, se Figur 6.1.



Figur 6.1 Vindkraftpark Fall B och Fall C, med högsta beräknade sannolikheten för allision vid norra spetsen av respektive utformning av vindkraftpark, avseende trafiken för leg 16 (Fall B) och leg 2 (Fall C) indikerat med blå vindkraftparkgräns.

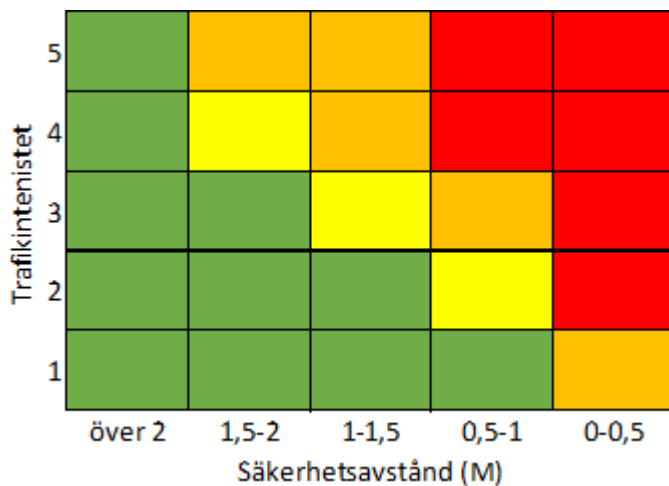
I modellen med vindkraftpark har den laterala fördelningen på de legs som har förändrats och som passerar nära vindkraftparken justerats och minskats eftersom trafiken på dess stråk kommer att anpassa sig till vindkraftparken. Det är dock okänt hur den faktiska laterala fördelningen kommer att se ut efter en etablering. Antas en mindre lateralfördelning, med mindre standardavvikelse, för ostsydostgående trafik på leg 2 respektive 16 i beräkningarna kommer den beräknade sannolikheten för *powered allision* reduceras.

I fall C passerar trafiken på leg 3 närmare vindkraftparkens sydöstra sida än trafiken på motsvarande leg i fall B; leg 19 + 26. Detta innebär en något högre drifting allision från leg 3 i fall C jämfört med från leg 26 + leg 19 i fall B. Detta kompenseras i beräkningsmodellen dock

av att vindkraftparkens utbredning i nord-sydlig riktning utmed stråken på östra sidan minskas, vilket i bidrar till att minska allisionssannolikheten i fall C.

Säkerhetsavståndet mellan en vindkraftpark och närliggande fartygsstråk bedöms generellt ha stor påverkan för de nautiska riskerna. Genom att väga samman trafikintensitet med säkerhetsavstånd kan en generell värdering av risknivån göras. Figur 6.2 visar en matris som kan användas för att göra en generell övergripande värdering av risknivå avseende de nautiska riskerna med hänsyn till trafikintensitet baserat på klassificeringen i Tabell 2.1 samt säkerhetsavstånd mellan vindkraftpark och fartygsstråk. Matrisen kan också användas som referens för att jämföra säkerhetsavstånd och risknivåer för olika vindkraftparker. I en slutlig värdering av risknivå bör dock även andra förutsättningar beaktas, såsom eventuella girpunkter i närhet till vindparken där "peka-på-kurser" uppstår, närhet till område med korsande fartygsstråk, fartygstrafikens karaktär i form av fartygsstorlekar och erforderligt utrymme för undanmanövrar.

De röda fälten innebär att riskerna värderas som höga, de gröna fälten indikerar förhållandevis låga risker. Gul och orange indikerar medelhög risk där lokala förutsättningar, det faktiska säkerhetsavståndet samt fartygstrafikens karaktär måste beaktas för att avgöra risknivån.

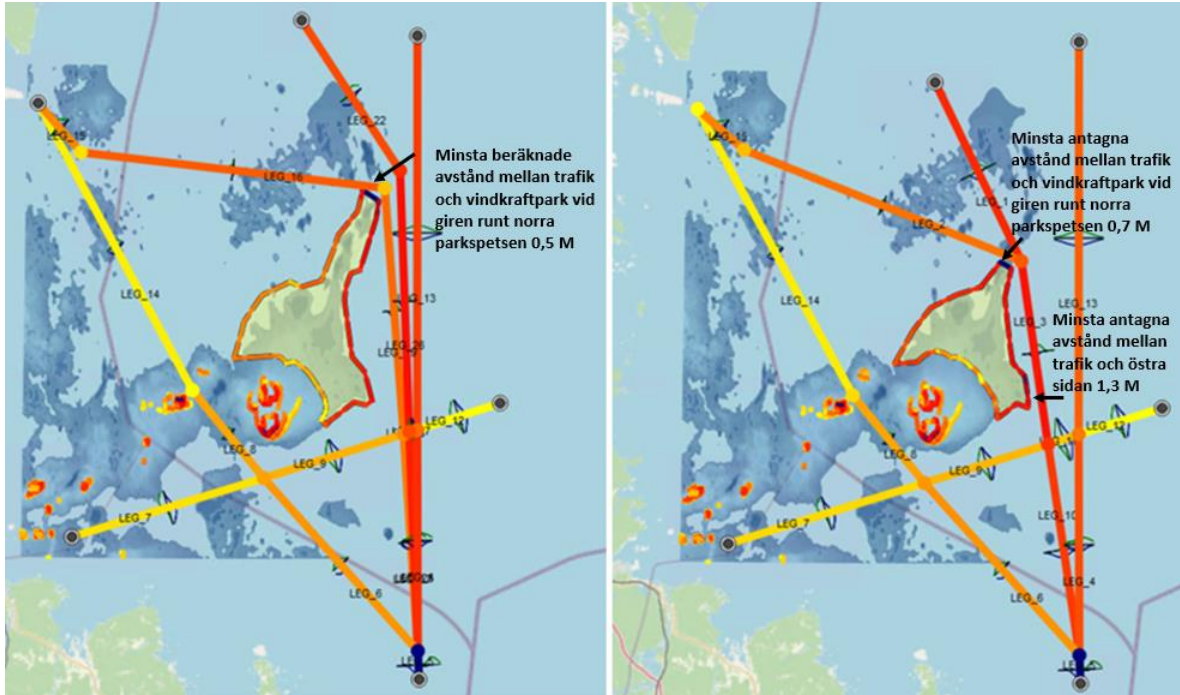


Figur 6.2 Matris för generell övergripande värdering av risknivå för nautiska risker baserat på trafikintensitet och säkerhetsavstånd.

På fartygsstråket norr och närmast öster om den planerade vindkraftparken är trafikintensitet mycket låg (1). Det minsta antagna säkerhetsavståndet för fall B mellan vindkraftparken och fartygsstråken är 0,5 M vid norra spetsen, se Figur 6.3, vilket gör de nautiska riskerna, enligt matrisen, värderas som medelhöga (orange).

För fall C är det minsta antagna avståndet, också vid norra spetsen, ca 0,7 M, se Figur 6.3. Med den mycket låga trafikintensiteten värderas de nautiska riskerna, enligt matrisen, som låga.

Att avstånden mellan fartygsstråk och den norra spetsen skiljer sig något (ca 0,5 M respektive ca 0,7 M) beror på att utformningen av den norra spetsen är olika i fall B respektive fall C, med en någon brantare vinkel upp mot fartygsstråket i fall B. Fartygen kommer att gå på en rutt som innebär mest energieffektiv seglad sträcka och bedömningen är att de då i fall B kommer att gå på en rutt som hamnar något närmare vindkraftparken.



Figur 6.3 Fall B (till vänster) och fall C (till höger) med i IWRAP-modellen antagna minsta säkerhetsavstånd mellan trafik och vindkraftpark.

7 Riskreducerande åtgärder

Under hazid-workshopen identifierades även för en del av farorna potentiella riskreducerande åtgärder. Nedan redovisas de åtgärder som bedöms kunna reducera antingen sannolikheten eller mildra konsekvenserna av de faror som har framkommit att vara de mest kritiska.

7.1 Mindre utbredning av vindkraftparken

Sedan haziden genomfördes har Fyrskippet Offshore AB tagit fram ett andra alternativ av undersökningsområde. Alternativet med det reducerade området är således inte avhandlat inom genomförd hazid, men är bedömt kvalitativt i kapitel 3 och kvantitativt i kapitel 5 och 6.

Det reducerade undersökningsområdet medför i stort samma risker som det ursprungliga alternativet och det som skiljer är att området med sin mindre utbredning framförallt minskar distansen för de omdirigeringar som krävs. Den reducerade utbredningen (fall C) medför en viss minskning av den totala olycks sannolikheten, framför allt genom att allisions sannolikheten minskar. Avstånden mellan fartygsstråk, såsom bedömda i omdirigeringen, och vindkraftpark blir också något större än vid utbredningen av vindkraftparken såsom i det första alternativet (fall B). Primärt gäller detta trafiken som passerar längs östra och norra sidan av vindkraftpark Fyrskippet på sin väg till och från exv. Iggesund.

Det bedömda passageavståndet vid passage av den norra spetsen av vindkraftpark Fyrskippet är ca 0,5 M vid den större utbredningen och ca 0,7 M vid den mindre. Sträckan där avståndet mellan trafiken och vindkraftparken är 0,5–0,7 M är relativt kort, ca 2 M, och det finns utrymme åt nord och ost att hålla ett större passageavstånd. Den mindre utbredningen ger en mer gynnsam rutt genom en mindre skarp gir vid vindkraftparkens norra spets, och en passage förbi den norra spetsen som är närapå parallell med vindkraftparken. Vid den större utbredningen sticker den allra västligaste delen av den norra spetsen upp mot fartygsstråket.

Längs med resterande sidor av vindkraftparken är passageavståndet i beräkningsmodellen som minst 1,3 M. Med detta avstånd är det möjligt för de allra flesta fartygen som trafikerar fartygsstråken att kunna göra en undanmanöver i form av en 360-gradersgir, som yttersta åtgärd för att undvika kollision. Risken för radarstörningar kan enligt många guidelines undvikas med avstånd större än 1,5 M. Med undantag för detta förväntas dock inte ytterligare ökade avstånd mellan vindkraftparken och fartygsstråken norr respektive söder om vindkraftparken kunna reducera riskerna i någon betydande omfattning.

Allisions sannolikheten kan möjligen reduceras ytterligare något med ytterligare mindre utbredning men vattendjupet öster om vindkraftparken medger små möjligheter till nödankring, varför effekten på sannolikheten för *drifting allision* bedöms vara liten. Fartygen kommer att segla den genaste vägen och bedömningen är att det trafikens distans till vindkraftparken inte kommer att förändras nämnvärt med en ännu mindre utbredning.

7.2 Övriga identifierade riskreducerande åtgärder

I tillägg till ovan riskreducerande åtgärd i form av ökat avstånd mellan vindkraftpark Fyrskippet och fartygsstråk har ytterligare åtgärder identifierats. Tabell 7.1 redovisar åtgärder som finns kravställda enligt gällande förordningar och myndighetskrav och som därmed kan förutsättas komma att implementeras. Tabell 7.2 redovisar identifierade åtgärder som kan ha riskreducerande effekt och som kan övervägas.

Tabell 7.1 Kravställda riskreducerande åtgärder och åtgärder som är planerade att implementeras samt förväntade effekter av dessa åtgärder.

Kravställd åtgärd/Existerande säkerhetssystem	Förväntad effekt
Driftsfas	
Utmärkning av vindkraftparken sker i enlighet med gällande rekommendationer enligt TSFS 2017:66 (Transportstyrelsen, 2017)	Detta är en förutsättning och har beaktats i genomförd analys. Reducerar sannolikheten för <i>powered allision</i> .
Vindparkens utbredning framgår tydligt i sjökort.	Detta är en förutsättning och har beaktats i genomförd analys. Reducerar sannolikheten för <i>powered allision</i> .
Framtagande och implementation av relevant och adekvat räddningsplan	Kravställs från myndigheter. Kommer att tas fram innan driftsättning. Bidrar till att kunna minska konsekvenserna vid en eventuell olycka.
Anläggningsfas	
Information om pågående arbete via Ufs, Notice to Mariners, utmärkning i sjökort etc.	Medvetenhet om pågående arbeten och ökad beredskap hos förbipasserande fartyg. Reducerar sannolikheten för kollision mellan fartyg på fartygsstråken samt korsande etableringstrafik, samt eventuellt uppehållande arbetsfartyg i området

Tabell 7.2 Identifierade åtgärder som kan ha en riskreducerande effekt.

Möjlig åtgärd	Förväntad effekt
Driftsfas	
När vindkraftparken är byggd och driftsatt kartläggs och utvärderas eventuella radarstörningar för fartyg. Riskreducerande åtgärder i form av då tillgänglig teknik kan implementeras vid behov.	Minskar effekterna av eventuella radarstörningar, vilket kan minska sannolikheten för kollisioner mellan mindre fartyg/fiskebåtar och fartyg som passerar på fartygsstråken.
Vindkraftverken utrustas med racon och/eller virtuell AIS.	Vindkraftverken kan då utgöra alternativa navigationshjälpmedel. Kan förenkla navigation och eventuellt reducera effekterna av radarstörningar. Kan reducera sannolikheten för <i>powered allision</i> samt eventuellt minska sannolikheten för kollisioner mellan mindre fartyg/fiskebåtar och fartyg som passerar på fartygsstråken.
Om fler än ett vindkraftverk placeras vid den norra spetsen bör de placeras på rad parallellt med fartygsstråket så att inget enskilt verka sticker ut mot fartygsstråket	Kan reducera sannolikheten för <i>powered allision</i> samt eventuellt minska sannolikheten för kollisioner.
Gäller särskilt fall B: Undvik placering av vindkraftverk längst ut i det nordvästligast hörnet av området.	Minskar sannolikheten för <i>powered allision</i> för fartygstrafiken, framför allt för fartyg på nordgående som girar västerut vid vindkraftparkens norra spets.

Möjlig åtgärd	Förväntad effekt
Service-och underhållsfartyg i vindkraftparken kan bistå vid sjöräddningsinsatser.	Kan minska effekten av försvårade räddningsinsatser med flygande enheter.
Placera vindkraftverken i raka rader snarare än mer oregelbunden layout.	Kan underlätta för SAR-operationer vid inflygning med helikopter på låg höjd i området, och därmed minska sannolikheten för försenade och försvårade räddningsoperationer.
Etablera samarbete med Kustbevakningen. <ul style="list-style-type: none"> - Fler underhålls-/arbetsbåtar i området med anledning av vindkraftparken kan bidra till att upptäcka eventuella spill tidigt. - Fundamenten kan eventuellt nyttjas för begräsning av spill och oljeupptagningsutrustning kan finnas tillgängligt i närheten/på driftcentralen. 	Minskar konsekvenserna av försvårad bekämpning för kustbevakningen vid ett eventuellt oljeutsläpp i vindkraftparken.
Anläggningsfas	
Extra utmärkning av området med bojar/specialmärken.	Tydliggör vindkraftparkområdets gräns och området där arbeten pågår. Reducerar sannolikheten för <i>powered allision</i> med vindkraftverk under byggnation samt sannolikheten för kollision med arbetsfartyg.
Avskärmning av arbetsbelysning på plattformar/arbetsfartyg mot rutter.	Minskar störningseffekten för fartygstrafiken och kan bidra till att minska påverkan i form av försvårad upptäckt av andra fartyg.
Tillfällig trafikomläggning i samband med kabelförläggning genom fartygsstråk.	Skapa ett säkerhetsavstånd mellan förbipasserande fartygstrafik och fartyg som lägger kabel. Reducerar sannolikheten för kollision.
Styrning av anläggningstrafik till och från området.	Med information om övrig trafik kan trafiken till och från området styras så att korsning av fartygsstråket sker så att påverkan på övrig trafik minimeras. Kan bidra till att minska sannolikheten för kollision mellan anläggningsfartyg och övrig trafik.

Effekten av ovan riskreducerande åtgärder och dess potential att minska de identifierade riskerna är svår att bestämma och har inte kunnat kvantifierats. Åtgärder som innebär navigatoriska förbättringar kan minska sannolikheten för *powered allision* samt potentiellt bidra till att minska sannolikheten för kollisioner något. Ingen av åtgärderna bedöms dock bidra till att reducera sannolikheten för en *drifting allision*.

8 Osäkerhets- och känslighetsanalys

Genomförda beräkningar bygger på flera antaganden och det föreligger flera osäkerheter kring den framtida trafiken och framtida riskbilden.

8.1 Framtida trafikflöden

De flesta prognoser tyder på att godstransporterna kommer att öka i framtiden. Hur stor del av godstransportökningen som kommer att utgöras av större fartyg respektive en faktisk trafikökning är svårt att fastslå. För trafikscenario 2 har en trafikökning på 20 % antagits. Hur stor trafikökning som är att vänta tills att vindkraftparken är i drift är dock osäkert.

Beräkningarna visar att trafikintensiteten är av betydelse för riskbilden i området. Den beräknade sannolikheten för allision är linjär mot trafikintensiteten och en trafikökning på 20 %, likt den i scenario 2, innebär därmed att sannolikheten för allision ökar med 20 %. Sannolikheten för en kollision är dock än mer känslig för en trafikökning och ökar med kvadraten på trafikökningen, och en trafikökning kommer leda till ökad olycks sannolikhet oberoende av om vindkraftparken etableras eller inte.

8.2 Förändring av trafikmönster

Vindkraftparken kommer medföra att trafikmönstret förändras när en del fartyg kommer behöva gå på andra rutter än i dag för att inte gå igenom vindkraftparken. Exakt hur trafikmönstret kommer att se ut och vilka rutter fartygen kommer att välja går inte att fastställa, och valet av nya rutter kommer troligen att variera beroende av bl.a. fartygets storlek och dess djupgående, befälhavares enskilda val, destination samt på väder- och vindförhållanden. Trafik som idag går på rutter i nordvästlig-sydöstlig riktning genom vindkraftparken har i beräkningarna förlagt till stråk som passerar öster och norr om vindkraftparken. I beräkningarna har också nya girpunkter antagits för de förändrade stråken, det råder dock osäkerhet kring den faktiska lokaliseringen för dessa.

Antagna omdirigeringar påverkar hur stor giren vid Södra Kvarnen blir för fartygen som i dagsläget går genom området för vindkraftparken, och en minskad gir i denna punkt får en stor beräknad påverkan på olycks sannolikheterna för *bend* och *merging collisions*, vilket bedöms bero på känsligheten för hur kursvinklar mellan legs i IWRAP påverkar *bend* och *merging collisions*. Denna påverkan är möjligen oproportionellt stor; det är osäkert hur mycket den totala kollisionssannolikheten faktiskt minskar efter omdirigeringarna. I fallet för vindkraftpark Fyrskippet är dock kollisionssannolikheten låg även i dagsläget på grund av den låga trafikintensiteten.

Den laterala fördelningen av trafiken på legs som passerar nära vindkraftparken är av stor betydelse för den beräknade sannolikheten för *powered allision*. Trafiken förväntas anpassa sig för att passera på ett säkert avstånd från vindkraftparken, men för trafiken på de stråk där en ruttomläggning är nödvändig råder det stor osäkerhet kring hur den laterala fördelningen kommer att se ut. En stor lateralfördelning, med stor standardavvikelse, innebär i många fall en hög sannolikhet för *powered allision*. Genom att minska standardavvikelsen för fördelningen samt genom att förskjuta dess centrum längre från vindkraftparken kan den beräknade sannolikheten för *powered allision* reduceras.

8.3 IWRAP

De genomförda IWRAP-beräkningarna är baserade på förinställda *causation factors*. Beräkningsresultaten är direkt beroende av dessa faktorer och resultaten kommer att variera i direkt proportion till dessa.

I Tabell 8.1 redovisas *causation factors*, vilka har använts i genomförda beräkningar.

Tabell 8.1 Förinställda Causation factors i IWRAP, vilka har använts i aktuella beräkningar.

Olyckstyp	Causation factor
Merging	1,300E-4
Crossing	1,300E-4
Bend	1,300E-4
Head-on	0,500E-4
Overtaking	1,100E-4
Powered grounding	1,600E-4
Powered allision	1,600E-4

För *drifting allision* och *drifting grounding* baseras beräkningarna i IWRAP på en blackoutfrekvens på 0,7 per fartygsår för passagerarfartyg samt Ro-Ro-fartyg och på 1,75 per fartygsår för resterande fartygstyper. Den lägre siffran för passagerarfartyg och Ro-Ro-fartyg beror i första hand på att dessa fartyg generellt sett har en högre grad av redundans i sina framdrivningssystem, och därmed lägre sannolikhet för blackout.

Beräkningarna innefattar också en Weibullfördelning av self-repair tider för blackout, en faktor för andelen lyckade/misslyckade nödankringsförsök (0,7), kriterier för ankring (max djup: 50 m och minsta ankringsavstånd från grund: 3 gånger fartygslängden), samt en funktion för drifriktning (här justerad för att återspegla lokala vindförhållanden med en förhärskande vindriktning från sydväst - väst) och medeldrifthastighet (1 knop). Värdena är generella defaultvärden och de kan inte förutsättas vara helt representativa för det aktuella området. I samråd med nautiker har dock kriteriet för maximalt djup för ankring justerats; från IWRAP:s defaultinställning på 7 gånger fartygets designdjupgående till ett maxdjup för ankring på 50 m.

Beräkningar är gjorda i syfte att kunna bedöma potentiell påverkan av vindkraftparken och de beräknade sannolikheterna ska inte betraktas som faktiska värden. Genom att beräkna olyckssannolikheterna med och utan vindkraftpark Fyrskeppet samt för olika trafikscenarier bedöms det dock möjligt att jämföra olika scenarier och därmed analysera potentiell påverkan av vindkraftparken.

De redovisade sannolikheterna är beräknade för den specificerade IWRAP-modellen. Beroende på hur stort område, och med vilken noggrannhet detta modelleras, kommer sannolikheterna att variera.

9 Slutsatser

Undersökningsområdet för vindkraftpark Fyrskeppet är beläget i Bottenhavet ca 70 km nordost om Gävle, precis nordost om Finngrundet. Två alternativ av undersökningsområden har bedömts, ett större (fall B) och ett med mindre utbredning (fall C). Efter att bedömningar och beräkningar inom föreliggande nautiska riskanalys hade genomförts justerades (reducerades) det större området något mot Natura 2000-området Östra Banken. Denna justering har ingen påverkan på de nautiska riskerna och slutsatserna gäller således fortsatt.

Genom och runt omkring området förekommer sjötrafik, uppdelat på flera fartygsstråk med låg eller mycket låg trafikintensitet. Sydväst om den planerade vindkraftparken och även sydväst om Finngrundet går trafik på sträckan mellan exv. Iggesund och Södra Kvarken. Denna trafik berörs inte direkt av vindparksetableringen och olyckssannolikheterna för denna trafik påverkas inte heller i nämnvärd utsträckning.

Trafiken som idag går genom undersökningsområdet kommer att behöva välja en annan rutt efter etableringen. Nordgående trafik från Södra Kvarken antas gå på vindkraftparkens östra sida och därefter gira antingen västnordväst in mot inseglingen till exv. Iggesund vid Agön eller åt nordnordväst för att komma upp mot insegling till Sundsvall vid Brämön.

På sydgående kommer trafiken således att gå ostsydost/sydsydost från Agön/Brämön och gira sydvart vid vindkraftpark Fyrskeppets norra spets. De nya rutterna innebär nya girpunkter, vilket generellt innebär en viss ökning av sannolikheten för *bend collision*. I beräkningarna för vindkraftpark Fyrskeppet kompenseras dock riskökningen av de tillkommande girpunkterna av att girpunkten vid Södra Kvarken, för trafiken som idag går genom undersökningsområdet, försvinner vid fall B, eftersom denna trafik i stället fortsätter norrut. Girpunkten vid Södra Kvarken är ett område där många fartygsstråk samlas, och att eliminera en gir i en sådan punkt ger ett stort utslag på kollisionssannolikheten för *bend collisions* (-77 %). Även för fall C blir giren vid Södra Kvarken mindre. Vid fall C går nordgående trafik från Södra Kvarken inte helt norrut, men nära nog för att giren vid Södra Kvarken ska påverka den beräknade olyckssannolikheten avsevärt vad gäller *bend collisions* (-62 %). En liknande effekt syns på den beräknade kollisionssannolikheten vad gäller *merging collisions* som minskar med 85 % respektive 96 % för fall B och C. Detta eftersom stråken norr om Södra Kvarken i fall B och C är i princip parallella och fartygen på de olika stråken håller nästan samma kurs i waypointen vid Södra Kvarken. Fartygen kan därmed anses trafikera samma stråk vilket gör att sannolikheten för *merging collision*, dvs. kollisioner mellan fartyg med olika kurser som sammanstrålar i en punkt, utblir eller reduceras kraftigt.

Omdirigeringarna innebär att trafikintensiteten på den östra sida av vindkraftparken ökar, vilket bidrar till att den beräknade sannolikheten för *head-on och overtaking collisions* ökar i både fall B (med 48 % för *head-on* respektive 74 % för *overtaking collisions*) och C (med 16 % respektive 41 %).

Trafikintensiteten i det modellerade området är låg, vilket gör att sannolikheten för en kollision i området i dagsläget är låg. I beräkningarna innebär det förändrade trafikmönstret med vindkraftparken och de reducerade sannolikheterna för *bend* och *merging collision* att den sammanlagda kollisionssannolikheten minskar i fall B och C, med vindkraftpark, jämfört med fall A, utan vindkraftpark Fyrskeppet.

Den totala risknivån för sjöfarten i området kommer dock att öka om vindkraftparken etableras, oavsett utbredning som i fall B eller i fall C, detta på grund av den tillkommande risken för allision. Majoriteten av allisionerna kommer från *drifting allisions*. Det är dock inte alla allisioner med vindkraftparken som kommer leda till en faktisk allision med ett vindkraftverk och med allvarliga konsekvenser som följd. Avståndet mellan vindkraftverken

kommer att uppgå till ca 1,3 M – 1,6 M (2 – 3 km), vilket gör att fartyg kan driva mellan vindkraftverken och att en del kommer att driva igenom vindkraftparken utan att en allision med något av vindkraftverken sker. I både fall B och C är sannolikheten för *powered allision* högst vid den nordvästra spetsen, detta eftersom trafiken kan komma att passera nära denna del av vindkraftparken. Osäkerheten i beräkningarna avseende *powered allision* är dock hög och resultaten påverkas i hög grad av den antagna lateralfördelningen samt på vilket avstånd från vindkraftparken som *leget* i modellen placeras.

I beräkningarna minskar sannolikheten för grundstötning något i fall B och fall C när vindkraftpark Fyrskeppet inkluderas. Detta beror till största delen på att en del av de fartyg som i beräkningar utan vindkraftpark driver långt och går på grund vid Finngrundet, nu i stället kommer att driva in i vindkraftparkområdet, dvs. en allision sker i stället. I praktiken förväntas dock inte vindkraftparken påverka sannolikheten för grundstötning nämnvärt.

Med dagens trafikintensitet, scenario 1, är den summerade olyckssannolikheten ca 10 gånger högre i fall B och C jämfört med fall A. Den summerade olyckssannolikheten för fall A (grundstötning och kollision) är dock mycket låg, och vindkraftparken i fall B och C innebär att returperioden (år mellan incidenter) går från 649 år i fall A till 58 år respektive 63 år för fall B och C.

Vindkraftparken innebär rutförlängningar på ca 16 M i fall B och ca 8 M i fall C för trafiken som idag går genom området och som ska in/ut vid Agön. För trafiken som ska mot/från Sundsvall blir förlängningen i fall B ca 5 M och för fall C ca 2 M. Påverkan på sjöfarten vad gäller rutförlängning på grund av omdirigering blir således mindre med fall C.

Den beräknade olyckssannolikheten för fall B och C är relativt likvärdig, emellertid något lägre för fall C pga den mindre utbredning i norr. Lokalt, i giren vid vindkraftpark Fyrskeppets norra spets, bedöms riskerna som medelhöga för fall B med ett antaget passageavstånd från vindkraftparken på 0,5 M, medan riskerna för fall C med ett antaget passageavstånd på 0,7 M bedöms som låga. Det är dock upp till varje befälhavare att planera sin rutt men antagna avstånd bedöms vara rimliga utifrån ruttens sträckning.

Vindkraftparken kommer innebära att de nautiska riskerna i området ökar, dock från en mycket låg nivå. Med anledning av den mindre utbredningen och den mindre skarpa giren vid vindkraftpark Fyrskeppets nordliga spets bedöms de nautiska riskerna bli lägre med en utredning enligt fall C än med en utbredning jämfört med fall B. Sammantaget bedöms dock risknivån med en vindkraftpark i området som acceptabel för båda de alternativa utbredningarna av vindkraftpark Fyrskeppet.

10 Referenser

- Anatec. (2016). *Influence of UK Offshore Wind Farm Installation on Commercial Vessel Navigation: A Review*. Anatec.
- DHI. (den 10 Mars 2021). *Metocean Data Portal*. Hämtat från Global, Met. Parameters (incl. 10m wind) at 0.2 deg., Climate Forecast System Reanalysis (CFSR), NCEP NOAA: <https://www.metocean-on-demand.com/#/main>
- Government of the Netherlands. (2014). *White Paper on Offshore Wind Energy - Partial review of the National Water Plan Holland Coast and area north of the Wadden Islands*. The Ministry of Infrastructure and the Environment, The Ministry of Economic Affairs.
- INTERTANKO. (2019). *Anchoring Guidelines: A Risk-Based Approach*. London: INTERTANKO.
- L.S.Rashid. (2007). *Impact modelling of wind farms on marine navigational radar*. MACS Engineering Research Group.
- MarineTraffic. (den 26 oktober 2022). *Density map, pleasure craft, 2021*. Hämtat från MarineTraffic: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:11.5/centery:57.9/zoom:9>
- Maritime & Coastguard Agency. (2021). *MGN 654 (M+F) Offshore Renewable Energy Installations (OREI) safety response*. Maritime & Coastguard Agency.
- Maritime & Coastguard Agency. (2021). *MGN 654 (M+F) Safety of Navigation: Offshore Renewable Energy Installations (OREIs) - Guidance on UK Navigational Practice, Safety and Emergency Response*. Maritime & Coastguard Agency.
- N. Litov et al. (2022). *Radar Cross Section Analysis of Two Wind Turbines via a Novel Millimeter-Wave Technique and Scale Model Measurements*, in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 17897-17907.
- Nautical Institute & World Ocean Council. (2013). *THE SHIPPING INDUSTRY AND MARINE SPATIAL PLANNING*. London: The Nautical Institute.
- PIANC. (2018). *MarCom WG Report n° 161 - 2018, Interaction between offshore wind farms and maritime navigation*. PIANC The World Association for Waterborne Transport Infrastructure.
- PIANC, T. W. (2018). *MarCom WG Report no 161-2018, Interaction between offshore wind farms and maritime navigation*. PIANC.
- Rasmussen, F., Melchild, K., Hansen, M., Jensen, T., LehnSchiöler, T., & Randrup-Thomsen, S. (2012). Quantitative assessment of risk to ship traffic in the Fehmarnbelt fixed link project. *Journal of Polish Safety and Reliability Association* 3(1), 123-134.
- Sjöfartsverket, Transportstyrelsen. (2009). *Vägledning vid projektering och riskanalys av vindkraftsetableringar utmed svenska kusten*. Sjöfartsverket, Transportstyrelsen.

SMHI. (2011). https://www.smhi.se/oceanografi/istjanst/produkter/arkiv/maxis/maxis_2011.pdf. Hämtat från www.smhi.se.

SMHI. (2018). https://www.smhi.se/oceanografi/istjanst/produkter/arkiv/maxis/maxis_2018.pdf. Hämtat från www.smhi.se.

Trafikverket. (2020). *Trafikverkets Basprognoser 2020-06-15*.
<https://bransch.trafikverket.se/contentassets/7e1063efbcfd4b34a4591b0d4e00f855/2020/oversikt-prognosresultat---trafikverkets-basprognoser--200615.xlsx>:
Trafikverket.

Transportstyrelsen. (2017). *TSFS 2017:66 Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om utmärkning till sjöss med sjösäkerhetsanordningar*.

UNCTAD. (2020). *Review of Maritime Transport 2020*. Geneva: United Nations.

Vindbrukskollen. (den 17 Maj 2022). Hämtat från <https://vbk.lansstyrelsen.se/>