

POLARGRUND
OFFSHORE AB



Polargrund Offshore

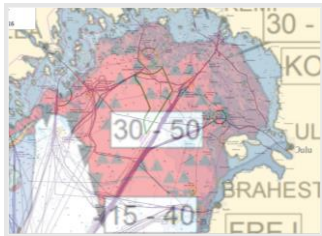
Bilaga D.18: Nautisk riskanalys vindkraftpark
Polargrund Offshore



Nautisk riskanalys

Nr: RE20221614-01-00

Nautisk riskanalys vindkraftpark Polargrund Offshore



Polargrund Offshore AB

Ringvägen 100
118 60 Stockholm

RAPPORT

Datum

2024-03-01

RISE Rapportnummer:

RE20221614-01-00

Projektledare:

Nelly Forsman

Författare

Nelly Forsman

+46 (730) 729160

nelly.forsman@ri.se

Nautisk riskanalys vindkraftpark Polargrund Offshore

RISE Research Institutes of Sweden AB

Jonny Nisbet
Enhetschef
Maritime Consulting

RISE Research Institutes of Sweden AB



Nelly Forsman
Projektledare
Maritime Consulting

Sammanfattning

Polargrund Offshore AB (del av Skyborn Renewables AB, i denna rapport benämns bolaget Skyborn) har för avsikt att ansöka om tillstånd för uppförande och drift av en havsbaserad vindkraftpark i norra Bottenviken i Kalix kommun och i Sveriges ekonomiska zon ("EEZ"). Vindkraftparken benämns Polargrund Offshore (Polargrund) och planeras att omfatta 120 vindkraftverk med en totalhöjd om maximalt 350 m. I föreliggande studie utreds eventuell påverkan på sjöfarten till följd av en etablering av vindkraftpark Polargrund. Vintertid är de aktuella farvattnen islagda vilket påverkar sjöfarten och innebär tillkommande nautiska risker. För isfria förhållanden har sannolikheten för grundstötning, kollision samt allision, dvs. att ett fartyg seglar eller driver in i vindkraftparken, beräknats med verktyget IWRAP Mk II. För islagda vatten kan olycks sannolikheterna inte beräknas på motsvarande sätt. Påverkan och riskerna under issäsong har därför bedömts kvalitativt och uppskattas kvantitativt där så är möjligt.

I enlighet med rekommenderad och etablerad metodik för denna typ av nautisk riskanalys genomfördes en Hazid-workshop (riskidentifieringsworkshop). I workshopen deltog representanter från både finska och svenska myndigheter samt representanter från andra intressenter såsom hamnoperatörer. Under haziden konstaterades att det råder osäkerhet kring hur vindkraftparken kommer påverka isbildning samt isrörelser och att det därmed råder osäkerhet kring hur isförhållandena i området kommer att vara i framtiden. Många av farorna gällande vintersjöfarten härrör till att möjligheterna att välja den bästa och säkraste rutten genom isen begränsas när vindkraftparken etableras. Vindkraftparken förväntas också innebära att behovet av isbrytarkapacitet ökar vilket kan leda till långa väntetider med risk för bland annat allision som följd. Många av farorna som kan uppstå under isfria förhållanden härrör till att fartygstrafik kan komma att passera nära vindkraftparken. Detta kan leda till allision, och i vissa fall kollision i det fall vindkraftparken förhindrar en undanmanöver. Detta gäller i synnerhet utmed den sydöstra sidan av vindkraftparken eftersom vindkraftparken där ligger nära, och delvis överlappar, dagens fartygsstråk mellan Kemi och Norra Kvarnen.

Genomförda IWRAP-beräkningar visar att sannolikheten för grundstötning ökar något till följd av etableringen av vindkraftparken. Ökningen är dock mycket liten och vindkraftparken bedöms ha försumbar påverkan på risken för grundstötning. Trafikintensiteten i området är låg vilket gör att kollisionssannolikheten idag är låg. Beräkningarna visar att sannolikheten för kollision ökar med 29% till $3,2 \times 10^{-4}$ incidenter/år efter en etablering. Beaktat att konsekvenserna vid en kollision kan bli allvarliga innebär detta en icke försumbar riskökning. Ökningen bedöms dock inte vara så stor att den kan anses vara avgörande för att kollisionsrisken ska gå från acceptabel till oacceptabel. När vindkraftparken introduceras uppstår en ny fara, allision, vilket bidrar mest till den sammanlagda incidentsannolikheten. Den beräknade sannolikheten för en allision uppgår till $1,3 \times 10^{-2}$ incidenter/år vilket motsvarar att en allision beräknas ske en gång på 77 år. Beräkningarna avser allisioner med vindkraftparken, dvs att ett fartyg driver eller seglar in i området för vindkraftparken. Alla fall av allisioner med vindkraftparken kommer således inte leda till faktiska allisioner med något av vindkraftverken och konsekvenserna av en allision med vindkraftparken kommer därmed i många fall bli lindriga och utan några egentliga skador. Beräkningarna skiljer på *powered allision*, vilket innebär att ett fartyg seglar in i vindkraftparken under framdrivning, och *drifting allision*, vilket innebär att ett fartyg pga. tekniskt fel, såsom blackout, driver in i vindkraftparken. Konsekvenserna av *powered allision* antas bli svårare än vid *drifting allision* eftersom *drifting allision* sker med en låg hastighet, ca 0,5 - 1 knop, medan en *powered allision* kan antas ske med en hastighet på ca 10 - 15 knop. Den beräknade sannolikheten för *powered allision* är betydligt lägre än den för *drifting allision*. Den beräknade sannolikheten för *powered allision* klassificeras som "extremt låg".

Sjöfarten kommer att påverkas av vindkraftparken under isfria förhållanden när fartygstrafiken tvingas till ruttanpassningar för att passera. De beräknade olyckssannolikheterna är dock låga och det finns tillräckligt med utrymme för trafiken att kunna passera på säkert avstånd från vindkraftparken. Detta gör att riskerna under isfria förhållanden bedöms kunna bli acceptabla.

Riskerna under perioder med is är högre än under isfria förhållanden vilket styrks av olycksstatistik från området som visar att de flesta av de rapporterade olyckorna i området har skett under vintermånaderna. Vindkraftparken kommer att påverka riskerna i området vintertid och vintersjöfarten, inklusive isbrytarnas verksamhet, kommer att påverkas vid en etablering av vindkraftparken. I första hand är det trafik till och från hamnarna i Kemi och Torneå som kommer att påverkas av en etablering.

Vindkraftparken kommer att medföra att behovet av isbrytarassistans ökar för att säkerställa god sjösäkerhet. I genomsnitt för de senaste 20 åren är det 60% av fartygen till och från hamnarna i Kemi och Torneå som har behövt isbrytarassistans under perioder med is. Svårare rutter med mer is efter en etablering kan göra att andelen fartyg med assistans ökar. I vilken grad detta kommer att öka är osäkert och kommer variera mellan olika år beroende på rådande isförhållanden. De tillkommande risker som vindkraftparken i sig själv innebär, i första hand allision, kommer att begränsas genom att fler fartyg får assistans förbi området. Det ökade behovet av isbrytarassistans kan under vissa tillfällen leda till kapacitetsbrist och långa väntetider med förseningar som följd om dagens isbrytarkapacitet inte förstärks. Hur stor assistanskapacitet som kommer behövas i framtiden, och i vilken grad vindkraftparken kan komma att påverka detta är dock osäkert och beror av flera faktorer.

På vilket avstånd från vindkraftparken som fartyg kommer att passera vintertid kommer i hög grad bestämmas av isbrytarledningen som vintertid anvisar lämplig rutt utifrån aktuellt isläge, och då med hänsyn även till vindkraftparken.

Sammantaget bedöms riskerna och påverkan på sjöfarten högre vintertid än sommartid. Med utbredning av vindkraftparken i enlighet med undersökningsområdet bedöms påverkan på vintersjöfarten bli stor och riskerna bedöms öka jämfört med idag. Många av riskerna kan begränsas genom isbrytarassistans. Detta kommer dock att leda till ett ökat behov av isbrytarkapacitet vilket periodvis kan leda till kapacitetsbrist och långa väntetider, om inte isbrytarkapaciteten utökas.

Förändrad utbredning av vindkraftparken efter genomförd riskanalys

Med anledning av de nautiska riskerna och påverkan på sjöfarten som identifierats inom ramen för riskanalysen har Skyborn låtit analysera även ett reducerat parkområde. I den reducerade parkutbredningen utgår det södra delen av undersökningsområdet.

Slutsatserna från den kompletterande analysen är att det reducerade parkområdet minskar påverkan på isbrytarverksamheten i betydande grad eftersom sträckorna för såväl assistanser som transit minskar jämfört med den större vindkraftparken (undersökningsområdet). Isbrytarassistans bedöms som den viktigaste åtgärden för att begränsa riskerna som uppstår till följd av vindkraftparken. Genom att påverkan på isbrytarverksamheten minskar med det reducerade parkområdet och sannolikheten för att kapacitetsbrist ska uppstå minskar, bedöms även riskerna bli lägre med det reducerade området jämfört med för det större undersökningsområdet.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	9
1.1	Bakgrund.....	9
1.2	Syfte.....	10
1.2.1	Omfattning.....	10
1.3	Avgränsningar.....	11
1.4	Metod.....	11
1.4.1	Läsanvisning.....	12
1.4.2	Styrande dokument och riktlinjer för vindkraft till havs och nautiska riskanalyser	13
2	Områdesbeskrivning och sjötrafikanalys	17
2.1	Is	19
2.1.1	Isbildning	19
2.1.2	Isförhållanden i Bottenviken	19
2.1.3	Vindkraftparkens inverkan på havsisen	22
2.1.4	Framtida isförhållanden	24
2.2	Trafikmönster och passagestatistik.....	27
2.2.1	Passagelinje 1 – Trafik genom undersökningsområdet	29
2.2.2	Passagelinje 2 – Sydost om undersökningsområdet.....	30
2.2.3	Passagelinje 3 – Insegling Kemi (Torneå)	30
2.2.4	Passagelinje 4 – Trafik till Kalix/Karlsborg	34
2.2.5	Passagelinje 5 – Stråk mellan Luleå och Brahestad.....	34
2.2.6	Variation mellan år	35
3	Riskidentifiering.....	37
3.1	Hazid	37
3.1.1	Fartygsstråk/trafik sydost om Polargrund.....	37
3.1.2	Fartygsstråk/trafik väster om Polargrund (till/från Kalix/Karlsborg)	39
3.1.3	Trafik vid södra spetsen av Polargrund	39
3.1.4	Trafik norr om Polargrund	40
3.1.5	Övrig sjötrafik/allmänt	40
3.1.6	Anläggningsfas	41
3.2	Olycksstatistik.....	41
4	Riskbedömning isfria förhållanden.....	44
4.1	Beräkning av grundstötnings-, kollisionssamt allisionssannolikhet.....	44
4.1.1	Förändrat trafikmönster på grund av vindkraftpark Polargrund	46
4.1.2	Matematisk modell.....	47

4.1.3	Resultat.....	48
4.2	Uppskattning av sannolikheter för övriga identifierade faror	50
4.2.1	Anläggnings- och avvecklingsfas.....	50
4.2.2	Service- och underhållsfartyg.....	51
4.2.3	Övrig trafik i området	51
4.2.4	Radarstörningar	52
4.2.5	Svårigheter att bekämpa ett eventuellt utsläpp.....	53
4.3	Bedömning och beskrivning av konsekvenser	53
4.3.1	Interaktion med vindkraftpark och allision med vindkraftverk.....	54
4.3.2	Nödankring.....	56
4.3.3	Säkerhetsavstånd.....	57
5	Riskbedömning och påverkan på vintersjöfart.....	60
5.1	Identifierade risker	60
5.1.1	Passage på sämre rutter på grund av begränsat utrymme	61
5.1.2	Fartyg passerar nära vindkraftparken och kollisionssavvärjande manövrar försvåras i is 61	
5.1.3	Fartyg kan fastna i isen i parkens närhet.....	62
5.1.4	Befintlig kapacitet för isbrytarassistans innebär längre väntetider	63
5.1.5	Ökad väntetid för isbrytarassistans och väntplats söder om Polargrund	64
5.2	Scenariobeskrivning.....	64
5.2.1	Scenario 1 – nordlig vind.....	65
5.2.2	Scenario 2 – sydlig vind.....	66
5.2.3	Scenario 3 – östlig vind.....	67
5.2.4	Scenario 4 – västlig vind	68
5.2.5	Sammanvägd relevans av de fyra scenarionas identifierade risker	70
5.3	Påverkan på isbrytarverksamhet och nyttjandegrad för isbrytare	70
6	Riskvärdering	74
6.1	Isfria förhållanden.....	74
6.2	Vintersjöfart.....	77
7	Riskreducerande åtgärder.....	79
7.1	Reducerat område i söder.....	79
7.2	Ökat avstånd mellan fartygsstråk och vindkraftpark	79
7.3	Utökad isbrytarkapacitet.....	80
7.4	Övriga identifierade riskreducerande åtgärder.....	80
8	Osäkerhets- och känslighetsanalys.....	83

8.1	Framtida trafikintensitet.....	83
8.2	Framtida trafikmönster	83
8.3	IWRAP	83
8.4	Isförhållanden och variationer mellan olika år	84
9	Slutsatser	85
9.1	Förändrad utbredning av vindkraftparken efter genomförd riskanalys.....	86
10	Referenser	87

Appendix 1 Hazid-protokoll

Definitioner, ord och begrepp

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.	
ARPA	<i>Automatic Radar Plotting Aid</i> . ARPA är en funktion på en radar som kan markera radarmål för att få information om beräknad skärningspunkt mellan olika fartygs kurser.	
Buffertzoon	Avståndszon utanför den navigerbara ytan/bredden av ett fartygsstråk 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 passenger vessel, färja som transporterar både frakt och passagerare.
FSA	<i>Formal Safety Assessment</i> , strukturerad och systematisk metodik för riskanalyser utvecklade av IMO som syftar till att förbättra sjösäkerheten	
IMO	<i>International Maritime Organization</i> , FN:s internationella sjöfartsmyndighet	
Girpunkt	<i>Waypoint</i> , punkt där fartyg gör en kursförändring.	
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)	Fartygsstråk modelleras med <i>leg</i> i IWRAP. Förbinder <i>wawpoints</i> i modellen för att tillsammans modellera trafikmönstret.	
M	Nautisk mil (distansminut), distansenhet som används till sjöss; 1M = 1 852 m.	
NtM	<i>Notice to Mariners</i> , sjökortsrättelser och annan information av vikt för sjöfart på engelska	
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.	
Peka-på-kurs	Fartygets stävriktning. Används i sammanhanget när fartyget stäv pekar mot något, exv. en fast struktur, ett grund eller en vindkraftpark	
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 utpekad 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.	
Ufs	<i>Underrättelser för sjöfarande</i> , sjökortsrättelser och annan information av vikt för sjöfart i svenska farvatten som publiceras av Sjöfartsverket.	

VTS	<i>Vessel Traffic Service</i> , trafikcentraler som bland annat ger trafikinformation och annan service till sjöfarten vid några av landets mest trafikerade eller miljö känsliga havsområden
Waypoint (här term i IWRAP)	Används som term i IWRAP för girpunkt, dvs punkt där fartyg girar till ny kurs, eller punkt där fartygsstråk korsas. Waypoints binder samman två eller fler leg i en IWRAP-modell.

1 Inledning

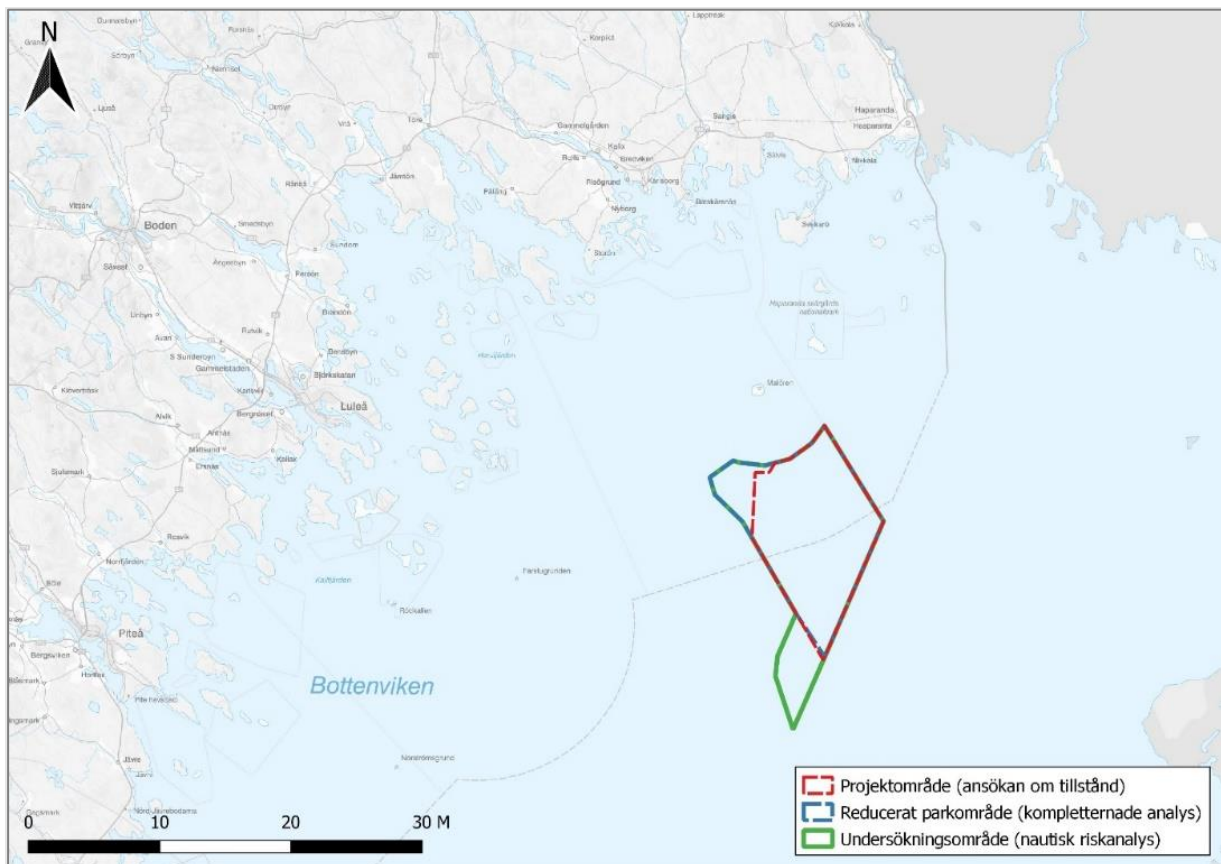
Polargrund Offshore AB har för avsikt att ansöka om tillstånd för uppförande, drift och avveckling av en havsbaserad vindkraftpark i norra Bottenviken i Kalix kommun och i Sveriges ekonomiska zon ("EEZ"). Vindkraftparken benämns Polargrund Offshore (Polargrund) och projektutvecklingen bedrivs av projektbolaget Polargrund Offshore AB som ägs av Skyborn Renewables AB (Skyborn).

1.1 Bakgrund

Undersökningsområdet för vindkraftparken, som legat till grund för aktuell riskanalys, är 442 km² stort och ligger ca 5 M (10 km) från närmaste öar och ca 18 M (33 km) från närmaste fastlandspunkt. I öster angränsar området till finsk ekonomisk zon, se Figur 1.1.

De faror som identifierades under Haziden samt resultat från aktuell riskanalys har, i kombination med ytterligare information och kunskap som framkommit sedan samrådet, lett till att ett nytt projektområde har tagits fram. Ansökan om tillstånd för vindkraftparken baseras på det nya projektområdet, vilket är mindre än det som område som aktuell analys baseras på, se Figur 1.1.

Med anledning av detta har Skyborn även låtit genomföra en kompletterande analys av de nautiska riskerna och påverkan på sjöfarten för ett reducerat parkområde. Det analyserade reducerade parkområdet stämmer till stora delar överens med det nya projektområdet, se Figur 1.1. Den kompletterande analysen omfattar beräkningar av olycks-/incident sannolikheter samt bedömningar av hur identifierade risker förändras genom en reducering av parkens utbredning. Den kompletterande analysen redovisas i separat PM, se bilaga RE20221614-01-01 *Beräkningar och bedömning av reducerat område* (RISE, 2024).



Figur 1.1 Undersökningsområdet för vindkraftpark Polargrund (grönt), vilket den nautisk ariskanalysen baseras på, ligger i norra Bottenviken och gränsar till Finlands ekonomiska zon. I den kompletterande analysen görs bedömningar för ett reducerat parkområde (blått). Ansökan om tillstånd för vindkraftparken avser projektområdet (rött).

Vindkraftparken planeras att omfatta 120 vindkraftverk med en totalhöjd om maximalt 350 m och rotordiameter om ca 330 m. Vindkraftparkens exakta utformning, inklusive placering av vindkraftverk och kablar alternativt rörledningar, har inte fastställts ännu, detta beslutas i ett senare skede. Inom parken kan det bli aktuellt både att el produceras och exporteras in till land via kablar och att vätgas produceras vid varje verk och exporteras in till land via rörledningar. Tabell 1.1 redovisar preliminära uppgifter gällande vindkraftparkens utformning.

Tabell 1.1 Preliminära data för undersökningsområdet för vindkraftpark Polargrund.

	Mått/kvantitet, preliminära uppgifter
Vindkraftverkens totala höjd över havsytan	Ca 350 m
Maximal rotordiameter	330 m
Förväntad frigångshöjd över vattenyta	15 - 30 m
Antal vindkraftverk	Max 120
Vindkraftparkens yta	442 km ²
Avstånd från närmaste ö	ca 5 M (10 km)
Avstånd mellan enskilda verk	0,6 – 1,9 M (1 – 3,5 km)
Typ av grundläggning	Bottenfast
Total installerad effekt	Ca 3 000 MW
Årlig elproduktion alt. vätgasproduktion	Ca 9 - 10 TWh alt. Upp till 200 000 ton

I området för den planerade vindkraftparken förekommer sjöfart som trafikerar så väl svenska som finska hamnar i Bottenviken. Med anledning av detta behöver eventuell påverkan på sjöfarten och de nautiska riskerna som vindkraftparken kan innebära analyseras. Vintertid är de aktuella farvattnen islagda vilket påverkar sjöfarten i hög grad och innebär tillkommande nautiska risker. Det finns därmed ett särskilt behov av att utreda riskerna och påverkan på sjöfarten vintertid. Vindkraftparken kan också komma att påverka hur isen byggs upp och hur den rör sig. Då havsbaserade vindkraftparker ännu inte etablerats i isbelagda vatten är kunskapen begränsad gällande hur isen kommer att påverkas av vindkraftparken.

1.2 Syfte

Föreliggande studie syftar till att utreda eventuell påverkan på sjöfarten till följd av en etablering av vindkraftpark Polargrund. Studien avser bedöma och analysera hur vindkraftparken påverkar de nautiska riskerna genom beräkningar av sannolikheten för grundstötning, kollision mellan fartyg samt sannolikhet för att fartyg seglar, eller driver, in i vindkraftparken, så kallad allision. Studien syftar också till att analysera hur de nautiska riskerna under issäsongen påverkas av vindkraftparken.

Rapporten avses kunna utgöra en bilaga till tillståndsansökan.

1.2.1 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, under isfria förhållanden genomförs med verktyget IWRAP¹. Även påverkan på sjöfarten i form av eventuella justeringar av trafikmönster och rutförlängningar redovisas. Säkerhetsavstånd (avstånd mellan vindkraftpark och fartygsstråk) utvärderas.

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

För issäsongen kan inte olycks sannolikheter beräknas med IWRAP. Påverkan och riskerna under issäsong bedöms kvalitativt och uppskattas kvantitativt där så är möjligt.

Sjöfartsrelaterade risker i samband med byggnation och avveckling av vindkraftparken identifieras och bedöms övergripande.

1.3 Avgränsningar

Analysen baseras på AIS-data från området. Eventuella mindre fiskefartyg eller fritidsbåtar som saknar AIS-transponder av typ A² omfattas inte av tillgängliga data och omfattas därmed inte de kvantitativa beräkningarna.

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, samt risker förknippade med sjöfart i isbelagda vatten.

Studien omfattar inte risker förknippade med eventuell produktion av vätgas i vindkraftparken och inte heller risker relaterade till eventuellt ledningsnät för vätgas.

Eftersom det inte är känt hur anläggningsfasen kommer att genomföras och från vilka hamnar transporter av komponenter kommer att ske görs ingen kvantifiering och detaljerad bedömning av risker för vare sig anläggnings- eller avvecklingsfas i detta skede.

Studien omfattar inte modellering av isrörelser och isuppbyggnad med hänsyn till vindkraftparken.

Analysen avser utreda nautiska risker. Konsekvenser i form av eventuella skador på fundament eller vindkraftverk beaktas därför inte. Analysen omfattar inte beräkningar av konsekvenserna i form av skadekostnader eller antal skadade för ett påseglande fartyg eller kolliderande fartyg.

Bedömningar och beräkningar av eventuella kumulativa effekter för scenarier när ytterligare vindkraftparker byggs omfattas inte av föreliggande studie.

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. Figur 1.2 visar ingående komponenter för aktuell studie. Dessa stämmer också väl överens med de steg som bör ingå enligt Sjöfartsverkets och Transportstyrelsen rekommendationer gällande omfattning av nautisk riskanalys för etablering av havsbaserade vindkraftparker (Sjöfartsverket och Transportstyrelsen, 2023).

² Fartyg över 300 ton, samt fiskebåtar över 15 m och alla passagerarfartyg på internationell 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.



Figur 1.2 Struktur av ingående komponenter i aktuell riskanalys.

1.4.1 Läsanvisning

Rapportens uppbyggnad följer strukturen i Figur 1.2.

Efter inledningen (kapitel 1) redovisas i kapitel 2 de geografiska och lokala förutsättningarna samt den sjötrafikanalys som har gjorts för att kunna analysera den fartygstrafik som trafikerar området runt undersökningsområdet. Trafikanalysen baseras på AIS-data, huvudsakligen från år 2022 eftersom detta är det senaste helåret som finns tillgängligt. Trafikanalysen ligger till grund för den riskidentifiering som görs i kapitel 3. Hazid-workshopen utgör en mycket viktig del av riskidentifieringen och syftar till att identifiera samtliga nautiska faror och eventuell påverkan på sjöfarten som kan komma att uppstå vid en etablering av vindkraftparken. I detta steg görs ingen värdering av identifierade faror. Riskidentifieringen tjänar som underlag för de efterföljande stegen i riskanalysen.

Kapitel 4 omfattar riskbedömning av vindkraftparken under isfria förhållanden. Detta kapitel redovisar resultat från genomförda beräkningar av grundstötnings-, kollisionss- samt allisionssannolikhet i isfritt vatten (med IWRAP). Kapitel 4 redovisar också uppskattning av sannolikhet av faror som inte kan kvantifieras med beräkningar, samt en bedömning av konsekvenser.

Kapitel 5 redovisar analys och bedömning av risker för vintersjöfarten i området. Kapitlet redovisar bedömningar för fyra scenarier med olika isförhållanden.

Kapitel 6 utgörs av riskvärdering och omfattar tolkning av beräkningsresultaten samt en värdering av riskerna vintertid.

Kapitel 7 redovisar identifierade riskreducerande åtgärder samt beskrivning av förväntad effekt av respektive åtgärd.

Kapitel 8 omfattar en osäkerhets- och känslighetsanalys där osäkerheter i data och riskmodeller beskrivs.

Kapitel 9 utgörs av slutsatser från genomförd studie.

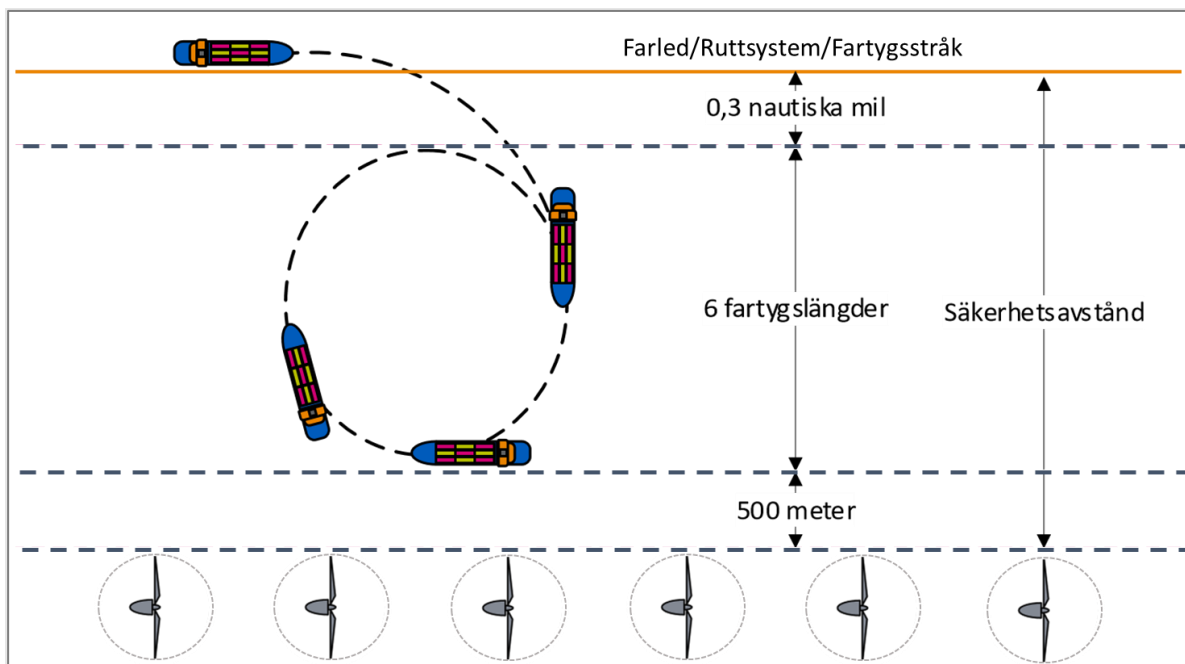
1.4.2 Styrande dokument och riktlinjer för vindkraft till havs och nautiska riskanalyser

Det finns idag inga styrande regler gällande accepterade risknivåer för vindkraftparker och gällande minsta avstånd mellan vindkraftparker och fartygsstråk, så kallat säkerhetsavstånd. Sedan juni 2023 finns dock rekommendationer från Sjöfartsverket och Transportstyrelsen. Rekommendationerna beskriver vad som bör ingå i en nautisk riskanalys för vindkraftsetablering i svenska farvatten samt riktlinjer för minsta acceptabla säkerhetsavstånd.

Enligt rekommendationerna ska säkerhetsavståndet bestämmas för ett dimensionerande fartyg baserat på tre kriterier: manöverutrymme, trafikens intensitet och komplexitet samt störningar på navigationsutrustning. Erforderligt säkerhetsavstånd bestäms av kriteriet som ger det största säkerhetsavståndet.

Säkerhetsavstånd - Manöverutrymme

Erforderligt säkerhetsavstånd för kriteriet manöverutrymme utgår från att fartyg ska kunna vidta åtgärder för att undvika kollision med andra fartyg i enlighet med sjövägsreglerna. Kriteriet definieras därmed genom att avståndet mellan fartygsstråkets ytterkant och vindkraftparkens gräns ska vara tillräckligt stort för att det dimensionerade fartyget ska kunna göra en 360-gradersgir. För att ett fartyg ska kunna utföra den manövern krävs ett avstånd som motsvarar $0,3 \text{ M} + 6 \text{ fartygslängder} + 500 \text{ m}$, se Figur 1.3. Detta är i enlighet med flera andra nationella riktlinjer samt de internationella riktlinjerna från PIANC; *MarCom WG Report no 161 – 2018, Interaction between offshore Wind farms and maritime navigation* (PIANC, 2018), vilka Sjöfartsverket och Transportstyrelsen hänvisar till.



Figur 1.3 Säkerhetsavstånd enligt kriteriet för manöverutrymme.

Enligt rekommendationerna kan det dimensionerande fartyget i normala fall definieras som det största fartyget i 98-percentilen av samtliga fartygspassager av fartyg med en längd som överstiger 70 m.

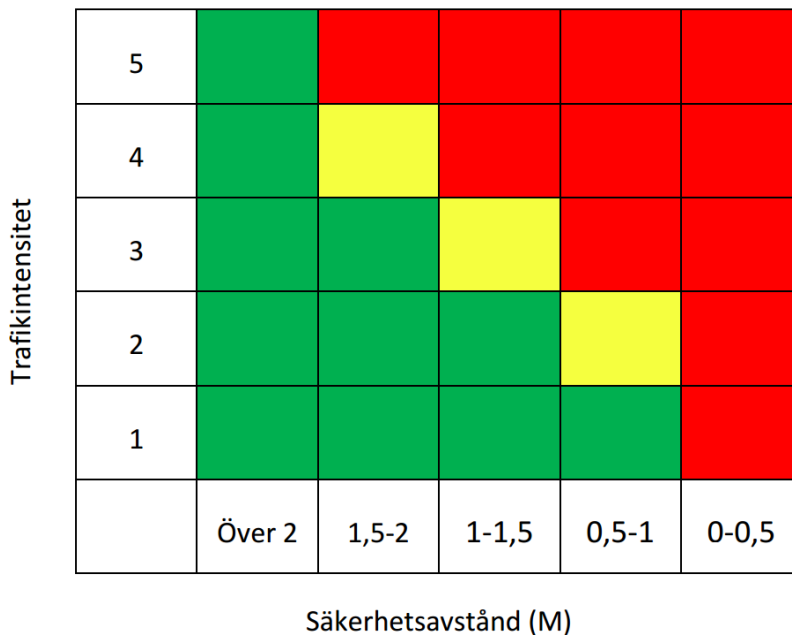
Säkerhetsavstånd - Trafikintensitet och komplexitet

Trafikintensiteten på närliggande fartygsstråk, farleder eller ruttsystem samt dess komplexitet är av stor betydelse för olyckssannolikheten och bör därför också beaktas vid utvärdering av erforderligt säkerhetsavstånd enligt rekommendationerna. Vid en hög trafikintensitet kan ett högre säkerhetsavstånd krävas än vad kriteriet avseende manöverutrymme ger. Trafikintensiteten på farleder, ruttsystem och fartygsstråk kan enligt rekommendationerna klassas enligt Tabell 1.2.

Tabell 1.2 Klassificering för bedömning av fartygsstråks trafikintensitet baserat på antal fartygspassager årligen.

Klassificering	Trafikintensitet	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

Det minsta säkerhetsavståndet mellan farleder, ruttsystem eller fartygsstråk och vindkraftparker med hänsyn till trafikintensiteten kan bestämmas genom matrisen i Figur 1.4. Enligt rekommendationerna indikerar gröna fält säkerhetsavstånd som generellt kan antas vara acceptabla. Gula fält indikerar att säkerhetsavståndet endast är tillämpligt när riskbedömningen i sin helhet kan visa på små risker förknippade med etableringen av vindkraftsparken, t.ex. då risken för kollision med vindkraftsparken begränsas av naturliga hinder för en stor del av fartygen som trafikerar området. Röda fält indikerar att säkerhetsavståndet är för litet och antas medför oacceptabla risker. Om det i området kring vindkraftsparken råder en komplex trafiksituation och andra faktorer också påverkar sjösäkerheten kan större säkerhetsavstånd erfordras för att anses acceptabla. Faktorer som att farleden, ruttsystemet eller fartygsstråket pekar rakt mot vindkraftsparken, dvs. att fartyg kommer att ha en så kallad "peka-på-kurs" mot vindkraftsparken, kan också föranleda behov av större säkerhetsavstånd.



Figur 1.4 Matris för bedömning av säkerhetsavstånd baserat på trafikintensitet (Sjöfartsverket och Transportstyrelsen, 2023).

Säkerhetsavstånd - Navigationsutrustning

Fartyg använder radar för navigering och för att upptäcka andra fartyg i dess närhet. Vindkraftverk kan innebära att det uppstår störningar på fartygens radar, vilket kan leda till fartyg inte upptäcks i tid för att kunna vidta åtgärd för att undvika kollision. Störningarna kan också medföra att landmärken inte syns vilket kan försvåra navigationen. Sjöfartsverket och Transportstyrelsen hänvisar till PIANC:s riktlinjer (PIANC, 2018), enligt vilka det kan uppstå störningar på fartygsradar vid avstånd till vindkraftverk på upp till 1,5 M, samt att sannolikheten för störningar ökar med minskade avstånd mellan sjötrafik och vindkraftverk. Vid avstånd mindre än 0,25 M kan även störningar på X-bandsradar uppstå, vilket kan medföra spökekon. Detta utgör enligt PIANC en mycket hög risk.

Även annan navigationsutrustning såsom AIS, GPS och radioutrustning kan störas av vindkraftparken vilket bör beaktas vid riskbedömningen.

Vid utformning av vindkraftparker rekommenderar Sjöfartsverket och Transportstyrelsen att proportionerlig hänsyn tas till risker med störningar på navigationsutrustning. Hänsyn bör tas till trafikintensiteten i området och svårigheter i navigationen såsom girar och grundområden i närhet av vindkraftparken.

Omfattning riskanalys

Om avståndet mellan vindkraftparken och närmsta farled, ruttsystem eller fartygsstråk är större än 3 M kan det enligt Sjöfartsverkets och Transportstyrelsens rekommendationer räcka med en grovanalys av sjötrafiken i området. Är avståndet mindre bör en mer ingående analys genomföras. Den mer ingående analysen bör åtminstone omfatta:

- Riskbedömningens omfattning, förutsättningar och kriterier.
- Beskrivning av sjötrafiken och andra förutsättningar i området.
- Identifiering av risker (HAZID).
- Analys och värdering av risker.
- Eventuella riskförebyggande åtgärder.
- Osäkerhetsanalys av data och riskmodell.
- Rekommendationer för beslutsfattare samt information om identifierade risker.

Andra riktlinjer

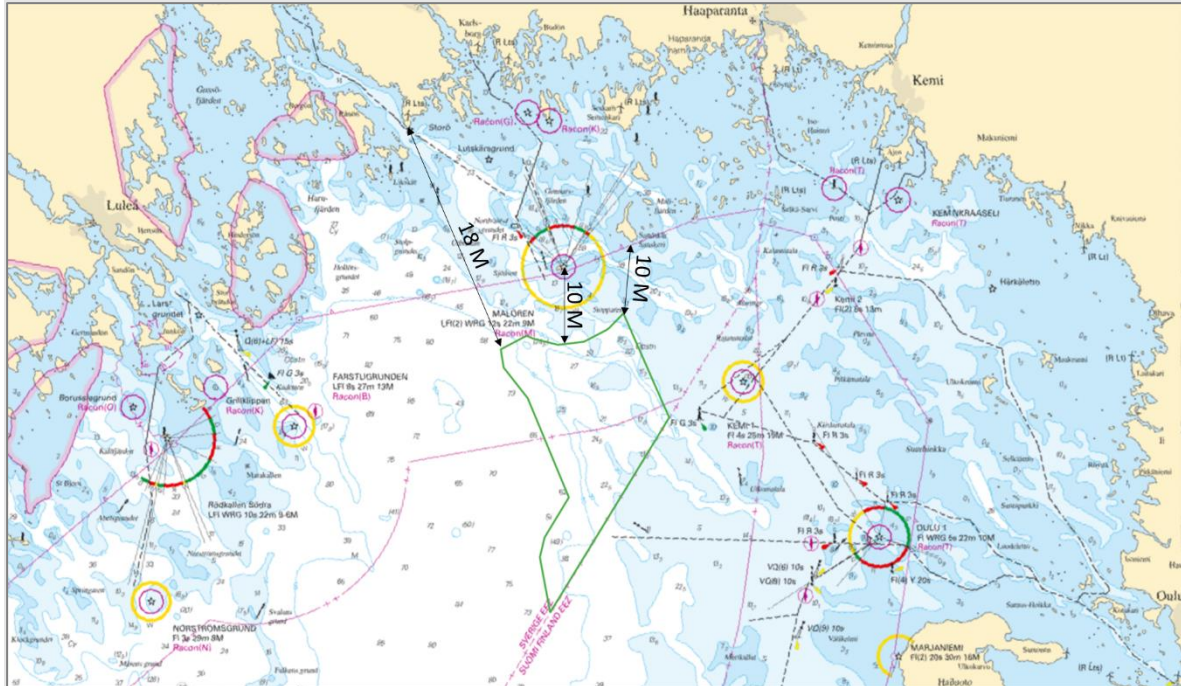
De svenska myndigheterna hänvisar i många avseende till de internationella riktlinjerna från PIANC gällande säkerhetsavstånd. Många andra länders nationella riktlinjer, ex de brittiska och nederländska baserar sig också på PIANC:s riktlinjer, och tillräckligt manöverutrymme för en 360-gradersgir utgör ett viktigt kriterium i de flesta riktlinjerna (Maritime & Coastguard Agency, 2021), (Government of the Netherlands, 2014). Figur 1.5 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 1.5 Tabell med allmänna riktlinjer för planering av säkerhetsavstånd mellan ett fartygsstråk och vindkraftpark (PIANC,2018).

2 Områdesbeskrivning och sjötrafikanalys

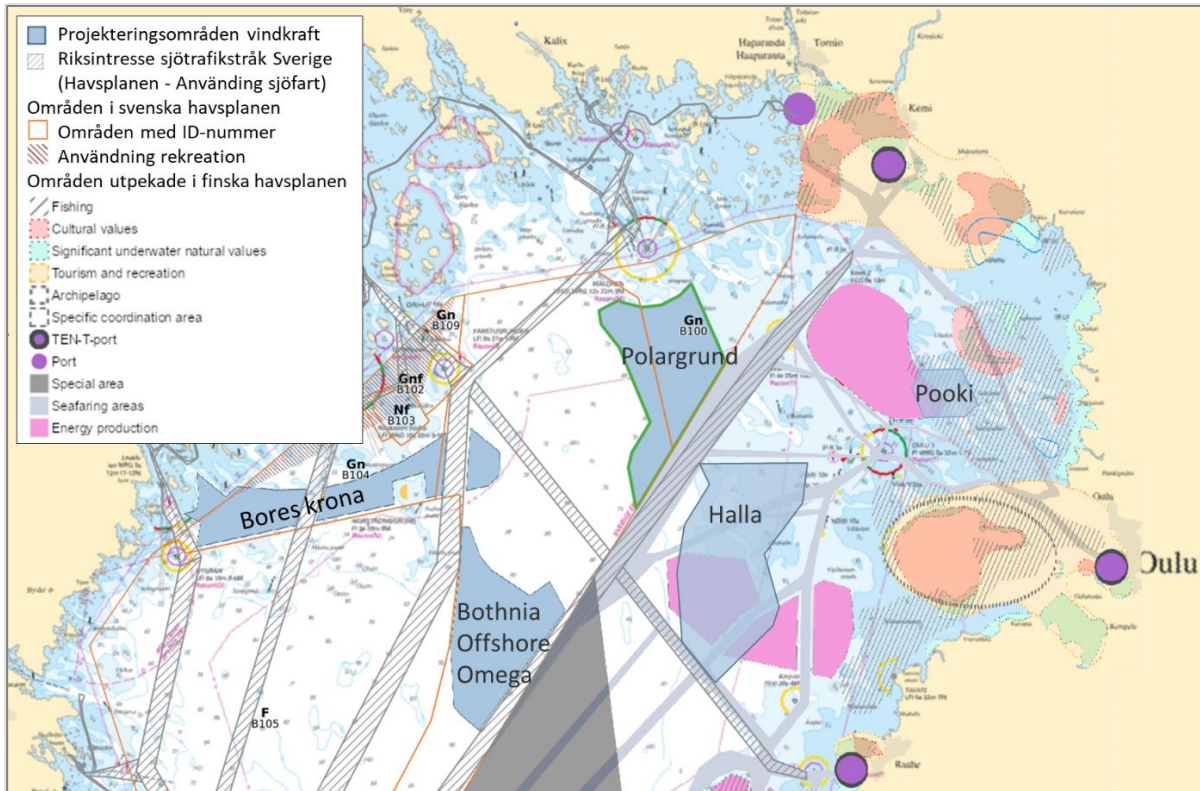
Undersökningsområdet ligger i den norra delen av Bottenviken, ca 5 M (10 km) från närmaste öar i norr och ca 18 M (33 km) från fastlandet, se Figur 2.1. Den östra gränsen för undersökningsområdet ligger utmed gränsen till finsk ekonomisk zon.



Figur 2.1 Undersökningsområdet ligger ca 5 M från närmaste öar och ca 18 M från svenska fastlandet.

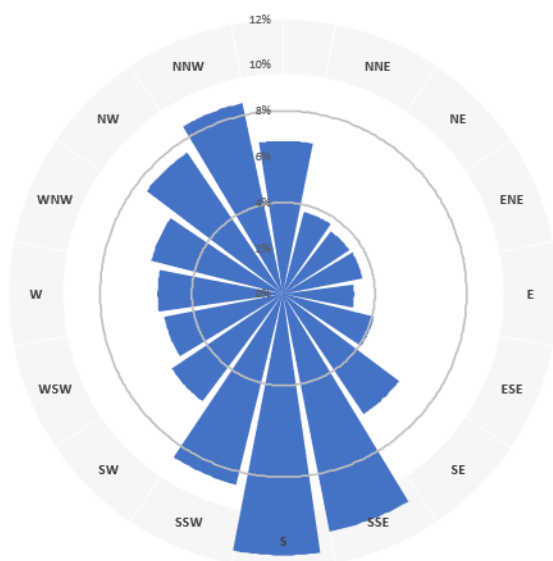
Det finns flera stråk utpekade som riksintresse *kommunikationer sjöfart farled* i närhet till undersökningsområdet, se Figur 2.2. De utpekade stråken stämmer också överens med de stråk som pekats ut för sjöfart i den svenska havsplanen. Stråket Nordvalen – Kemi ligger ca 0,5 M från undersökningsområdets östra gräns i söder. Den södra delen av stråket ligger i svensk ekonomisk zon och utgör riksintresse i Sverige. Den nordliga delen av stråket ligger i finsk ekonomisk zon och utgör därmed inte svenskt riksintresse. Den norra delen av undersökningsområdet överlappar det i havsplanen utpekade området B100. Området är märkt med Gn där G indikerar *område där ingen särskild användning har företräde (G)* och n indikerar att *inom området ska särskild hänsyn tas till höga naturvärden vid förvaltning, planering och tillståndsprövning* (Havs- och vattenmyndigheten, 2022).

Utöver vindkraftpark Polargrund planeras det även för andra vindkraftparker i Bottenviken och på den finska sidan finns flera områden som pekats ut som lämpliga för energiproduktion i den finska havsplanen (Finland's maritime spatial plan 2030). I den finska havsplanen är också ett något större område utpekad för sjöfart på östra sidan av undersökningsområdet (*seafaring areas*) än det stråk som kallas Nordvalen – Kemi och som på den svenskt vatten är utpekad som riksintresseområdet för sjötrafikstråk, se Figur 2.2.



Figur 2.2 I närhet till undersökningsområdet för Polargrund finns områden/stråk som pekats ut som riksintresse sjötrafikstråk (Trafikverket, 2023). I Bottenviken finns även andra projekteringsområden för vindkraft i Bottenviken (information hämtad juli 2023, fler områden kan ha tillkommit efter detta) (Vindbrukskollen, 2023) (4C Offshore, 2023). Det finns även områden på finskt vatten som pekats ut som lämpliga för energiproduktion.

Vattendjupet i det aktuella vindkraftområdet varierar från ca 12 m på de grundaste områdena i nordost till ca 129 m i den södra delen. Vindstatistik från området visar ingen tydlig skillnad mellan förhärskande vindriktning mellan vinter och sommar. Den förhärskande vindriktningen i området är sydlig, även nordvästliga vindar är vanligt förekommande, se vindros baserat på vindstatistik från Rödkallen i Figur 2.3.



Figur 2.3 Vindros baserat på vindstatistik från SMHI för 2010 - 2022 vid Rödkallen, ca 25 M (46 km) väster om undersökningsområdet.

2.1 Is

2.1.1 Isbildning

Isläggning utvecklas på olika sätt, beroende på faktorer som vind, strömmar, topografi och köldmängd, dvs. exponeringen av längre köldperioder eller perioder med ett större antal negativa graddagar. Negativa graddagar är ett mått på köldmängd där respektive dygns medeltemperatur summeras under en definierad tidsperiod.

Tillfrysningen kan ske under statistiska förhållanden, i perioder utan vind- eller vågpåverkan, där istäcken av kärnis ges möjlighet att bildas. Motsatsen är att se som dynamisk. I situationer där vattnet är i rörelse, i vågor och under kraftig vindexponering i kombination med kyla hindras ett stabilt istäcke att formos. I stället underkyls den yt- och köldexponerade vattenmassan, varvid isnålar bildas, så kallad kravis eller *frazil ice*, vilka i sin tur fäster i varandra, bildar större konglomerat och fäster i befintliga isflak eller i sörja.

Under längre vinterperioder kombineras dessa frysförhållanden där variationerna i väderhistorik gör att olika tidsrelaterade skeenden överlagras varandra. Fasta istäcken bryts upp, vågor blandar om och kravis bildar nya isansamlingar som konsolideras om de utsätts för kraftig kyla. I situationer med kraftig vind kan stabila täcken eller hopfrusen packis eller sörja brytas sönder och isdrift uppstår. Stora isytor flyttas med vinden, kolliderar med annan is eller hinder som öar, stränder eller strukturer. Isen bryts då sönder och vallar bildas. När yttäckningsgraden av drivis når 70 % eller mer kallas isen ofta för packis.

Isvallar är hopskjuten pack- eller krossis. De översta delarna fryser ihop om de exponeras för kyla. Vallarna följer med i vinddrivna isrörelser eller fastnar på grundflak. De kommer då att utgöra stabila hinder för fortsatt isdrift. Packisvallarna kan nå stora dimensioner. Som mest har observerats en total vertikal mäktighet om 28 m.

Stampisvallar kan bildas när hård vind och vågor pressar sönderbruten is mot land eller mot ytterkanten av landfast is. De kan ha lång horisontell utsträckning, sträcka sig flera meter djupt och utgöra svårforcerade hinder för fartyg.

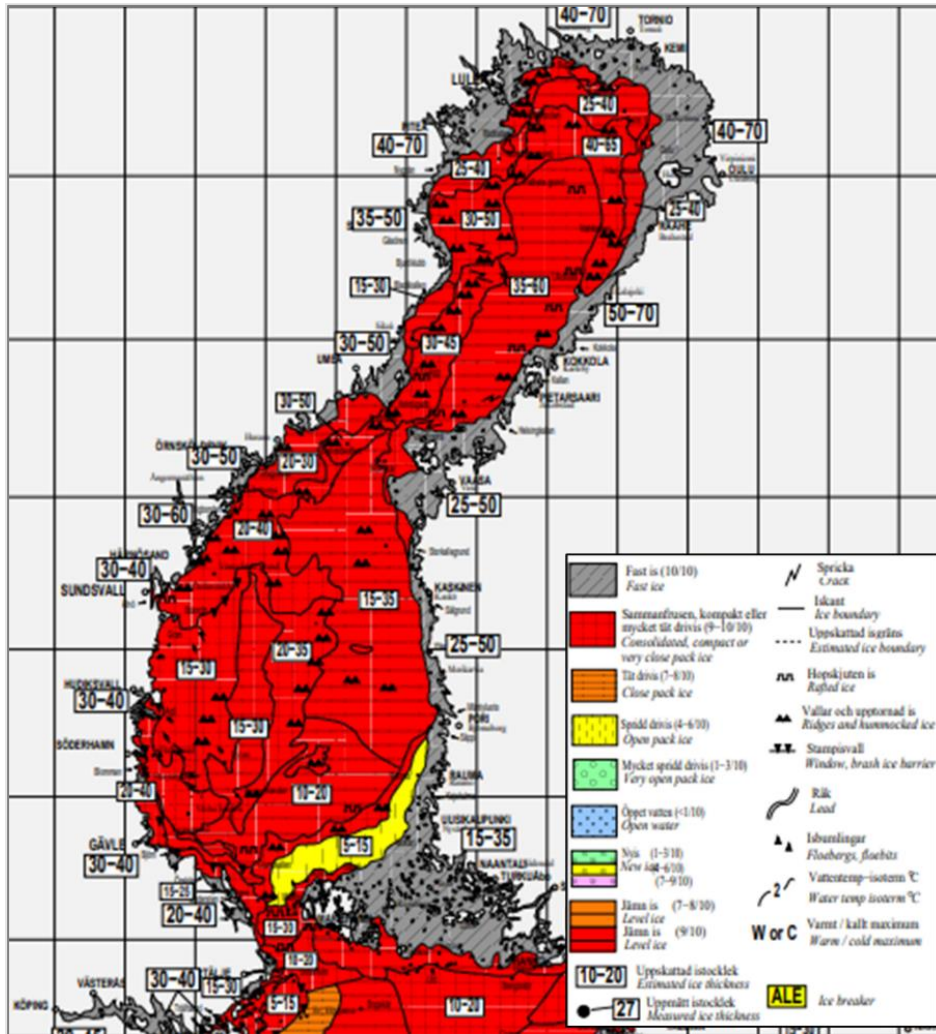
Generellt kan Bottenvikens isvintrar delas in i karaktäristiska perioder. Primärt sker istillväxt i perioder med kyla, såväl statisk som dynamisk. Den nyfrusna isen är hård och packis fryser lätt ihop till större konglomerat och isen i området växer till i takt med vintervädret.

Istillväxt och konsolidering av packis och drivisområden fortsätter så länge frystemperaturer råder. Kombinationen av snö och kyla gör isen trög att ta sig fram i och det gnisslar runt fartygsskrov.

Under mitten av vinterperioden, någonstans i slutet av februari - början av mars, når ismassorna sin maximala mäktighet. Samtidigt avtar tillfrysningen för att helt upphöra under vårvintern. Ismassorna driver med vindarna, vallar fortsätter att bildas men konsolideras inte. Småningom ändrar isen karaktär – den "ruttnar" och dess hållfasthet och bärighet minskar. I skärgårdar smälter snön och isen svartnar. Likande förlopp noteras i vallar och i havsis.

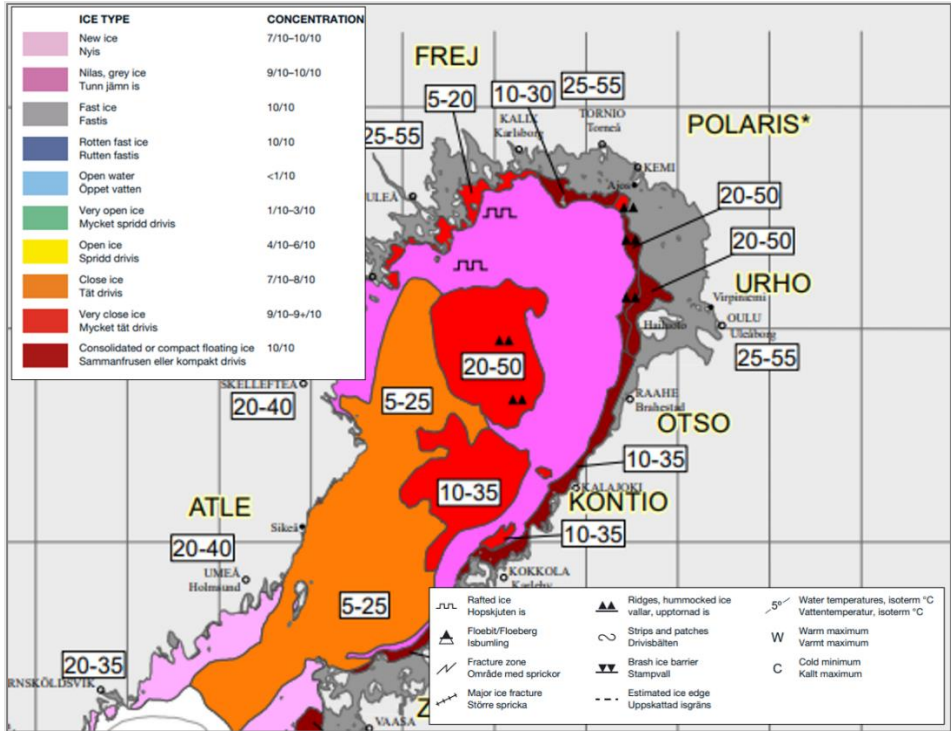
2.1.2 Isförhållanden i Bottenviken

Isens utbredning varierar stort mellan olika år, i det aktuella området förekommer dock is varje år och isbrytare är nödvändiga för att sjöfarten i området ska kunna fungera. Issäsongen varar vanligtvis från början av december till mitten av maj (SMHI, 2023). Istjockleken i det aktuella området varierar men kan uppgå till ca 40 – 80 cm. Säsongen 2010/2011 var senast som isvintern klassades som sträng. Den 25 februari 2011 uppmättes den största isutbredningen i Östersjön sedan 1987, ca 300 000 km². I Bottenviken noterades 50 – 70 cm tjocka isflak. Under säsongen genomfördes totalt 2 914 isbrytarassistanser av de svenska isbrytarna. Figur 2.4 visar iskarta över Bottenhavet från 2011-02-25.



Figur 2.4 Iskarta över Bottenviken och Bottenhavet från 25 februari 2011 när den största isutbredningen sedan 1987 uppmättes. Rött indikerar sammanfrusen, kompakt eller mycket tät drivis. Grått indikerar fast is.

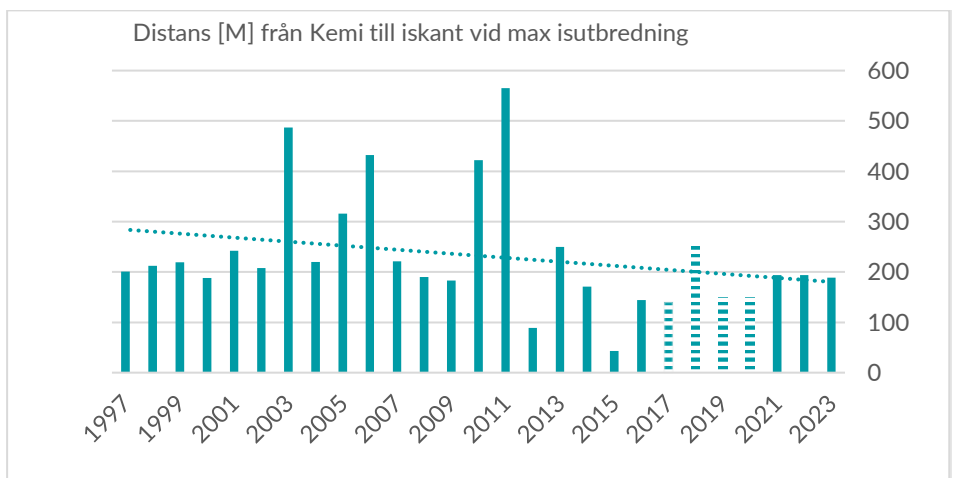
Isvintern 2021/2022 klassificeras som lindrig och den maximala isutbredningen uppmättes 4 februari 2022. I Bottenviken var det dock is med påverkan på sjöfarten under en lång period. Isbrytarsäsongen i Bottenviken varade mellan 6 december 2021 och 13 maj 2022 (Sjöfartsverket och SMHI, 2023). Under säsongen assisterades totalt 696 fartyg av de svenska statsisbrytarna, samt av inhyrda resurser. Av dessa utgjordes 31 av bogseringar. Den sammanlagda tiden för assistering var 1 637 timmar och sammanlagd distans för assistering var 15 986 M (Sjöfartsverket och SMHI, 2023). Figur 2.5 visar iskarta från när isutbredningen var som störst vintern 2021/2022.



Figur 2.5 Iskarta över Bottenviken från 4 februari 2022 vilket var när isutbredningen var som störst under isvintern 2021/2022.

Isvintern 2022/2023 betecknas enligt SMHI som en lindrig isvinter beträffande isutbredning men av normal vad gäller issäsongsens längd (SMHI, 2023b). Under säsongen assisterades totalt 614 fartyg av de fem svenska isbrytarna. Av dessa utgjordes 12 av bogseringar (FMIb, 2023).

Ofta används den maximala isutbredningen under säsongen som ett mått på isvinterns svårighetsgrad, men med avseende på sjötrafiken i det aktuella undersökningsområdet kan distansen som ett fartyg måste tillryggalägg genom is från iskantens läge i Bottenviken till Kemi hamn vid tidpunkten för maximal isutbredning, vara ett lättolkat relevant mätetal. Denna distans återges i Figur 2.6 för perioden 1996/1997 till 2022/2023 och visar stor variation men också en avtagande trend där distansen kortats med ca en tredjedel under den gångna 25-årsperioden.



Figur 2.6. Maximal isutbredning i Bottenviken uttryckt som distans från Kemi hamn till iskant i Bottenviken den dag då störst isutbredning registrerats. Baserad på statistik från Finska Meteorologiska Institutet (FMI), men streckade staplar uppskattade från statistik från SMHI.

Eftersom isens tjocklek och andelen deformerad is (hopskjuten is och vallbildning) inte avspeglas av diagrammets utbredningsmått, finns ingen entydig korrelation mellan distansen och aktuellt behov av isbrytarassistans. För andra hamnar som exempelvis Luleå, är det möjligt att diagrammet skulle uppvisa en annan profil eftersom vintrar med svår is på finska sidan inte nödvändigtvis karaktäriseras som svår is på svenska sidan.

Beroende på vindriktning och -styrka förflyttar sig isen, och periodvis kan isen ansamlas på antingen den finska sidan av Bottenviken eller den svenska, vilket kan skapa öppna stråk genom isen (råkar). Vanligtvis under våren kan en halvmåneformad råk uppstå i norra Bottenviken. Denna kan sträcka sig från Luleå, upp till Kemi fyr, och vidare ner till mot Raahe på östra sidan, samt även ibland ner till Kokkola (Finska meteorologiska institutet, 2023).

I sydliga vindar kan också mycket is packas i stora delar av norra Bottenviken vilket gör att isförhållandena i det aktuella området kan bli mycket besvärliga för sjöfarten med mycket vallbildning. De största vallarna som har uppmätts i Bottenviken var ca 28 m djupa, varav 3 m var ovanför havsnivån, och uppmättes i det aktuella området³.

Vid vindhastigheter över 5 m/s, bestäms isens drifriktning av vinden. Isens drifhastighet är generellt 1–3% av vindhastigheten vilket innebär att isen kan antas driva med en hastighet av ca 0,2 – 0,6 knop vid en vindhastighet på 10 m/s (Finska meteorologiska institutet, 2023). Drifhastigheter motsvarande 3% har främst observerats i tunnare is i början av säsongen, medan 1–2% är mer normalt under senare del av säsongen (Björk, 2007). Vindens friktion mot isens ovansida är den viktigaste drivkraften för isens drift, men drifhastighet och -riktning påverkas även av inre friktion i isen samt corioliseffekt på grund av jordens rotation. Mätningar i Bottenviken har visat att förenklad beräkning med 1,9% av vindhastigheten och 21 graders vinkling åt höger (på grund av corioliseffekten) från vindriktningen ger god överensstämmelse med observationer (Leppäranta_Omstedt, 1989).

2.1.3 Vindkraftparkens inverkan på havsisen

En vindkraftpark som består av ett stort antal cylindriska strukturer (diameter av storleksordning ett tiotal m) med ett inbördes avstånd av storleksordning 1 M, kan tänkas påverka havsisen på olika sätt. Om isen antas utgöras av ett jämnt skikt av fast is, skulle en vindkraftpark kunna tänkas ha en förankrande effekt som hämmar isskiktets vind- eller strömgenererade rörelse. Förhållandet mellan vindkraftverkens diameter och inbördes avstånd samt isskiktets krosshållfasthet innebär dock att även måttliga driftkrafter och vindpåverkan på isen kommer att försätta isen i rörelse. Då krossas isen framför respektive vindkraftverk och en delvis öppen vak med krossis bildas nedströms strukturen i isens drifriktning. På uppströmssidan av verket kan krossis komma att torna upp sig i en kil, formad mot isens drifriktning.

Utöver de interaktionseffekter som uppstår mellan själva tornstrukturen och isen, kan isbildning och -rörelse även tänkas påverkas indirekt av att parkens energiutvinning gör luftflödet i lä av parken mindre energirik. Denna typ av påverkan från vindkraftparker utreds exempelvis av SMHI för parker i öppet vatten, men antas vara av underordnad betydelse jämfört med den direkta mekaniska interaktionen mellan tornstruktur och is i rörelse.

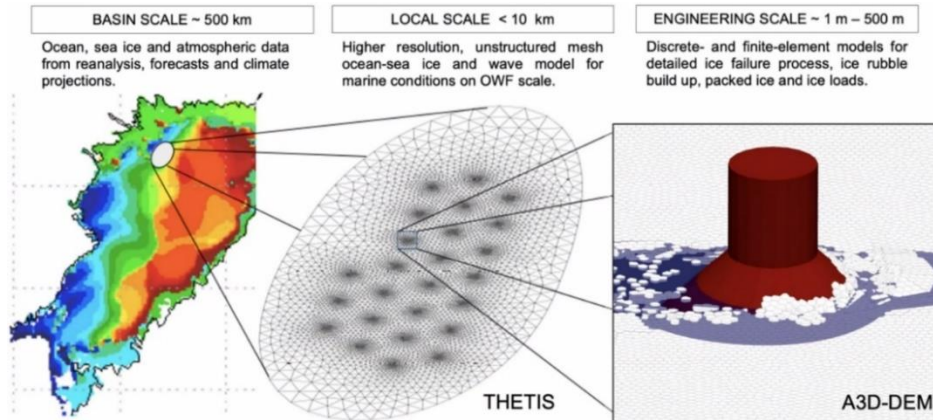
³ Information som framkom under hazid-workshopen



Figur 2.7. Kemi I fyr med en vak av bruten is i isens drifriktning, (foto Finnish Maritime Administration).

Kunskaper om isens kraftpåverkan på enskilda strukturer är idag relativt väl etablerade, och därmed finns förutsättningar för säker konstruktion och dimensionering av vindkraftparker i islagda vatten. Däremot är kunskapsläget om hur en vindkraftpark och den sammantagna bilden av hur iskrossningen kring varje enskild struktur påverkar isbildningen nedströms parkområdet, ofullständigt. Det är dock väl dokumenterat att upprepade isbrytningar i rännor vid låg temperatur leder till att mer och mer vatten exponeras för kyla och att den totala isvolymen succesivt ökar (Sandkvist, 1986). På motsvarande sätt kan en vindkraftpark belägen i ett isfält som rör sig också antas bidra till ökning av den totala ismängden om det sker under en tillfrysningsperiod. Om det däremot sker under en period med mindre kyla kommer inte den totala isvolymen att öka, men krossisens rörlighet kan innebära att den stuvats ihop av vinddrift och ansamlas i stampisvallar. Såväl ökad total isvolym som bildning av stampisvallar eller hopskjuten is, kan bidra till att framkomligheten för fartygstrafiken försvåras och att behovet av isbrytarassistans ökar. Det är dock svårt att i detalj förutsäga hur istäckets karaktär kan tänkas påverkas av en vindkraftpark och metoder för att kvantifiera i vilken omfattning fartygstrafik och behov av isbrytarassistans påverkas saknas idag.

Vid Aalto universitet i Finland pågår ett forskningsprojekt kallat WindySea, som syftar till att förbättra verktygen som krävs för att kunna analysera det komplexa fenomen som påverkan på isen från en vindkraftpark utgör. Modellförsök med rader av cylindriska hinder har, i samarbete med Delft University inom projektet Shiver, utförts i en laboratoriebasäng med is, bl a för att undersöka vibrationsinducerande dynamiska isbrytningsförlopp när isskikt pressas mot cylindriska strukturer. Avsikten är att modellförsöksresultat tillsammans med matematiska modeller för beskrivning av hur kraft och rörelser fortplantas lokalt i omgivande istäcke kring strukturerna, ska kunna kombineras med prognosmodeller för isrörelser i större havsområden under påverkan av vind, vågor och temperatur.



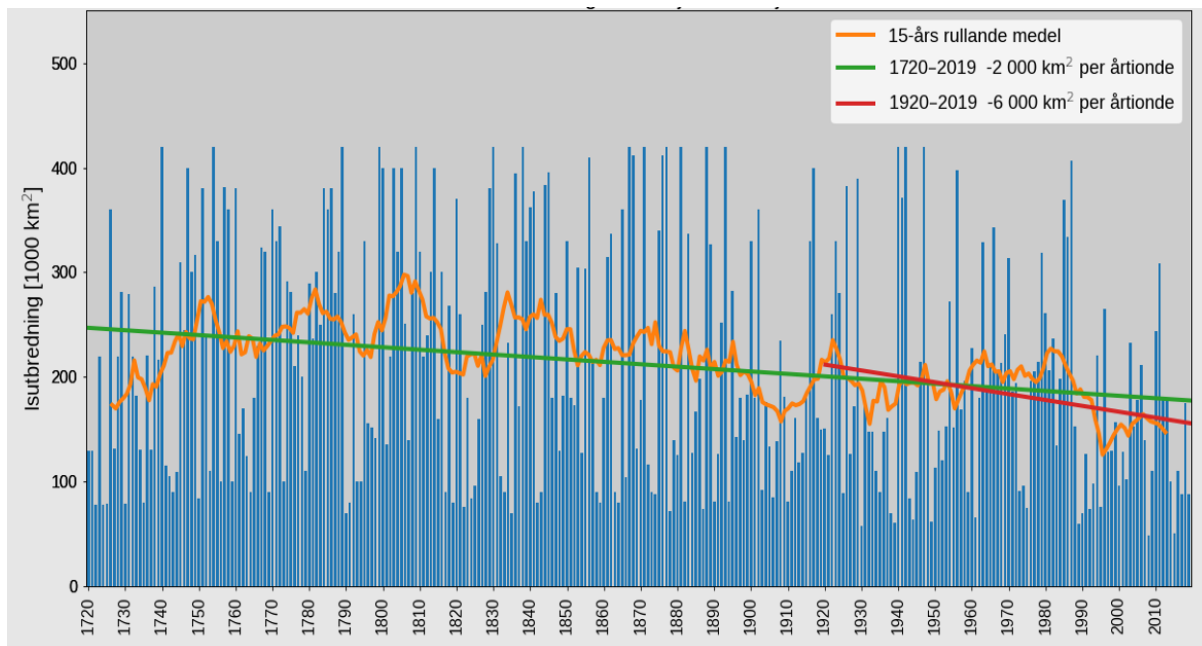
Figur 2.8. Genom att möjliggöra uppbyggande av digitala tvillingar av framtida vindkraftparker i islagda vatten, hoppas projektet WindySea att kunna identifiera parklayouter som minimerar negativ inverkan på havsisen och sjöfartens framkomlighet, samtidigt som dimensioneringsunderlag för strukturer i is kan förbättras.

Kontakter har etablerats med projektet och fortsatt bevakning av resultat och eventuellt erfarenhetsutbyte planeras fortgå mellan berörda parter.

2.1.4 Framtida isförhållanden

Som indikeras i Figur 2.6 kommer den genomsnittliga maximala isutbredningen i Östersjön och Bottenhavet att minska i framtiden när klimatet blir varmare. Isvinterns längd kommer troligtvis att minska men också isens genomsnittliga tjocklek. Störst förändringar väntas dock uppstå i söder medan Bottenhavet och det aktuella området i norra Bottenviken påverkas i mindre grad. Inget pekar dock på att havsisen helt kommer att försvinna från Östersjöregionen under nuvarande sekel. Variationerna år från år kommer att vara stora även i framtiden.

Isläget i Östersjöregionen har kartlagts varje år sedan 1950-talet. Forskare har också återskapat dataserier över isens maximala utbredning från början av 1700-talet. Figur 2.9 visar den observerade maximala isutbredningen i Östersjön för perioden 1720 – 2020. För de senaste 100 åren syns en tydlig nedgång med en minskning på ca 6 000 km² per årtionde.



Figur 2.9 Observerad årlig maximal isutbredning i Östersjön baserat på data från FMI (blå staplar), dess rullande medelvärde med ett 15-års intervall (orange) samt den linjära trenden för hela tidsperioden (grön) och de sista 100 åren (röd) (SMHI, 2021).

Diagrammets röda trendlinje indikerar storleksordningen 10% minskning av maxutbredning per 30-årsperiod, vilket kan vara en utgångspunkt för prognos av förväntad framtida minskning.

Ur ett isbrytnings- och framkomlighetsperspektiv är dock inte maximal utbredning den viktigaste variabeln, men tillsammans med prognostiserad istjocklek ger den en indikation om vilken total ismängd som uppkommer under vintersäsongen. Det är dock viktigt att notera att tunnare isskikt under inverkan av vind bryts upp och kan skjutas samman till mäktiga och svårforcerade stampisvallar och andra svårforcerade ishinder.

För att underlätta bedömning av hur förväntade framtida klimatförändringar kommer att påverka vintersjöfartens förutsättningar, har SMHI i samråd med Sjöfartsverket, identifierat ett antal kompletterande indikatorer, utöver de traditionella mätetalen för maximal isutbredning och längd av issäsongen, (SMHI, 2021). Dessa kompletterande indikatorer omfattar istjocklek för jämn is, iskoncentration av deformerad is, istjockleksfördelning, isdrift samt isklassbaserade sjötrafikrestriktioner. Historiska dataobservationer och etablerade klimatsceniomodeller har nyttjats för att uppskatta de tillkommande variablerna men osäkerheten bedöms vara större än för prediktering av de traditionella indikatorerna.

Indikatorerna har uppskattats utifrån en referensperiod från 1975 – 2004 och resultaten har sammanställts för två olika tidshorisonter. Dels för en period 20 år framåt i tiden, dels för en period 50 år framåt i tiden. Beräkningarna redovisas för två olika klimatsceniomodeller vilka ger ett intervall av förväntade förändringar (Representative Concentration Pathway, RCP 4,5 och RCP 8,5). För vissa av indikatorerna gäller uppskattningen specifikt för Bottenviken och för maximal tjocklek av fast is presenteras även värden för specifika hamnar. I Tabell 2.1 presenteras indikatorerna för 20 respektive 50 års-horisonter och med en spridning representerad av de två klimatmodellerna.

Tabell 2.1. Förväntade framtida isförhållanden i Bottenviken karakteriserade av olika indikatorer för en period 20 år framåt i tiden och en period 50 år framåt i tiden. Värdena för de två olika klimatscenerierna RCP 4,5 respektive RCP 8,5 reflekterar ett osäkerhetsspann. Tabellvärdena är sammanställda utifrån resultat redovisad av SMHI 2021,

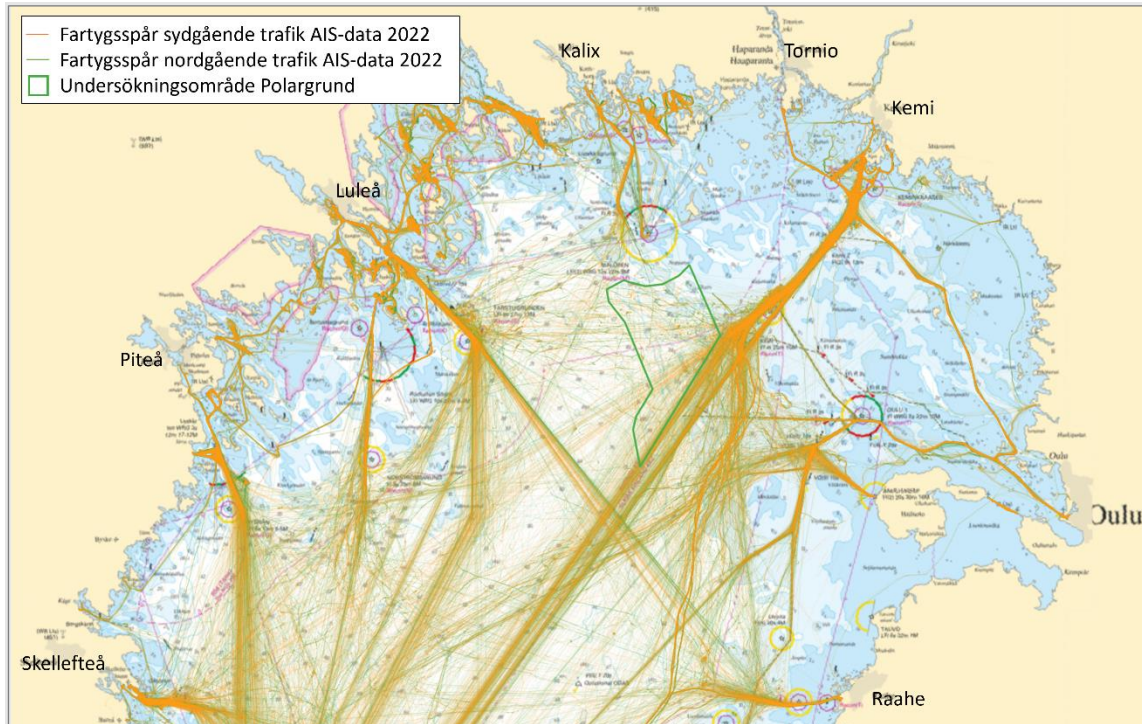
Indikator	Kontrollperiod (1975-2004) referensvärde	Om 20 år (2025-2054)		Om 50 år (2025-2054)	
		RCP 4,5	RCP 8,5	RCP 4,5	RCP 8,5
Maximal isutbredning Medelvärde hela Östersjön	179 000 km ²	114 000 km ² 36 % minskning	97 000 36 % minskning	106 000 41 % minskning	67 000 63 % minskning
Issäsongsens längd Bottenviken dagar	204 dagar	183 dagar 10 % minskning	176 dagar 14 % minskning	178 dagar 13 % minskning	156 dagar 24 % minskning
Medelstjockleken på jämn is i Bottenviken	42 cm	31 cm 26 % minskning	28 cm 33 % minskning	28 cm 33 % minskning	25 cm 40 % minskning
Jämnisens maximal tjocklek i Luleå hamn	75 cm	62 cm 17 % minskning	58 cm 23 % minskning	57 cm 24 % minskning	45 cm 40 % minskning
Jämnisens maximal tjocklek i Skellefteå hamn	56 cm	40 cm 29 % minskning	36 cm 36 % minskning	35 cm 28 % minskning	25 cm 55 % minskning
Iskoncentration deformerad is*, (is tjockare än 1,5 m)	14–15 %	10–11 %	9–10 %	8–9 %	6–7 %
Isklassbaserad trafikrestriktion Luleå Antal dagar per issäsong	1C//	24		32 (ökn 8 dgr)	42 (ökn 18 dgr)
	1B	38		48 (ökn 10 dgr)	44 (ökn 6 dgr)
	1A	113		58 (minsk 55 dgr)	23 (minsk 90 dgr)
	Tot	175		138 (minsk 37 dgr)	109 (minsk 66 dgr)
Isklassbaserad trafikrestriktion Skellefteå Antal dagar per issäsong	1C//	40		47 (ökn 7 dgr)	43 (ökn 3 dgr)
	1B	58		41 (minsk 17 dgr)	16 (minsk 42 dgr)
	1A	50		6 (minsk 44 dgr)	1 (minsk 49 dgr)
	Tot	148		94 (minsk 54 dgr)	60 (minsk 88 dgr)

*Avläst från färgkodad karta för området vid Polargrund

Med tanke på den tidsperiod som kan antas rimlig till dess den planerade vindkraftparken är byggd och dess förväntade livslängd, förefaller det tabellerade 20-års scenariot representera en relevant bild av under vilka isförhållanden som parken kommer att vara i drift och de förhållanden som kan väntas råda för fartygstrafik och isbrytarverksamheten.

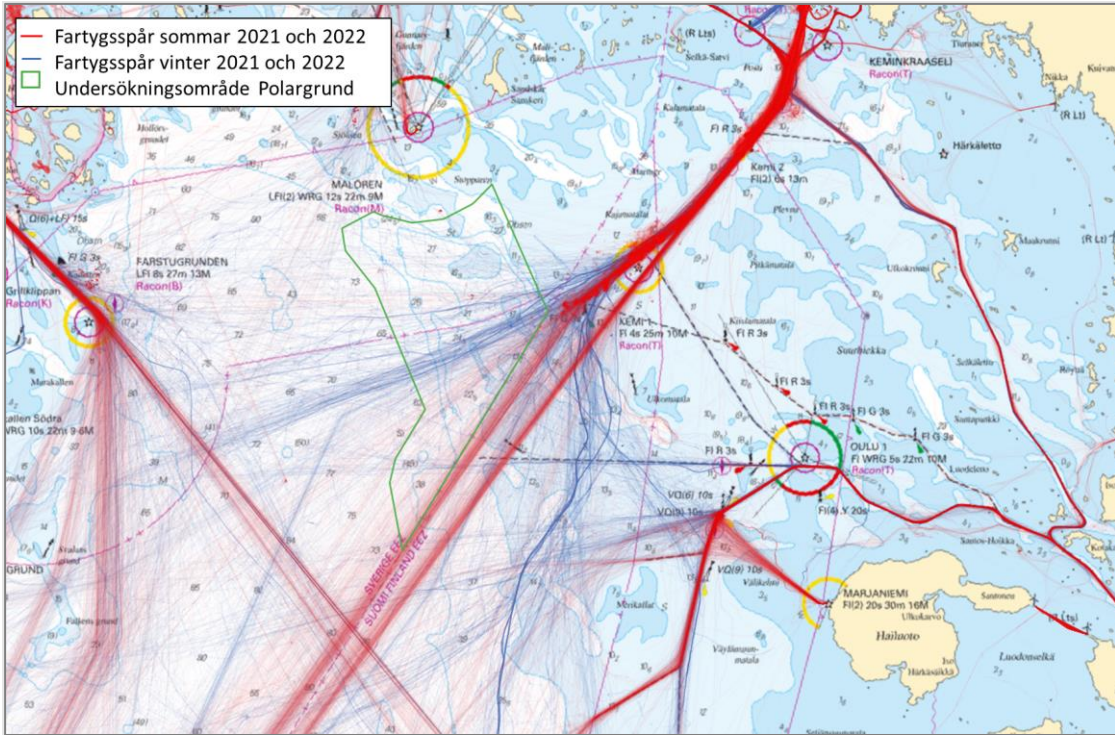
2.2 Trafikmönster och passagestatistik

Figur 2.10 visar trafikmönstret i den aktuella delen av Bottenviken baserat på AIS-data från 2022. Undersökningsområdet ligger utmed fartygsstråket med trafik mellan Norra Kvarken och fyren Kemi 1 vid inseglingen till Kemi samt Torneå. Undersökningsområdets södra spets ligger ca 6 M (10 km) från fartygsstråket mellan Luleå och Brahestad. Trafik mellan Kemi och Luleå samt trafik mellan Kemi och Skellefteå respektive Piteå trafikerar genom det aktuella undersökningsområdet.



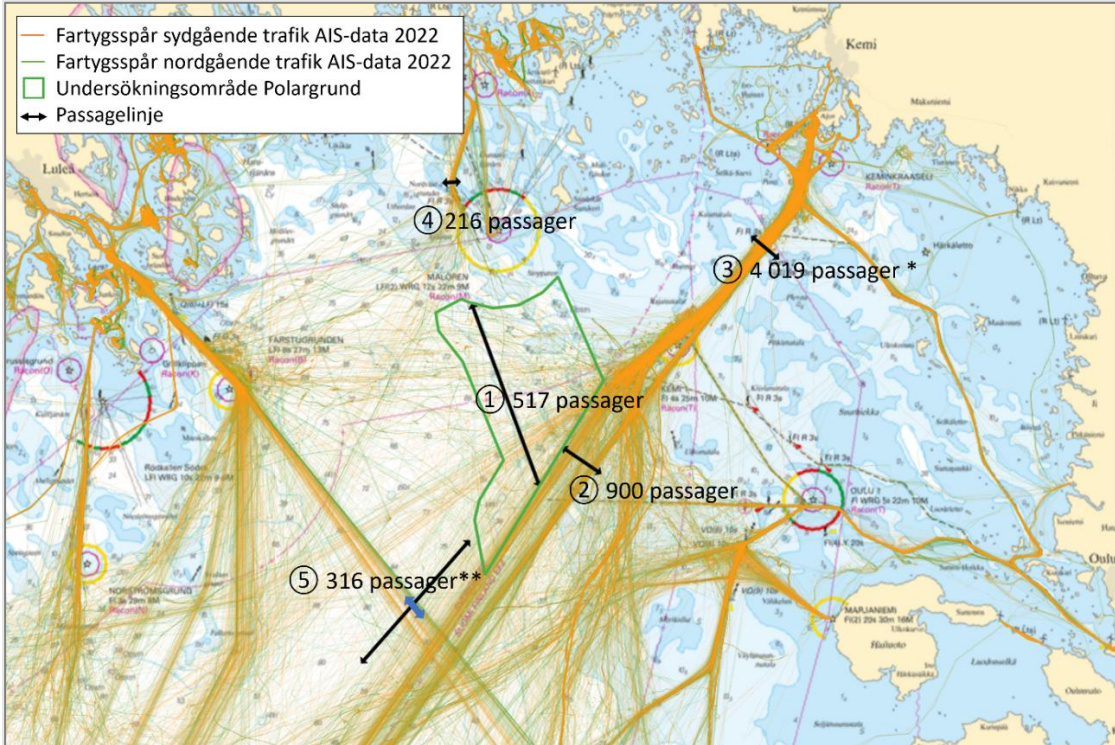
Figur 2.10 Trafikmönster baserat på fartygsspår från AIS-data från år 2022.

Vintertid när det är is i området går fartygen på andra rutter än under isfria förhållanden och trafikmönstret mellan vinter och sommar skiljer sig därför mycket åt. I Figur 2.11 har fartygsspåren från vintermånader (december – april) separerats från fartygsspåren från sommarmånader (maj – november). Trafikmönstret vintertid varierar dock kraftigt beroende på den aktuella issituationen, både inom respektive issäsong samt mellan olika issäsonger.



Figur 2.11 Trafikmönster vintertid (blått) respektive sommartid (rött) baserat på AIS-data från 2021 och 2022.

För att analysera trafikintensiteten i den aktuella delen av Bottenviken har fem passagelinjer definierats, se Figur 2.12, för vilka passagestatistik redovisas.

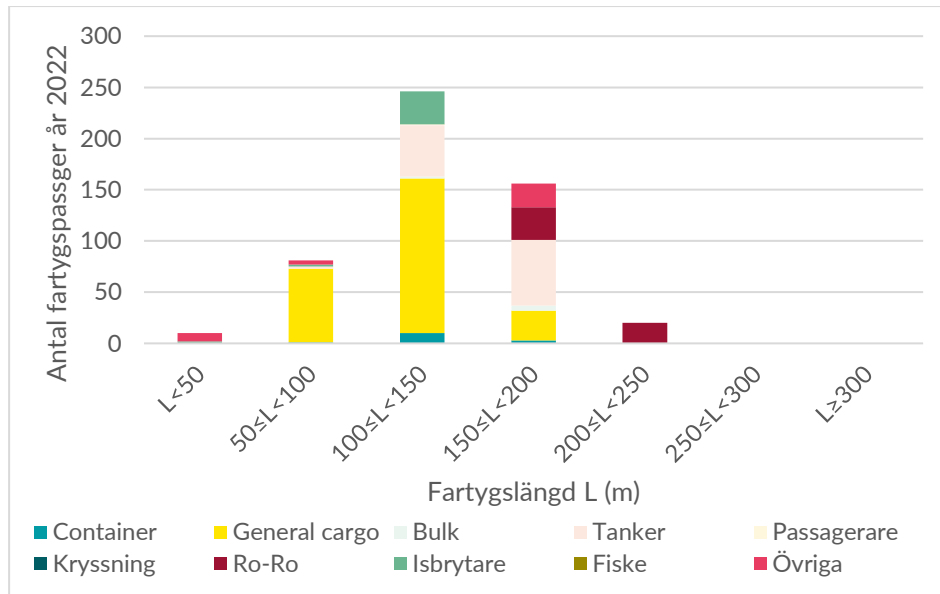


Figur 2.12 Fem passagelinjer har definierats för analys av trafikintensitet i området. Figuren redovisar totalt antal passager över respektive linje år 2022. I figuren har nord- och sydgående separerats och visas i olika färger. Den sydgående (orange) ritas i figuren över den nordgående (grön) och blir därför mer synlig. *varav 1 793 passager var fartyg med längd mindre än 50 m vilka till största delen var fartyg som var involverade i muddringsarbeten av farleden. ** Avser fartyg med nordvästlig samt sydöstlig kurs.

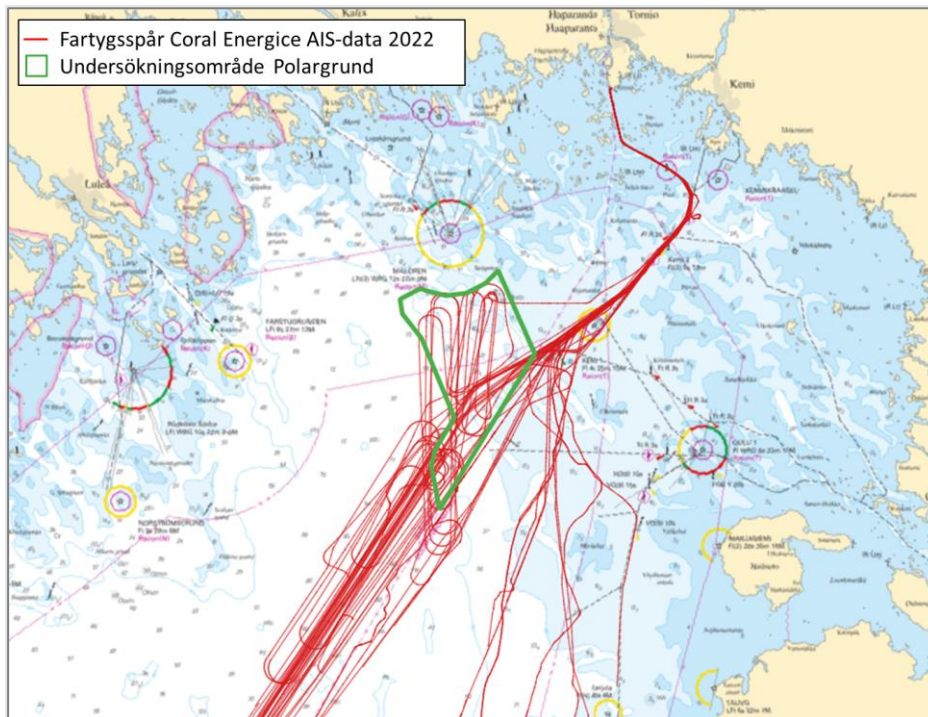
2.2.1 Passagelinje 1 – Trafik genom undersökningsområdet

Totalt passerade 517 fartyg över linje 1 år 2022. En stor del av fartygen var general cargo -fartyg i storleken 100 – 150 m men även isbrytare, större tankfartyg och Ro-Ro-fartyg registrerades, se Figur 2.13. En del av trafiken över linje 1 utgörs av fartyg på stråket mellan Norra Kvarken och Kemi fyr och passerade över linje 1 i sydost.

I Torneå finns en LNG-terminal och det mest frekventa fartyget över linje 1 var LNG-tankern Coral Energyce med en längd på 164 m som registrerades för 38 passager. Figur 2.14 visar fartygsspåren från Coral Energyce i området under 2022.



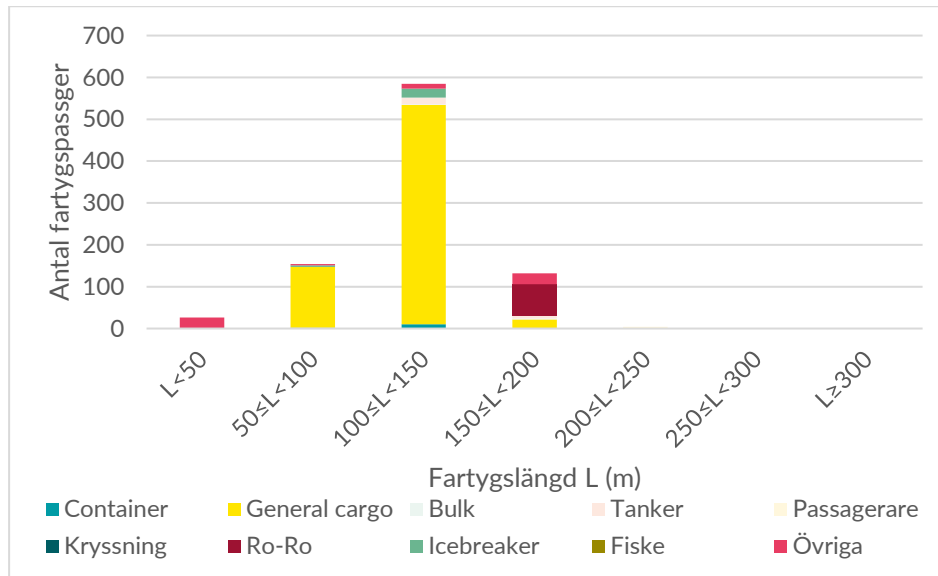
Figur 2.13 Antal fartygspassager över linje 1 år 2022 fördelat på fartygsstorlek och fartygstyp.



Figur 2.14 Fartygsspår från LNG-tankern Coral Energyce under år 2022.

2.2.2 Passagelinje 2 – Sydost om undersökningsområdet

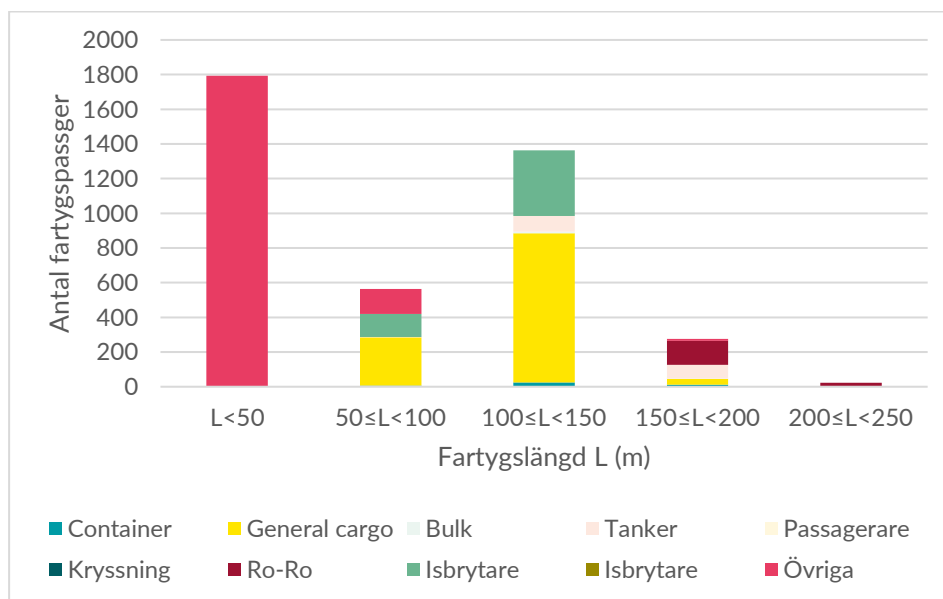
Passagelinje 2 avser trafiken på fartygsstråket mellan Kemi fyr och Norra Kvarken som ligger utmed den sydöstra sidan av undersökningsområdet. En stor del av fartygen över linje 2 utgörs av general cargo-fartyg med längd mindre än 150 m, se Figur 2.15. Även större Ro-Ro-fartyg trafikerade över linje 2. Totalt passerade 900 fartyg över linje 2 under 2022. Baserat på Sjöfartsverkets och Transportstyrelsens kriterium för bedömning av manöverutrymme är det dimensionerade fartyget på stråket 191 m långt (det största fartyget i 98 percentilen av samtliga fartygspassager av fartyg med en längd större än 70 m).



Figur 2.15 Antal fartygspassager över linje 2 år 2022 fördelat på fartygsstorlek och fartygstyp.

2.2.3 Passagelinje 3 – Insegling Kemi (Torneå)

Under 2022 pågick muddringsarbeten i farleden till Kemi och ett stort antal av passagerarna över linje 3 utgörs av arbetsfartyg (omfattas av "övriga") med en längd på mindre än 50 m; 1 793 passager av totalt 4 019 passager, se Figur 2.16. Den dimensionerade fartygslängden för manöverutrymme är 193 m baserat på kriteriet det största fartyget i 98-percentielen för fartyg över 70 m.

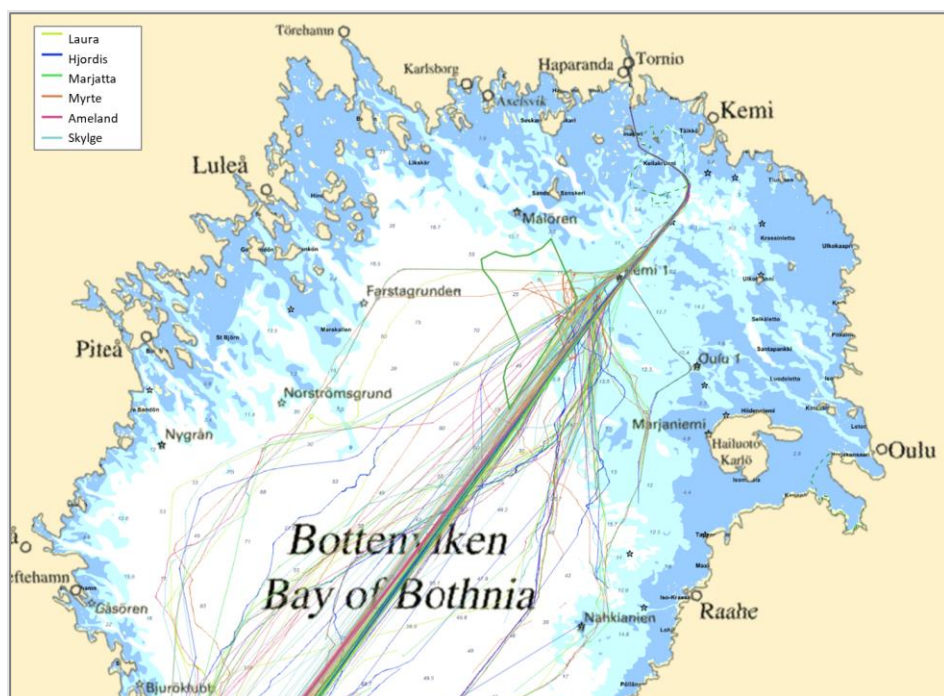


Figur 2.16 Antal fartygspassager över linje 3 år 2022 fördelat på fartygsstorlek och fartygstyp.

Torneå trafikeras av general cargo-fartyg och dessa utgör en stor del av trafiken över linje 3. Under 2022 passerade sex general cargo-fartyg med längd på ca 120 m ca 50 gånger vardera över linje 3, se Tabell 2.2, vilket innebär totalt ca 300 anlöp/avgångar till Torneå 2022. Figur 2.17 visar fartygsspår för dessa sex general cargo-fartyg. Fartygen angör inga andra hamnar i Bottenviken och i de flesta fall går fartygen på det raka stråket mellan Kemi 1 och Norra Kvarken. I figuren syns att fartygen i vissa fall har gått på andra, mer slingra, rutter. Detta antas i de flesta fall vara vintertid och med hänsyn till rådande isläge.

Tabell 2.2 General cargo-fartyg som trafikerade Torneå under 2022 och som gjorde ca 50 passager vardera över linje 3.

Fartygsnamn	Fartygstyp	Längd	Bredd	Djupgående	Antal passager
Laura	General cargo	120	18	6,9	50
Hjordis	General cargo	120	18	7,2	50
Marjatta	General cargo	120	18	6,4	48
Myrte	General cargo	122	16	5,4	48
Ameland	General cargo	122	16	7,2	48
Skylge	General cargo	122	16	7,4	45

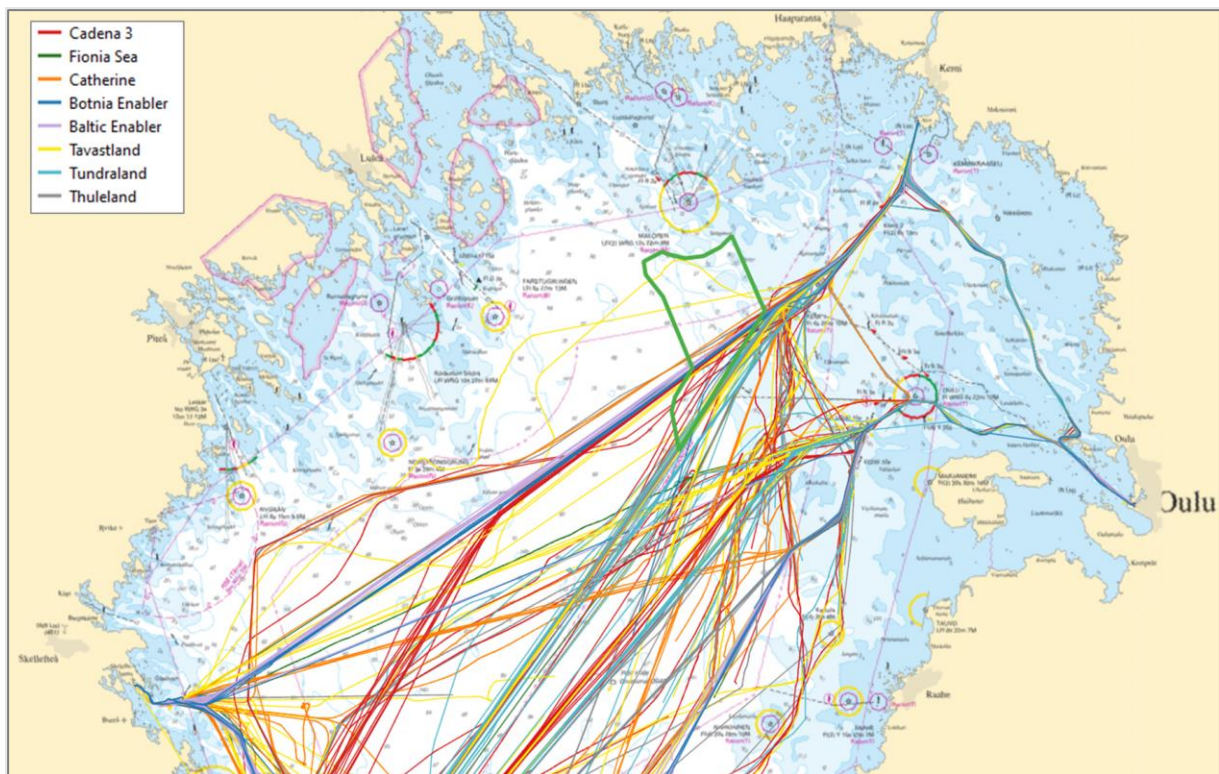


Figur 2.17 Fartygsspår baserat på AIS-data från 2022 från sex general cargo-fartyg med längd på ca 120 m som trafikerar Torneå frekvent.

Kemi trafikeras av Ro-Ro-fartyg. Under 2022 passerade åtta olika Ro-Ro-fartyg över linje 3. Av dessa är sex ca 190 m varav fyra passerade ca 30 gånger vardera, se Tabell 2.3. Sedan mitten av 2022 har Wallenius SOL satt in två nya större Ro-Ro (/Con-Ro, kombinerade container- och Ro-Ro-fartyg) i trafik i Bottenviken: Botnia Enabler och Baltic Enabler. Dessa är båda 242 m långa, har högsta isklass; 1A Super, och trafikerar flera hamnar i Bottenviken. Även Thuleland, Tundraland och Tavastland som också ägs av Wallenius SOL, har alla isklass 1A Super. Resterande tre fartyg har näst högsta isklass 1A. Figur 2.18 visar fartygsspår från de åtta Ro-Ro-fartygen under 2022.

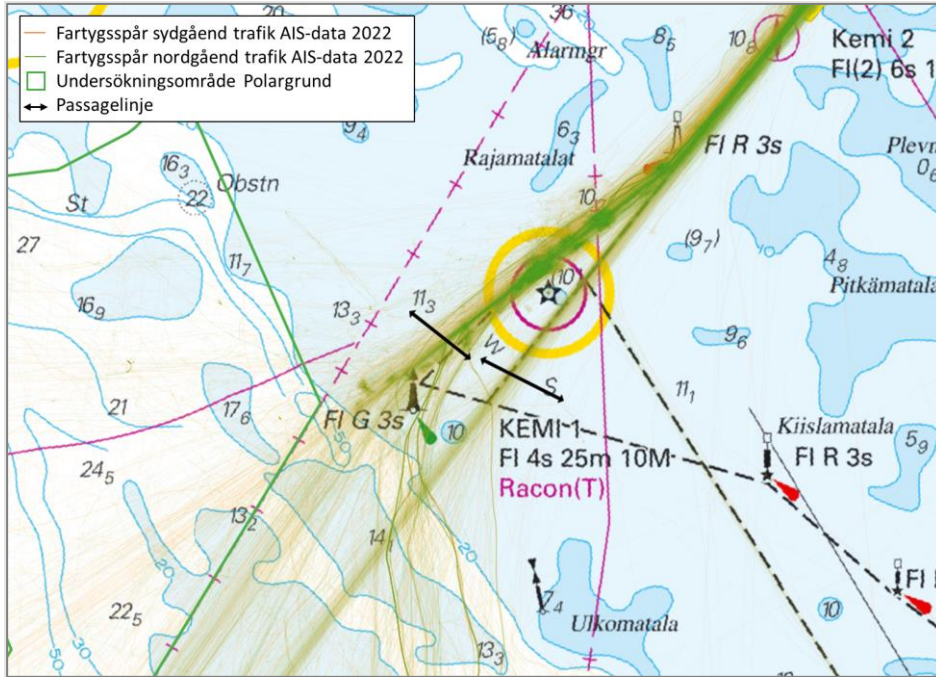
Tabell 2.3 Åtta olika Ro-Ro-fartyg passerade över linje 3 under 2022.

Fartygsnamn	Längd (m)	Bredd (m)	Djupgående (m)	fartygstyp	Isklass	Antal passager
Thuleland	190	26	6,9	Ro-Ro	1A Super	38
Tavastland	190	26	7	Ro-Ro	1A Super	30
Tundraland	190	26	7,2	Ro-Ro	1A Super	28
Cadena 3	193	26	6	Ro-Ro	1A	28
Catherine	182	26	6,9	Ro-Ro	1A	13
Botnia Enabler	242	36	7	Ro-Ro/Con-Ro	1A Super	12
Baltic Enabler	242	36	7,6	Ro-Ro/Con-Ro	1A Super	8
Fionia Sea	187	26	6,3	Ro-Ro	1A	2



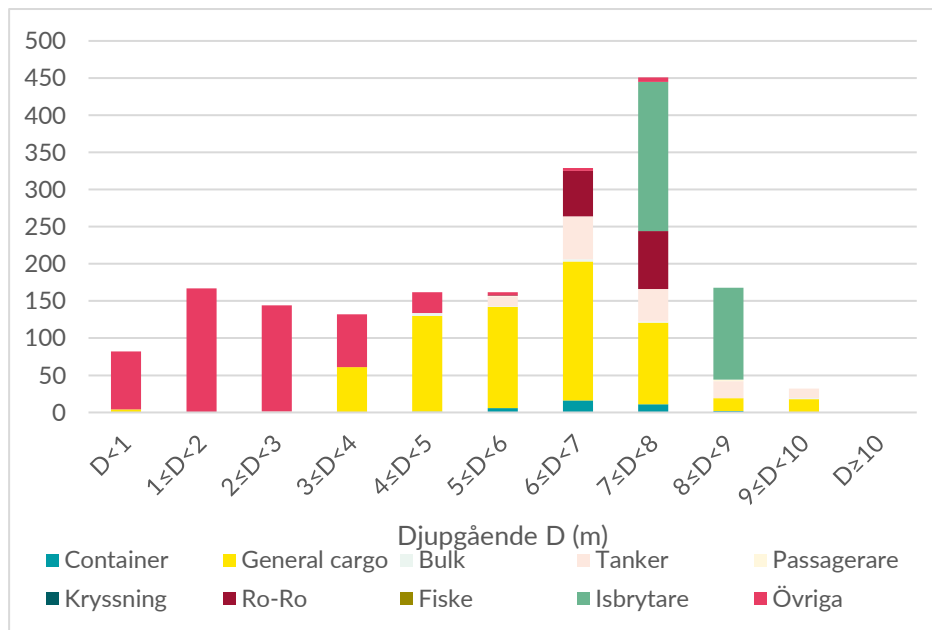
Figur 2.18 Fartygsspår baserat på AIS-data från 2022 för åtta Ro-Ro-fartyg som passerat över linje 3.

För insegling mot Kemi finns två farleder: en väst om Kemi 1 och en öst om Kemi 1. Den västra har större ramar djup, 14,8 m, att jämföra med 9,8 m för den östra. För den västra farleden är det dimensionerande djupgåendet 12 m och för den östra är det dimensionerande djupgåendet 8 m. För att analysera trafiken i respektive farled har två passagelinjer definierats.

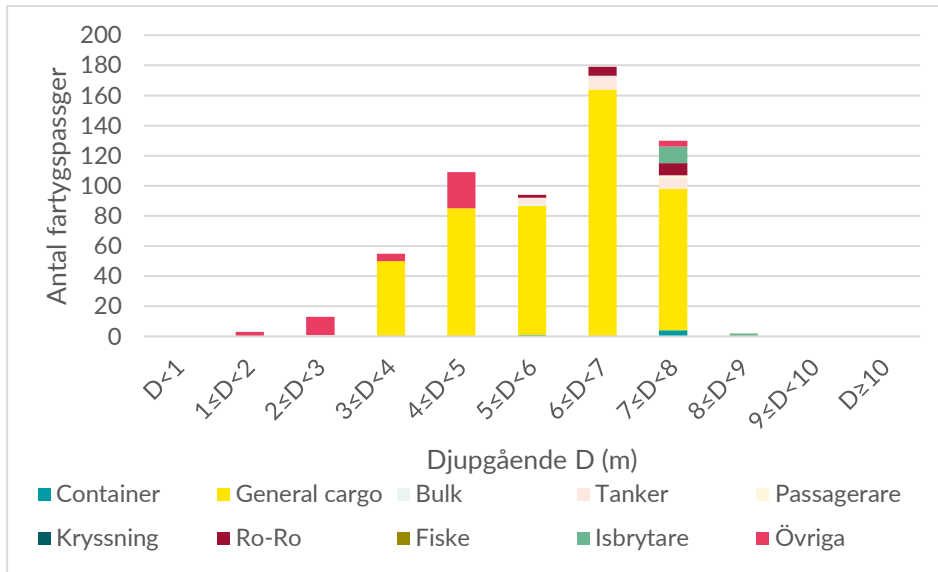


Figur 2.19 För insegling mot Kemi finns två farleder: en väster om Kemi 1 och en öster om Kemi 1. För att analysera trafiken i respektive farled har två passagelinjer definierats.

Figur 2.20 och Figur 2.21 visar antalet passager under 2022 i den västra respektive den östra farleden fördelat på fartygstyp och fartygens djupgående. Muddringsarbetena som genomfördes under 2022 skedde i den västra farleden vilket har medfört ett stort antal passager av "övriga" med litet djupgående ($D < 4$ m). Av figurerna framgår att den västra farleden trafikeras mest frekvent och att den östra farleden främst nyttjas av fartyg med ett mindre djupgående. Fartyg med ett djupgående på 8 m eller mer nyttjar den västra. Det totala antalet passager i den västra farleden var 1 829, av dessa stod dock mindre fartyg ($L < 100$ m) av typen "övriga" för ca 500 passager. Antalet passager i den östra farleden var 901, av dessa stod mindre fartyg av kategorin "övriga" för 28 av passagera.



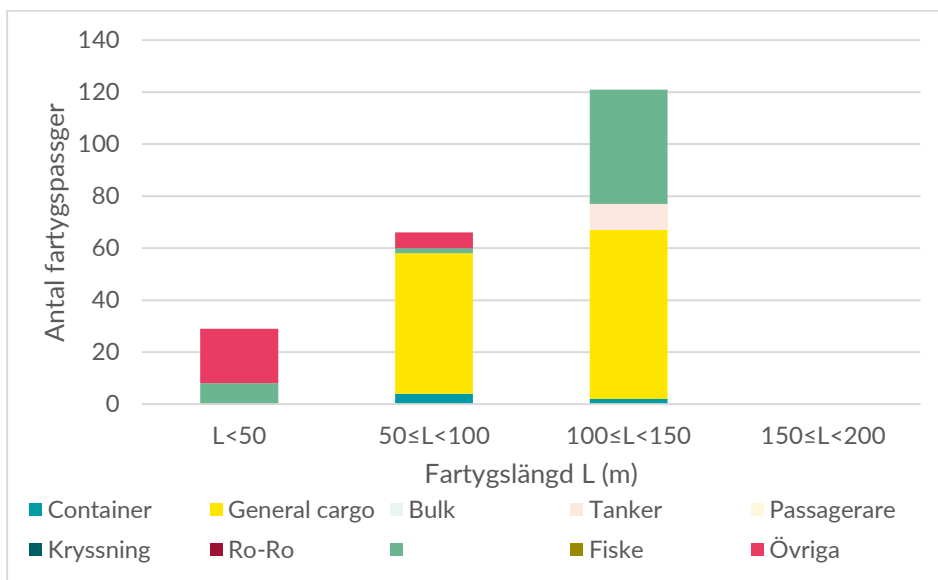
Figur 2.20 Antal fartygspassager i farleden väster om fyren Kemi 1 fördelat på fartygstyp och djupgående.



Figur 2.21 Antal fartygspassager i farleden öster om fyren Kemi 1 fördelat på fartygstyp och djupgående.

2.2.4 Passagelinje 4 – Trafik till Kalix/Karlsborg

Undersökningsområdets nordvästra hörn ligger nära där fartygstrafiken till och från Kalix och hamnen i Karlsborg passerar. Totalt passerade 216 fartyg över linje 4 under 2022. Trafiken över linje 4 utgörs av mindre fartyg, de största fartygen som passerade 2022 hade en längd på ca 130 m, se Figur 2.22. Handelssjöfarten utgörs främst av general cargo-fartyg för transporter till och från Billeruds pappersbruk i Karlsborg. General cargo-fartyget Halland, som var det mest frekventa handelsfartyget över linje 4 med 8 passager, har isklass 1A.

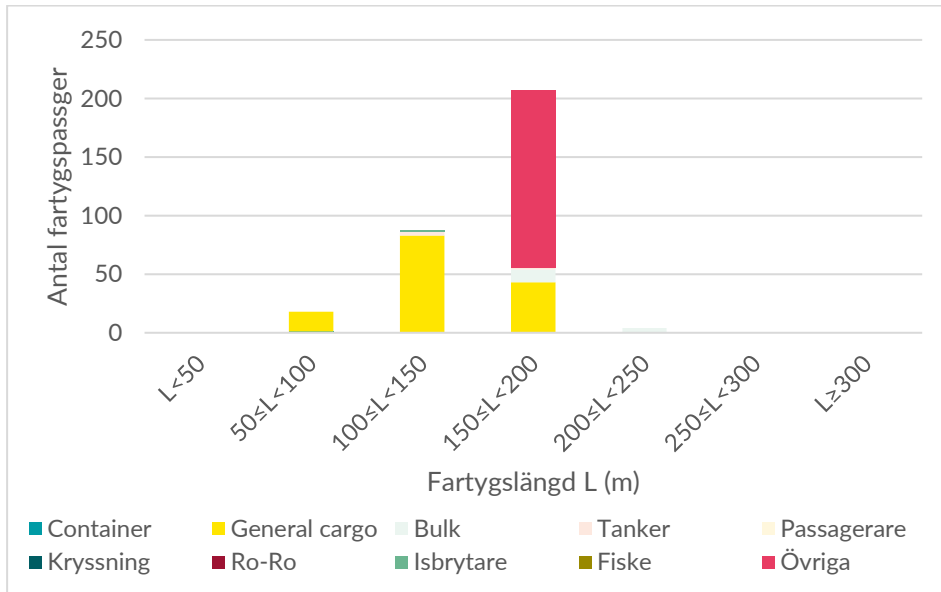


Figur 2.22 Antal fartygspassager över linje 4 år 2022 fördelat på fartygsstorlek och fartygstyp.

2.2.5 Passagelinje 5 – Stråk mellan Luleå och Brahestad

Totalt registrerades 419 passager över linje 5 under 2022. Av dessa hade 316 en nordvästlig eller en sydostligkurs och kan därmed antas trafikera stråket mellan Luleå och Brahestad. Figur 2.23 visar statistik för de 316 passagera på stråket. Fartygstypen övriga utgörs till stor del av "pusher tugs" som bogserar pråmar mellan Luleå och Brahestad. Figur 2.24 visar den mest frekventa "pusher tugen", Steel, under bogsering av pråm. Steel registrerades för 85 passager över linje 5 år 2022. Den dimensionerade

fartygslängden för manöverutrymme på stråket är 167 m baserat på kriteriet det största fartyget i 98-percentielen för fartyg över 70 m.



Figur 2.23 Antal fartygspassager i nordvästlig/sydostlig riktning över linje 5 år 2022 fördelat på fartygsstorlek och fartygstyp.



Figur 2.24 Pusher tug Steel under bogsering av en pråm.

2.2.6 Variation mellan år

Tabell 2.4 och Tabell 2.5 visar sammanställningar av antal fartygspassager över linje 1 och 2, genom undersökningsområdet respektive sydost om undersökningsområdet, för åren 2018 – 2022. För att kunna se eventuella variationer av trafikintensitet i och omkring undersökningsområdet totalt sett redovisar

Tabell 2.6 hur många passager som sammanlagt skedde över linje 1 och 2 under åren 2018–2022.

Antalet passager över linje1, genom området, var högst 2021, med 916 passager (se Tabell 2.4). Antalet passager över linje 2 var högst 2018 med 1 269 passager (se Tabell 2.5). Det sammanlagda antalet passager var som högst under 2019, med 1 728 passager (se Tabell 2.6), vilket är ca 22% fler än under 2022 när det totala antalet passager var 1 418. Det genomsnittliga antalet passager för perioden är 1 610, vilket är 14% högre än under 2022. Antalet

isbrytarassistanser varierar beroende på hur svåra isförhållandena har varit och hur många fartyg som har behövt assistans. Även om antalet passager av isbrytare exkluderas är antalet passager under 2022 lägre än genomsnittet för perioden.

Tabell 2.4 Jämförelse av antal fartygspassager över linje 1 (trafik genom området) åren 2018 - 2022

	2018	2019	2020	2021	2022
Container	66	84	46	53	14
General cargo	156	316	208	412	252
Bulk	1	5	0	6	7
Tanker	60	103	85	119	116
Passagerare	2	1	0	1	1
Ro-Ro	23	40	15	63	52
Isbrytare	27	0	27	248	36
Fiske	0	0	0	0	4
Övriga	24	170	8	14	35
Totalt	359	719	389	916	517

Tabell 2.5 Jämförelse av antal fartygspassager över linje 2 (trafik sydost om området) åren 2018 - 2022.

	2018	2019	2020	2021	2022
Container	89	82	63	11	12
General cargo	878	713	808	732	691
Bulk	8	4	0	2	4
Tanker	88	77	79	50	22
Passagerare	2	2	0	2	5
Ro-Ro	119	99	89	84	76
Isbrytare	85	29	21	15	25
Övriga	0	3	3	11	66
Totalt	1 269	1 009	1 063	907	901

Tabell 2.6 Jämförelse av sammanlagt antal fartygspassager genom eller sydost om området (totalt antal passager över linje 1 och 2) åren 2018 - 2022.

	2018	2019	2020	2021	2022
Container	155	166	109	64	26
General cargo	1034	1029	1016	1144	943
Bulk	9	9	0	8	11
Tanker	148	180	164	169	138
Passagerare	4	3	0	3	6
Ro-Ro	142	139	104	147	128
Isbrytare	112	29	48	263	61
Fiske	0	0	0	0	4
Övriga	24	173	11	25	101
Totalt	1 628	1 728	1 452	1 823	1 418
<i>exkl. isbrytare</i>	<i>1 516</i>	<i>1 699</i>	<i>1 404</i>	<i>1 560</i>	<i>1 357</i>

3 Riskidentifiering

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

Undersökningsområdet trafikeras idag av fartygstrafik och ligger också i direkt anslutning till fartygsstråket mellan Norra Kvarken och Kemi 1. Isförhållandena vintertid kan också vara svåra med stor påverkan på fartygstrafiken och isbrytare behövs vintertid för att möjliggöra trafik till hamnarna i området. 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 parkområdet, så kallad allision, och därmed eventuell risk för allision med vindkraftverken. Även faror specifikt kopplade till vintersjöfarten och isförhållandena i området identifieras. Även indirekta faror, exempelvis möjligheterna till sjö- och miljöräddning samt eventuell påverkan på möjligheterna till nödankring identifieras.

3.1 Hazid

En Hazid-workshop (Hazard Identification workshop) med syfte att identifiera alla tänkbara faror som kan uppstå till följd av vindkraftpark Polargrund genomfördes 24 april 2023. På mötet deltog representanter för Kustbevakningen och Transportstyrelsen samt Sjöfartsverket som deltog med representanter för lotsning, isbrytning och infrastruktursamordning. Även de finska myndigheterna Transport- och kommunikationsverket (Traficom) och Trafikledsverket (Väylä) var representerade med expertis på isbrytning, vintersjöfart och riskanalysarbete. Även aktörer från området såsom representanter från Billeruds anläggning i Karlsborg och Shorelink som är operatör i hamnarna i Kalix, Luleå, Piteå och Skellefteå deltog i mötet. Wallenius Sol, vars fartyg trafikerar området, hade inte möjlighet att delta på mötet men har delgivits material från workshopen och har lämnat information och synpunkter i efterhand.

Workshopen strukturerades genom en uppdelning i sex olika delar: Fartygsstråk sydost om Polargrund, fartygsstråk/trafik väster om Polargrund (till/från Kalix/Karlsborg), trafik vid södra spetsen av Polargrund, trafik norr om Polargrund, övrig sjötrafik/allmänt samt anläggningsfas. Eftersom förutsättningarna skiljer sig mycket åt mellan vinter och sommar har farorna delats upp på vinter respektive sommar för varje område (med undantag för etableringsfasen, eftersom denna antas genomföras under den isfria säsongen).

Samtliga identifierade potentiella faror, dess primära orsak, möjliga preventiva säkerhetsåtgärder samt omedelbara och slutliga konsekvenser dokumenterades i ett Hazid-protokoll, se appendix 1.

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

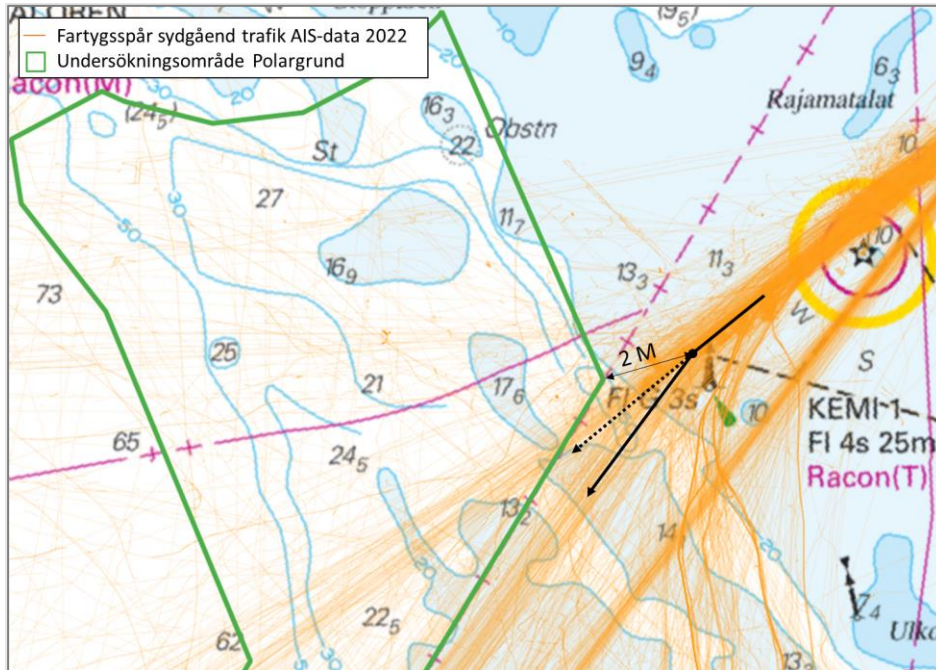
3.1.1 Fartygsstråk/trafik sydost om Polargrund

Sommar (isfria förhållanden)

Undersökningsområdet ligger i nära anslutning till fartygsstråket mellan Kemi och Norra Kvarken, och i söder överlappas även stråket delvis av undersökningsområdet. För sydgående fartyg som passerar på stråket finns därmed inte utrymme att göra en undanmanöver i form av en 360-gradersgir vilket innebär att kollision kan uppstå i en situation med två fartyg på kollisionskurs. Alternativt kan det innebära att en *powered allision* uppstår om ett fartyg trots ett litet utrymme gör en undanmanöver för att undvika en kollision. Det korta avståndet till vindkraftparken innebär också att möjligheterna för att hinna nödankra i det fall ett fartyg drabbas av blackout och driver mot parken är mycket begränsande. Undersökningsområdets sydöstra gräns är inte parallell med fartygsstråket vilket gör att vindkraftparken inte kan nyttjas som ett navigatoriskt hjälpmedel. Detta identifieras också kunna innebära att *powered*

allision kan uppstå eftersom sydgående fartyg på stråket har en "peka-på-kurs" mot de sydliga delarna av parken.

Fartyg på väg ut från Kemi har vid passage väster om fyren Kemi 1 och väster om den gröna prickn "peka-på-kurs" mot vindkraftparken östra hörn, vilket innebär att *powered allision* kan uppstå, se Figur 3.1. Girpunkten för dagens fartygstrafik mot Norra Kvarken ligger ca 2 M från undersökningsområdets hörn.



Figur 3.1 Fartygstrafiken som på utgående passerar väster om Kemi 1 kommer att ha "peka-på-kurs" mot undersökningsområdet innan de girar vid den gröna prickn.

Vindkraftparken kommer också innebära att den trafik som i dagsläget passerar genom undersökningsområdet, ca 500 passager per år, kommer att behöva passera på den sydöstra sidan i stället. Detta innebär att trafiken intensifieras på stråket utmed den sydöstra sidan. Den minskade spridningen och den ökade trafiken på stråket innebär att sannolikheten för en kollision ökar.

Trafik på utgående från Uleåborg kommer att ha en "peka-på-kurs" mot vindkraftparkens sydöstra sida vilket innebär att *powered allision* kan uppstå.

Trafiken utmed den sydöstra sidan kommer troligen att passera på ett avstånd mindre än 1,5 M från vindkraftparken vilket innebär att störningar på fartygens radar kan uppstå, vilket i sin tur kan innebära att kollision exempelvis på grund av en för sen upptäckt av annat fartyg.

Vinter

Även vintertid föreligger risk för kollision och allision med anledning av det begränsade utrymmet mellan vindkraftparken och fartygsstråket. I isbelagt vatten är det dock än svårare att manövrera och is kan göra att utrymmet som krävs för ett fartyg ska kunna göra en 360-gradersgir är större än i normala fall. Även för fartyg med högsta isklass, 1A Super, såsom Botnia Enabler och Baltic Enabler, påverkas manövrerbarheten i is. I det fall det är mycket is kommer dock fartygen att bromsas upp och eventuellt fastna i isen i det fall de försöker göra en 360-gradersgir. I situationer med mindre is kan det dock vara möjligt att göra en 360-gradersgir, även om isen försämrar manöverförmågan.

Det korta avståndet mellan stråket och vindkraftparken gör att fartyg som fastnar i isen kan komma att driva in i vindkraftparken om isen rör sig mot parken och de inte hinner få assistans av isbrytare. Drifhastigheten för is kan vara 0,5 – 2 knop⁴.

Vintertid används den för tillfället bästa och säkraste rutten för aktuella isförhållanden. Med vindkraftparken minskar antalet alternativa rutter vilket gör att fartygstrafiken kan tvingas gå på svårare rutter genom isen än vad som hade varit fallet utan vindkraftpark.

Isbrytarna rullar mycket i grov sjögång när de går i öppet vatten och väljer därför normalt sett transitrutter för att undvika besvärande rullning. Vindkraftparken kan medföra att möjligheterna att välja rutter undviker besvärande rullning minskar.

I många fall kommer fartyg behöva assistans för att säkert kunna passera utmed vindkraftparken vilket gör att de kommer behöva invänta assistans söder om vindkraftparken. Detta innebär längre sträckor för assistans samt längre transitsträckor för isbrytarna vilket ökar behovet av isbrytarkapacitet vilket i sin tur kan medföra förseningar och lång väntetid. Fartyg som väntar på assistans i närhet till vindkraftparken riskerar också att driva in i vindkraftparken om förhållandena är ogynnsamma.

3.1.2 Fartygsstråk/trafik väster om Polargrund (till/från Kalix/Karlsborg)

Sommar

Trafik till och från Kalix och Karlsborg kan komma att passera nära det nordvästra hörnet av vindkraftparken. För fartyg på nordgående, in mot Kalix och Karlsborg, är utrymmet för undanmanöver begränsat vilket kan leda till kollision eller allision i en situation med två fartyg på kollisionskurs. Trafikintensiteten är dock väldigt låg vilket begränsar sannolikheten för situationer med två mötande fartyg. I västliga vindar kan fartyg som drabbas av blackout komma att driva in i parken, dvs. *drifting allision* kan uppstå eftersom avståndet är litet. Vattendjupet i området är stort, över 50 m, vilket medför att chanserna för en lyckad nödankring för att förhindra en *drifting allision* är små.

Fartyg kommer troligen att passera på ett avstånd mindre än 1,5 M från det västra hörnet vilket gör att radarstörningar kan uppstå. Trafikintensiteten i området är dock låg och sannolikheten för kollision är därmed låg.

Vinter

Området för vindkraftparken används i dag av isbrytare i transit mellan bland annat Kemi och Luleå men också mellan Kalix och Uleåborg. Med vindkraftparken kommer isbrytarna få betydligt längre transitrutter vilket innebär att förseningar och brist på isbrytarkapacitet kan uppstå. Längre väntetider för assistans ökar sannolikheten för allisioner.

3.1.3 Trafik vid södra spetsen av Polargrund

Sommar

Undersökningsområdets södra spets ligger ca 6 M norr om där fartygstråket med trafik mellan Luleå och Brahestad och stråket mellan Kemi och Norra Kvarken korsar varandra. Sydvästgående trafik från Kemi kan behöva gira för att lämna väg för sydostgående fartyg från Luleå. Utrymmet för en undanmanöver begränsas då av vindkraftparken men med ett avstånd på 6 M finns det dock ändå plats för fartygen att göra en 360-gradersgir.

Fartyg på stråket mellan Luleå och Brahestad som drabbas av blackout kommer vid sydliga vindar att driva mot vindkraftparken. Vattendjupet i området är ca 80 m vilket gör det svårt att nödankra för att på

⁴ Enligt uppgifter som framkom under Hazid-workshopen

så vis förhindra en *drifting allision*. Avståndet till vindkraftparken är dock relativt stort och med en drifthastighet på ca 0,5 knop kommer det dröja ca 12 timmar innan en allision sker.

Trafik mellan i första hand Kemi och Luleå samt trafik mellan Kemi och Skellefteå respektive Piteå som tidigare passerat på rutter genom undersökningsområdet kommer att gå på nya rutter och kan komma att gira och passera nära det södra hörnet. Det blir därmed en intensifiering av trafiken vid hörnet. Vid gir runt hörnet är utrymmet för en undanmanöver begränsat vilket gör att en kollisionssituation kan leda till en kollision alternativt *powered allision*. Fartyg som drabbas av blackout vid passage runt hörnet kan också komma att driva in i parken eftersom möjligheterna att hinna nödankra är små.

Vinter

Fartyg som väntar på isbrytarassistans kommer att lämnas att vänta söder om vindkraftparken. De kan då komma att ligga och vänta i området där två fartygsstråk korsas vilket medför att en kollision kan uppstå. Det kan också uppstå situationer med kommunikationsproblem vilket kan innebära oklarheter avseende vilket fartyg som ska påbörja inseglingen i rännan, vilket skulle kunna få till följd att en kollision sker mellan två fartyg som samtidigt går in i rännan.

För fartygen som ligger och väntar söder om området kan *drifting allision* ske om isen driver mot vindkraftparken.

3.1.4 Trafik norr om Polargrund

Sommar

Det är mycket grunt norr om undersökningsområdet och inga eller endast ett fåtal mindre båtar kan därmed komma att passera norr om vindkraftparken (det norra hörnet ligger ca 400 m från 10-meterskurvan). De få fartyg eller båtar som ändå kan komma att passera norr om vindkraftparken kommer att passera på ett mycket litet avstånd från vindkraftparken vilket innebär att allision kan uppstå. De kommer också att passera nära grundområden vilket innebär att grundstötning kan ske.

Vinter

Vintertid uppstår ofta en bågformad råk genom isen i den nordvästra delen av Bottniska viken, råken kallas ofta "half moon". Rutter i råken används då ofta av fartygstrafiken eftersom en rutt genom den isfria råken utgör den enklaste. Den norra delen av undersökningsområdet överlappar området för "half moon"-råken och kommer därmed förhindra passage och tvinga fartygstrafiken till andra längre och mindre fördelaktiga rutter genom isen.

3.1.5 Övrig sjötrafik/allmänt

Ett antal övriga faror och aspekter som inte är direkt kopplade till ett visst geografiskt område identifierades också och listas nedan:

Sommar

- Mänskliga fel, exempelvis såsom att befäl av något skäl håller fel kurs eller missar en girpunkt, kan leda till *powered allision*. Även avsaknad av uppdaterade sjökort kan innebära att fartyg styr mot vindkraftparken, vilket kan leda till *powered allision*.
- Mindre fartyg, såsom fritidsbåtar och fiskebåtar, kan komma att välja att passera genom vindkraftparken. Fartyg på etablerade stråk utanför vindkraftparkområdet är inte beredda på att fartyg dyker upp på korsande kurser från vindkraftparken. Radarstörningar på grund av vindkraftparken kan leda till sen upptäckt av fartyg som passera genom vindkraftparken, vilket i sin tur kan leda till kollision.

- Tornen kommer att belysas och nya ljuskällor kan försvåra identifiering av SSA-ljus och positionsljus från fartyg, vilket kan leda till en försvårad navigering med ökad sannolikhet för grundstötning eller allision som följd.
- Skulle ett utsläpp av olja ske i, eller i närheten, av vindkraftparken kan begränsning och upptagning av olja försvåras genom att Kustbevakningens fartyg inte kan agera fritt i området.
- Fritidsbåtstrafik samt fiskebåtar kan komma att passera genom vindkraftparken. De kan missbedöma närheten till vindkraftverk, vilket kan leda till en allision med ett vindkraftverk. Fritidsbåtstrafiken i området är dock ringa.
- Manöverutrymmet för fiskebåtar i området minskar vilket kan leda till kollisioner. Fiskebåtstrafiken i området är dock ringa.
- Under driftsfasen kommer servicetrafik att gå till och från vindkraftparken, vilket ökar trafikintensiteten. Den högre trafikintensiteten samt att dessa fartyg/båtar avviker från etablerade rutter gör att sannolikheten för kollision i och kring området ökar.

Vinter

- Vindkraftparken kommer att blockera ett stort område vilket kommer att medföra betydligt längre rutter för isbrytarna som opererar i Bottenviken. Det kan innebära att väntetiden för assistans ökar och att fartyg får ligga och vänta länge på assistans. Allision eller grundstötning kan ske när fartyg driver i väntan på assistans.
- Vindkraftparken reducerar utrymmet för alternativa rännor/rutter genom isen. Om samma ränna behöver brytas flera gånger ökar istillväxten vilket skapar svåra förhållanden för trafiken. Detta kan innebära att säkerheten i de rännor som används försämras och att fler fartyg kan komma att fastna i isen. Samma ränna kan också komma att användas av flera fartyg vilket kan leda till en kollision.
- SAR-operationer med helikopter i området vintertid kan begränsas på grund av nedisningsrisk för helikoptern. Isbrytare kan då vara de enda som kan operera i området och kan därför behöva engageras i SAR-operationer. Vindkraftparken kan då innebära försvårade SAR-operationer.
- Iskast från vindkraftverken blad kan träffa fartyg som trafikerar genom vindkraftparken och som passerar nära vindkraftverken, i första hand service- och underhållsfartyg. Detta kan leda till allvarliga skador om någon träffas.

3.1.6 Anläggningsfas

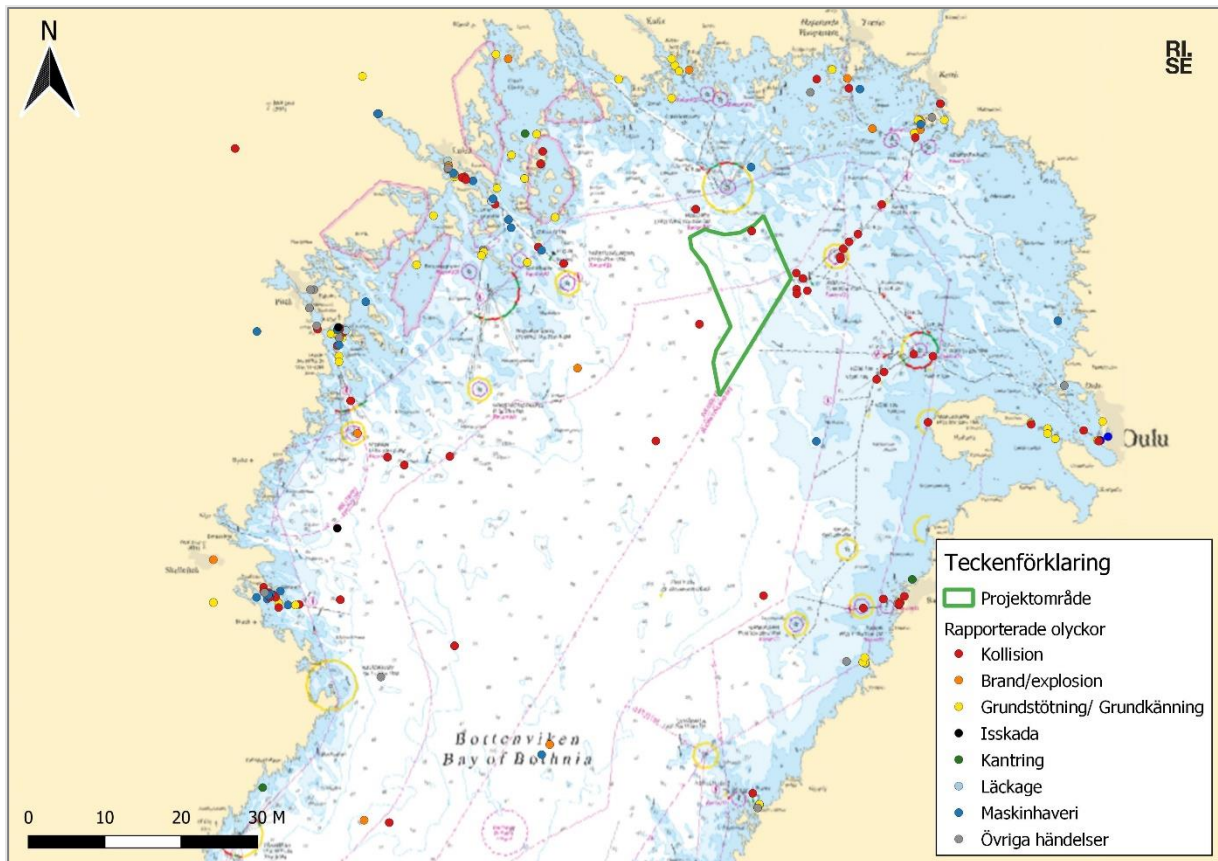
Under anläggningsfasen, och tillika avvecklingsfasen, ökar fartygstrafiken i och runt området för vindkraftparken. Både större anläggningsfartyg eller fartyg för transporter till området kommer att vara närvarande och möjligen korsa fartygsstråk och avvika från etablerade rutter. Detta leder till en 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 från installationsfartyg i direkta närheten av vindkraftparkens gräns blir utrymmet för undanmanöver för fartyg på stråk utanför området ytterligare begränsat vilket kan få allision eller kollision till följd.

3.2 Olycksstatistik

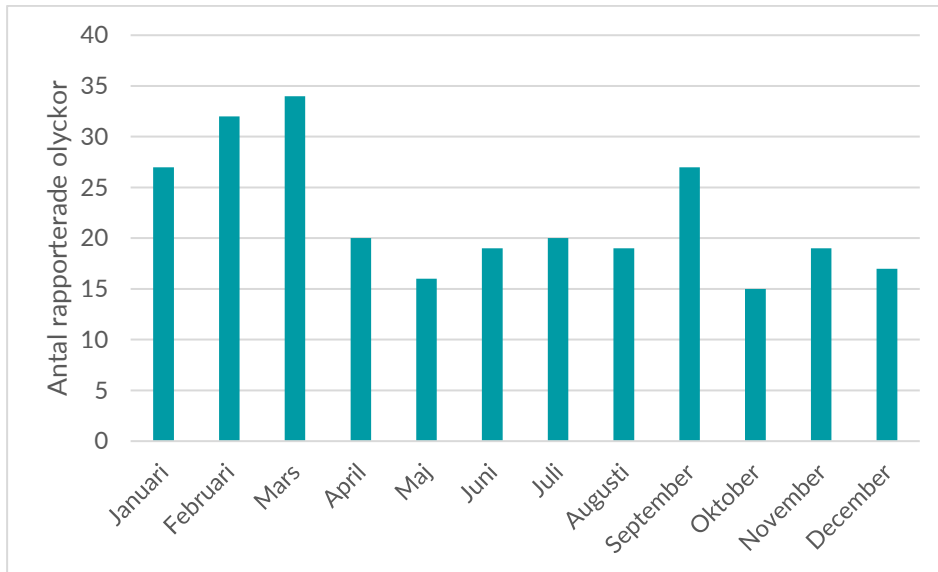
Figur 3.2 visar rapporterade olyckor i Bottenviken. Olycksdata för svenskt vatten (samt händelser med svenskflaggade fartyg utomlands) har erhållits från Transportstyrelsens databas och omfattar perioden januari 1985 – juli 2023. För finskt vatten har data erhållits från Traficom och omfattar perioden januari

2010 – maj 2023. Av figuren framgår att flera kollisioner har rapporterats vid Polargrunds östra hörn, totalt fem kollisioner. Även i området vid fyren Kemi 1 har flera kollisioner inträffat. Av de fem kollisioner vid Polargrunds östra hörn har alla skett under de månader av året som is förekommer (januari – april). Flera av kollisionerna involverar isbrytare och kan antas ha skett i samband med assistans.



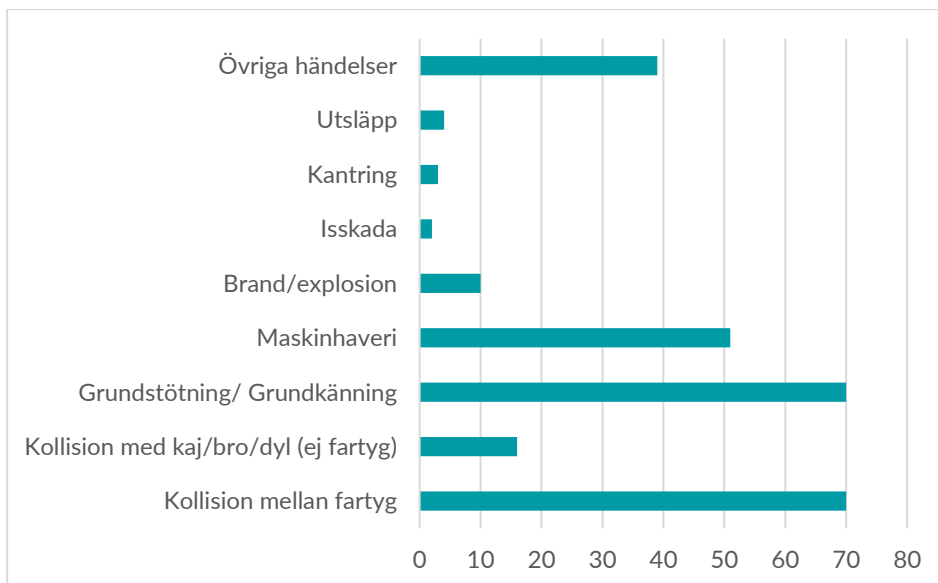
Figur 3.2 Rapporterade olyckor på svenska och finskt vatten i Bottenviken. Statistiken för olyckor på svenskt vatten omfattar perioden 1985 - juli 2023. Statistiken för finskt vatten omfattar 2010 - maj 2023.

Statistiken för Bottenviken visar också att antalet rapporterade olyckor är högre vintertid. Av de rapporterade olyckorna på finskt vatten i Bottenviken är 42 av totalt 97 olyckor rapporterade under månaderna januari – april då det kan antas vara is, åtminstone i de norra delarna. Figur 3.3 visar fördelningen av antalet olyckor per månad av rapporterade olyckorna på svenskt vatten i Bottenviken. Av figuren framgår att olycksfrekvensen är som högst under februari och mars, vilka också är de månader när det vanligtvis är som mest is.



Figur 3.3 Antal rapporterade olyckor per månad i Bottenviken i den svenska databasen under perioden 1985 – 2022.

Statistiken från den svenska databasen omfattar totalt 270 olika olyckor, av dessa är dock endast 22 klassificerade som allvarliga. Totalt 70 av de rapporterade olyckorna avser kollisioner mellan fartyg. Av de 70 kollisionerna rapporteras den bidragande olycksfaktorn vara "Isförhållanden som påverkat fartygets navigering/ manövrering" i 33 fall. Även 70 fall av grundstötningar/grundkänningar har rapporterats, se Figur 3.4.



Figur 3.4 Antal rapporterade i Bottenviken i den svenska databasen under perioden 1985 – 2022 fördelat på olyckstyp.

Även statistiken för finskt vatten domineras av kollisioner, 48 av totalt 94 rapporterade olyckor i Bottenviken utgörs av kollisioner eller sammanstötningar. Antalet rapporterade grundstötningar uppgår till 21.

4 Riskbedömning isfria förhållanden

Identifierade olycksscenarier och faror bedöms dels baserat på sannolikheten för att ett olycksscenario ska uppstå, dels baserat på hur allvarliga konsekvenser respektive olycksscenario kan antas medföra. Sannolikheten för kollision, grundstötning och allision under isfria förhållanden beräknas och kvantifieras med verktyget IWRAP.

Hur allvarliga möjliga konsekvenser av respektive olycksscenarier kan antas bli uppskattas och bedöms kvalitativt. I samband med detta har beaktanden avseende säkerhetsavstånd för undanmanöver och möjligheter till nödankring gjorts.

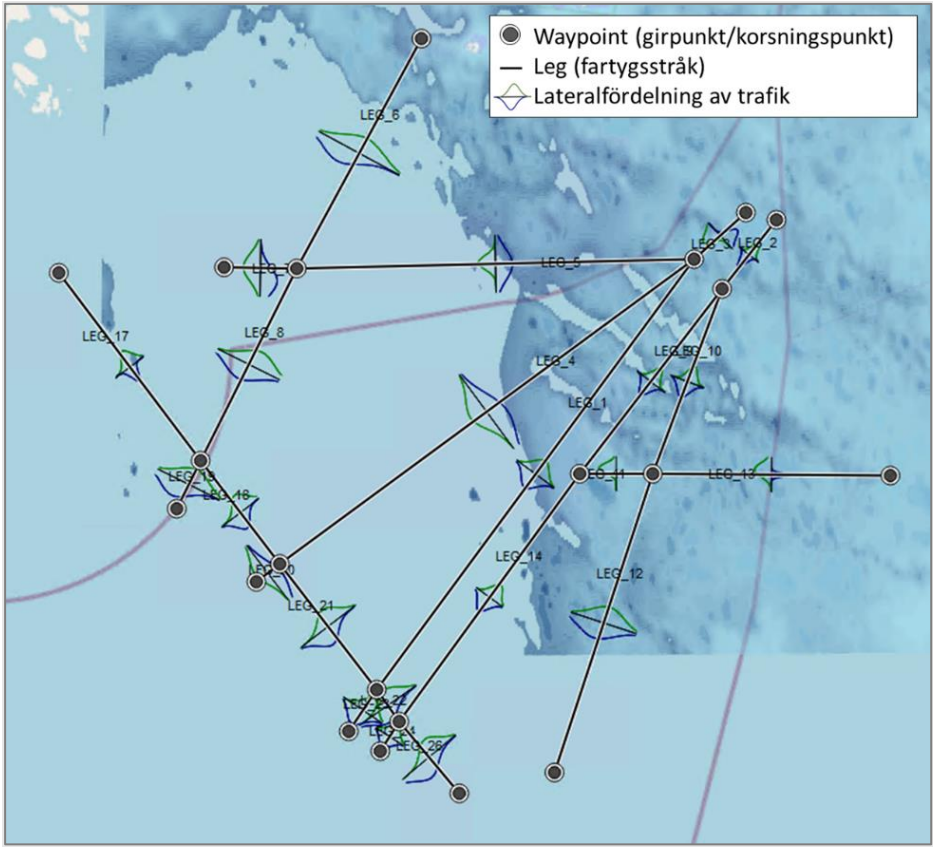
Allisions-, kollisions- och grundstötningssannolikheter vintertid kan inte kvantifieras med IWRAP. Bedömning och kvalitativa uppskattningar av risker vintertid behandlas i kapitel 5.

4.1 Beräkning av grundstötnings-, kollisions- samt allisionssannolikhet

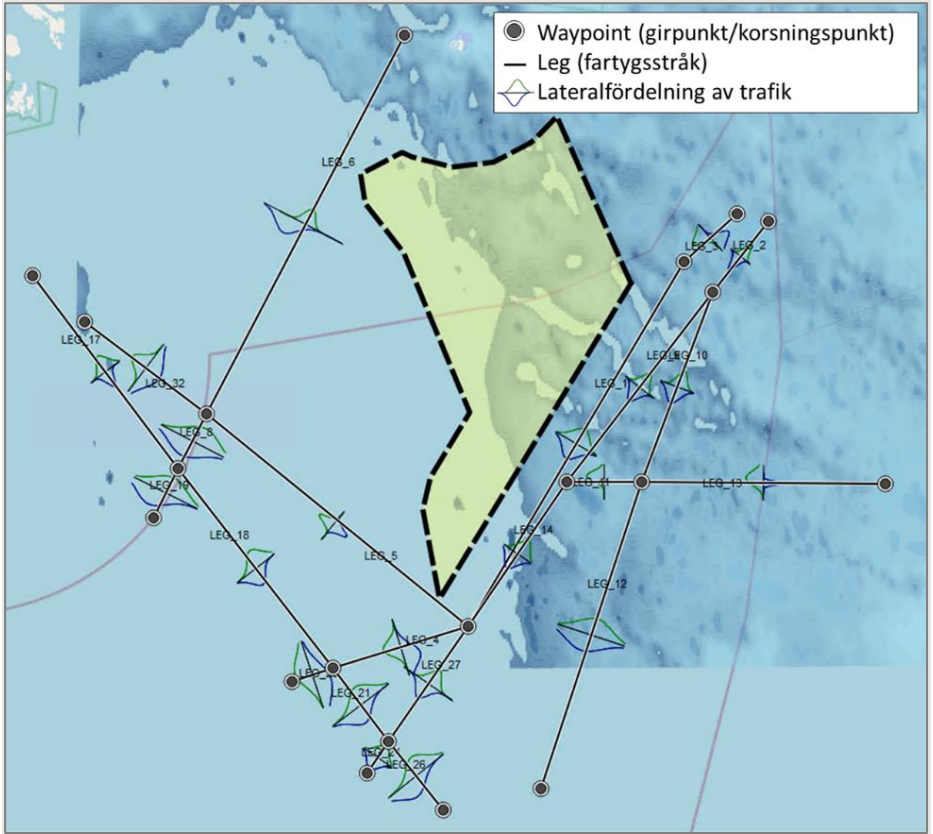
För att bedöma om och hur vindkraftsparken kan komma att påverka sannolikheten för grundstötningar och kollisioner mellan fartyg samt för att uppskatta sannolikheten för att fartyg seglar eller driver in i vindkraftsparken, används programmet IWRAP Mk2 (*IALA Waterway Risk Assessment Program*).

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 vindkraftsparken för att beräkna sannolikheten för allisioner. Figur 4.1 och Figur 4.2 visar IWRAP-modellen som beräkningarna utan vindkraftpark respektive med vindkraftpark baseras på.

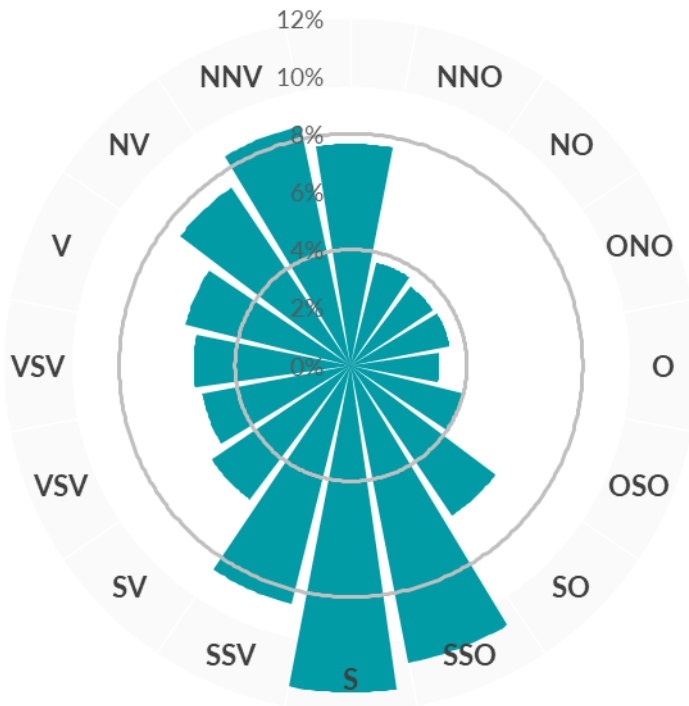


Figur 4.1 IWRAP-modell för beräkningar olyckssanolikheter utan vindkraftpark Polargrund



Figur 4.2 IWRAP-modell för beräkningar olyckssanolikheter med vindkraftpark Polargrund

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 4.3 vilken är baserad på vindstatistik för Rödkallen. Sydliga-sydsydostliga vindar är vanligt förekommande vilket antas medföra att fartygen i de flesta fall kommer att driva norrut eller åt nordnordväst.

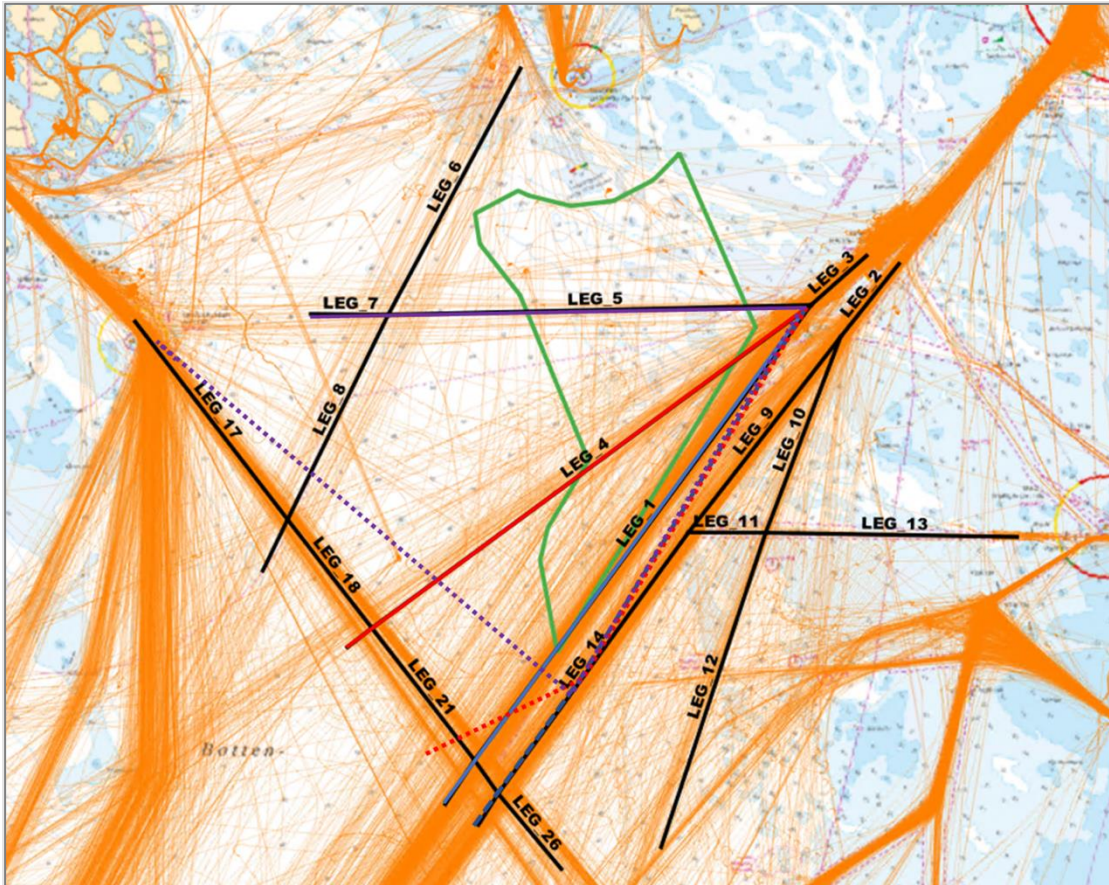


Figur 4.3 Vindros baserat på vindstatistik för Rödkallen mellan år 2010 och 2022 (Källa: SMHI).

4.1.1 Förändrat trafikmönster på grund av vindkraftpark Polargrund

Efter en etablering av vindkraftpark Polargrund 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 olycks sannolikhet antas därför all trafik gå på stråk utanför vindkraftparken. Att vindkraftparken modelleras som ett stängt område gör också att den beräknade sannolikheten för en allision är betydligt högre än om vindkraftparken hade modellerats med många små områden som representerar de enskilda vindkraftverken. Modelleras enskilda vindkraftverk i stället kommer en del av fartygen att driva emellan vindkraftverken och på så vis undvika en allision, vilket inte är möjligt när vindkraftparken modelleras som ett stängt område.

Figur 4.4 visar hur trafikmönstret antas förändras vid en etablering av vindkraftpark Polargrund. Trafiken som i dagsläget passerar genom området för vindkraftparken antas efter en etablering gå utmed den sydöstra sidan av vindkraftparken. Trafik Luleå- Kemi (leg 5 +7), trafik Skellefteå -Kemi (Leg 4) samt trafik Norra Kvarken – väst Kemi 1 antas alla gå på ett gemensamt stråk som är parallellt med vindkraftparkens sydöstra sida. Det nya stråkets mitt ligger ca 1,7 M från undersökningsområdets gräns. Vid vindkraftparkens södra spets antas trafiken få en ny girpunkt.



Figur 4.4 Aktuellt trafikmönster sommartid baserat på AIS-data samt hur detta modellerats med leg i IWRAP. När vindkraftparken etableras antas trafiken på leg 5 och 7 (lila), trafiken på leg 4 (röd) samt trafiken på leg 1 gå på samma rutt utmed vindkraftparkens sydöstra sida. De förändrade rutterna innebär en ny girpunkt vid vindkraftparkens södra spets.

4.1.2 Matematisk modell

Den matematiska modellen i IWRAP 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 grundstötningsscenario 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 avser att ett fartyg kommer in i området för vindkraftparken (undersökningsområdet) och karakteriseras 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 kollisions-, 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.

Beräkningarna görs för aktuell trafikintensitet i området och i modellen används AIS-data från juni – november 2022 för att beräkna sannolikheten för kollisioner, allisioner och grundstötningar. För att kunna beräkna sannolikheten som förväntat antalet incidenter per år görs dock i IWRAP en uppräknig av trafiken för att motsvara trafiken på årsbasis. Beräkningsresultaten motsvarar därmed den förväntade olyckssannolikheten om det vore isfritt året runt. Beräkningar görs för två fall:

- *A: Utan vindkraftpark Polargrund*
Utgör ett nollalternativ och beräknas för att kunna jämföra hur olyckssannolikheter påverkas av en etablering. Modellen avser avspegla aktuellt trafikmönster sommartid (juni-november) i området.
- *B: Med vindkraftpark Polargrund*
Avser fallet när en vindkraftpark har etablerats. Jämfört med fall A har trafikmönstret justerats så att inga fartygsstråk går igenom vindkraftparken.

4.1.3 Resultat

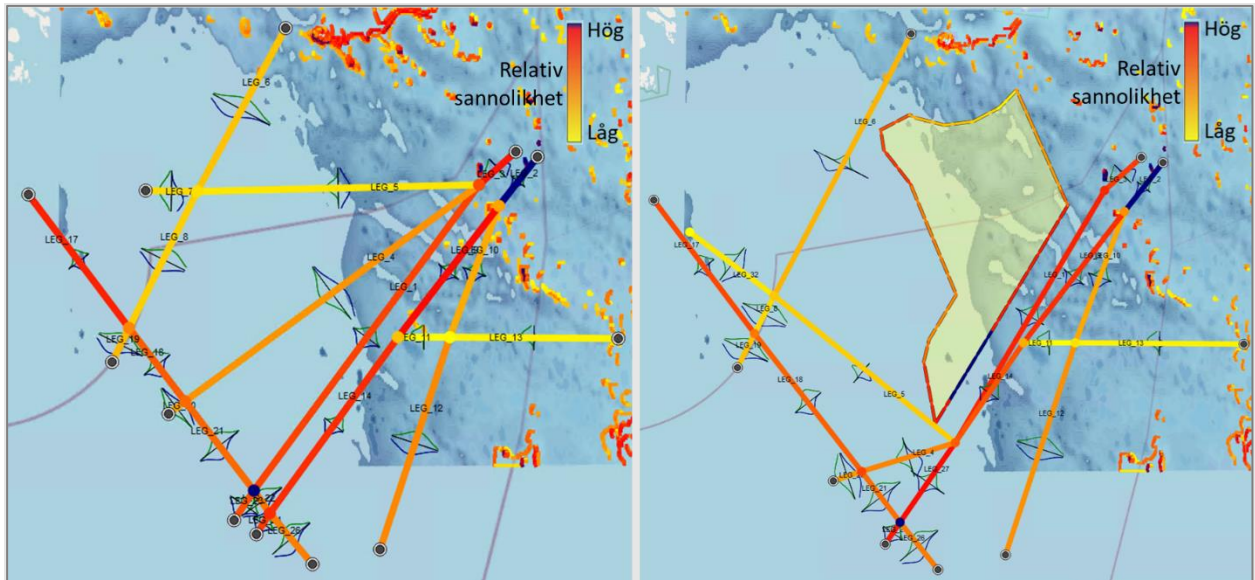
Tabell 4.1 redovisar beräknade sannolikheter för grundstötning, allision med vindkraftparken (undersökningsområdet) och kollision, samt den sammanlagda sannolikheten för någon typ av incident för de två olika fallen.

Tabell 4.1 Beräknade olyckssannolikheter (incidenter/år) samt vad dessa motsvarar i returperioder (förväntat antal år mellan incidenter). E anger tiopotensfaktor, exempelvis E-04 = 10^{-4}

	A: Utan vindkraftpark		B: Med vindkraftpark	
	Incidenter/år	År mellan inc.	Incidenter/år	År mellan inc.
Powered Grounding	2,5E-04	4 000	4,4E-04	2 273
Drifting Grounding	7,9E-04	1 266	6,2E-04	1 613
Total Groundings	1,0E-03	1 000	1,1E-03	909
Powered Allision	---	---	3,2E-05	31 250
Drifting Allision	---	---	1,3E-02	77
Total Allisions	---	---	1,3E-02	77
Overtaking	2,0E-05	50 000	3,0E-05	33 333
HeadOn	9,7E-05	10 309	1,4E-04	7 143
Crossing	1,1E-04	9 091	1,0E-04	10 000
Merging	5,6E-06	178 571	5,4E-06	185 185
Bend	2,6E-05	38 462	4,8E-05	20 833
Total Collisions	2,5E-04	4 000	3,2E-04	3 125
Total incidents	1,3E-03	769	1,4E-02	69

Sannolikheten för grundstötning är något högre i fallet med vindkraftpark (B), dock inte betydande. Även sannolikheten för kollision är högre, i första hand på grund av att sannolikheten för *HeadOn collision* samt *Bend collision* ökar i fallet med vindkraftpark. I fallet med vindkraftpark tillkommer också sannolikheten för en incident i form av en allision. Den beräknade sannolikheten för en allision är högre än den för både grundstötning och kollision vilket gör att den sammanlagda incidentsannolikheten blir betydligt högre i fallet med vindkraftpark (B) jämfört med utan (A). För fallet utan vindkraftpark (A) beräknas den sammanlagda incidentsannolikheten till $1,3 \times 10^{-3}$ incidenter/år vilket motsvarar en incident på 771 år (returperiod). För fallet med vindkraftpark beräknas den sammanlagda incidentsannolikheten till $1,4 \times 10^{-2}$ incidenter/år, vilket motsvarar en incident på 70 år.

Figur 4.5 visar IWRAP-illustrationer som indikerar vid vilka *leg* och *waypoints* som sannolikheten för kollision är som högst samt utmed vilken del av vindkraftparken som sannolikheten för en allision är högst. I färgskalan, blå-röd-gul, som används i illustrationerna indikerar mörkblå det område, leg respektive den waypointen där sannolikheten är som högst. Rött indikerar en lägre sannolikhet och gul indikerar lägst sannolikhet. Färgskalan är relativ inom varje IWRAP-beräkning, dvs en viss färg kan vara kopplad till olika absolutbelopp på sannolikhet i olika körningar. I illustrationerna syns också grundområden med olyckssannolikheten indikerad i samma färgskala.



Figur 4.5 Färgkodad illustration av beräknad sannolikhet fall A: utan vindkraftpark (till vänster) samt fall B: med vindkraftpark (till höger). Färgskalan avser relativ sannolikhet för varje beräkning 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. Den relativa skalan innebär att exempelvis blått kan innebära olika beräknade sannolikheter i olika illustrationer/beräkningar.

4.2 Uppskattning av sannolikheter för övriga identifierade faror

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

4.2.1 Anläggnings- och avvecklingsfas

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. Avvecklingsfasen, efter vindkraftparkens livstid, antas likna anläggningsfasen till stora delar och kommer också den att innebära tillkommande trafik i området.

Etableringen kommer att ske under minst två år / två säsonger, där antalet arbetsdagar beror på vädret. Arbetet kommer huvudsakligen att utföras under den isfria perioden, dvs under ca sju månader per år, maj till och med november.

Tillkommande trafik kommer utgöras 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 manöverbarmässigt skiljer sig fartygen åt. En besättningsbåt är en liten enhet med en längd ca 15–25 m och med god manöverbarmåga medan exempelvis ett pråmekipage för transport av fundament och turbiner kan ha en total längd på ca 250 m och vara relativt långsam och manöverbarmässigt trög.

Av de identifierade farorna för anläggningsfasen bedöms riskerna kopplade till den ökade trafikintensiteten och eventuellt korsande av fartygsstråk eller etablerade rutter som mest kritisk. 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.

Fartygen involverade i etableringen av vindkraftparken rör sig till och från tillverkningshamn eller utskenningshamn, 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. Intensiteten kommer att variera men under anläggningsfasen kan antalet fartyg som befinner sig i området samtidigt vara upp emot 50. Vilka hamnar som kommer att användas och varifrån leverans av större komponenter, såsom fundament och turbiner, kommer ske är inte fastslaget ännu.

En separat mer detaljerad riskanalys för anläggningsfasen bör genomföras i ett senare skede när mer detaljer kring vindkraftparken, dess utformning och transporter i anläggningsfasen är kända. Detta för att kunna identifiera de mest kritiska momenten och därvid kunna vidta lämpliga säkerhetsåtgärder, och på så vis säkerställa att arbetena kan ske på ett säkert sätt. Inför avvecklingen bör också en ny separat riskanalys genomföras.

4.2.2 Service- och underhållsfartyg

Under driftsfasen kommer vindkraftparken medföra tillkommande trafik i form av service- och underhållsfartyg till och från vindkraftparken. Underhållsarbetet kommer att utgå från en servicehamn eller från en logi- och logistikplattform i vindkraftparken. Planerat underhåll kommer primärt att ske under sommarmånaderna och antalet fartygsrörelser är därför lägre vintertid än sommartid. Tabell 4.2 visar en sammanställning av hur olika typer av service- och underhållsarbeten planeras genomföras samt en uppskattning av årligt antal fartygs-/helikopterrörelser till vindkraftparken för respektive kategori.

Tabell 4.2 Indikativt antal fartygsrörelser (/helikopterrörelser) till vindkraftparken per år för olika typer av service- och underhållsarbeten.

	Fartygstyp/helikopter	Antal fartygsrörelser/år
Inspektioner och mindre reparationer under isfria perioden inkl. logi för tekniker	Servicefartyg (SOV, Service Operation Vessel)	48
Mindre reparationer under isiga förhållanden	Helikopter	32
Stora kabelreparationer under isfria perioden	Kabellägningsfartyg	1
Stora komponentbyten under isfria perioden	Jack-up-fartyg	9

Baserat på siffrorna i Tabell 4.2 antas vindkraftparken innebära 116 rörelser till och från vindkraftparken (58 tur-och-retur resor). I det fall trafiken utgår från en servicehamn på den svenska sidan kommer service- och underhållsfartygen inte behövas korsa något väldefinierat fartygsstråk för att ta sig till och från vindkraftparken. Detta gör att sannolikheten för kollisioner mellan service- och underhållsfartyg och övrig trafik begränsas. Service- och underhållstrafiken innebär dock att trafikintensiteten i området väster om vindkraftparken ökar, vilket innebär en ökad sannolikhet för kollision. Ökningen sker dock från en mycket låg nivå varför sannolikheten för kollision fortsatt antas bli låg till mycket låg.

4.2.3 Övrig trafik i området

Genomförda IWRAP-beräkningar inkluderar inte fritidsbåtstrafik eftersom de flesta fritidsbåtar saknar AIS-transponder och därmed inte omfattas av tillgänglig AIS-data. Densitetsplottar av fritidsbåtstrafik visar dock att förekomsten av fritidsbåtar i det aktuella området är mycket låg (MarineTraffic, 2023).

Med ett avstånd på ca 0,6 – 1,9 M (1 – 3,5 km) mellan vindkraftverken bedöms det dock möjligt för fritidsbåtar att passera på ett säkert sätt genom vindkraftparken. Sannolikheten för att allision med något av vindkraftverken bedöms som låg tack vare det stora avståndet mellan vindkraftverken samt eftersom fritidsbåtsintensiteten är mycket låg. Under sommarsäsongen, när trafikintensiteten är som högst, är ofta väderförhållanden goda vilket också bidrar till att begränsa sannolikheten för allision.

Det bedrivs inget omfattande fiske i området för vindkraftparken och i passagestatistiken genom området för 2021 och 2022 finns inga fiskebåtar registrerade. För små fiskebåtar, under 13 m, finns dock inget krav på AIS men många små fiskebåtar har trots detta AIS av säkerhetsskäl, och de flesta fiskebåtarna kan därmed antas omfattas av trafikanalysen. På samma sätt som fritidsbåtar bedöms dock att eventuella fiskebåtar kan röra sig säkert genom vindkraftparken och sannolikheten för en allision för ett fiskefartyg bedöms som låg med anledning av den låga förekomsten.

Utöver service- och underhållsbåtar samt fiske- och fritidsbåtar kan även en del andra mindre båtar såsom små arbetsbåtar och sjöräddningsbåtar komma att passera genom området. Omfattningen av denna trafik bedöms dock som mycket låg.

4.2.4 Radarstörningar

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 CPA⁵ och TCPA⁶ 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 vindkraftverken 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 vindkraftverken 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 Polargrund, 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 om fartygsstråk korsas i närheten av vindkraftparken. Sydgående fartyg från Kemi kan komma att passera nära vindkraftparken. De kan därmed drabbas av radarstörningar vilket skulle kunna leda till svårigheter att upptäcka ostgående fartyg söder Polargrund. De sydgående fartygen är väjningskyldiga och om de inte upptäcker ostgående fartyg i tid kan ett scenario med risk för kollision uppstå. Trafikintensiteten i ost-västlig riktning vid den södra spetsen är idag låg men vindkraftparken kommer medföra att fartygs om tidigare passerat genom området mellan ex. Luleå och Kemi, Skellefteå och Kemi, kommer att

⁵ CPA: Closet Point of Approach. Beräknat minsta passageavstånd, från radar till mål.

⁶ TCPA: Time to Closet Point of Approach: Tiden till minsta passageavstånd, om ingen åtgärd vidtas.

behöva runda Polargrunds södra spets och kan därmed komma att passera nära vindkraftparken. Detta bidrar till att öka sannolikheten för en kollision i området söder om vindkraftparken.

Trafik genom området kan vara svår för fartyg utanför parken att upptäcka på grund av radarstörningar. Den låga förekomsten av såväl fiskebåtar som fritidsbåtar i området gör dock att sannolikheten för kollision mellan fartyg som trafikerar genom området och fartyg som passerar nära utanför vindkraftparken bedöms som låg. Service- och underhållsfartyg kommer också att trafikerar inom området och radarstörningar kan göra det svårt att upptäcka även dessa. Service- och underhållsfartygen antas dock utgå från den svenska kusten och kommer därmed i de flesta fall inte att röra sig ut ur området på den sydöstra sidan av vindkraftparken där fartyg i första hand kan komma att passera nära vindkraftparken.

4.2.5 Svårigheter att bekämpa ett eventuellt utsläpp

Skulle ett utsläpp av olja ske i, eller i närheten av, vindkraftparken kan begränsning och upptagning av olja försvåras genom att Kustbevakningens fartyg inte kan agera fritt i området.

Vindkraftparken antas bara trafikerar av service- och underhållsfartyg samt en del mindre båtar. Sannolikheten för att ett större utsläpp sker inom vindkraftparken bedöms därmed som mycket låg. Komponenter i vindkraftverken som innehåller olja/kemikalier kommer att vara utrustade med uppsamlingskärl eller liknande konstruktioner för att förebygga risk för utsläpp.

En grundstötning vid de grunda områdena öster samt nordost om vindkraftparken skulle kunna leda till utsläpp som vid ogynnsamma förhållanden driver mot vindkraftparken. Beroende på avståndet till parken och väderförhållandena kan eventuellt ett utsläpp begränsas och bekämpas innan det når vindkraftparken. Även kollisioner mellan fartyg kan leda till utsläpp. Sannolikheten för kollision är som högst på stråken nordost om vindkraftparken, vid Kemi 1, se Figur 4.5. Dessa stråk ligger nära vindkraftparken och skulle en kollision här leda till ett utsläpp där olja driver mot vindkraftparken är möjligheterna för att hinna begränsa och bekämpa utsläppet innan det når vindkraftparken små. Den förhärskande vindriktningen från syd gör dock att olja i många fall skulle driva norrut, bort från parken, som därmed inte skulle påverka förutsättningarna för att bekämpa utsläppet.

Olyckor som involverar tankfartyg lastade med olja eller oljeprodukter kan potentiellt ge upphov till mycket stora utsläpp. Under 2022 skedde ca 170 passager av tankfartyg in och ut vid inseglingen mot Kemi och Torneå. Av dessa utgjordes 42 passager av LNG-tankers vilka inte har någon olja eller oljeprodukt ombord. Övriga fartygstyper har olja eller oljeprodukter ombord i form av bunker (dvs. bränsle såsom diesel, gasolja eller tjockolja). Volymerna är betydligt mindre än för tankfartyg men vid en eventuell olycka kan relativt stora utsläpp ske även från dessa fartyg.

4.3 Bedömning och beskrivning 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 stabilitetsproblem med förlisning som följd. Eventuell bärgning av fartyg som har förlist försvåras avsevärt om detta ska göras på djupt vatten jämfört med om detta behöver ske till följd av 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, bedöms generellt bli mindre allvarliga än vid en kollision och vid en grundstötning. Beräkningarna är baserade på parkområdet(/undersökningsområdet) och redovisade sannolikheter motsvarar allision med parkområdet. Endast i de fall interaktionen med vindkraftparken leder till en faktisk allision med ett av vindkraftverken kan betydande konsekvenser uppstå. 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 0,5 - 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. Avsnitt 4.3.1 till 4.3.3 beskriver aspekter som beaktats vid bedömning av konsekvenser.

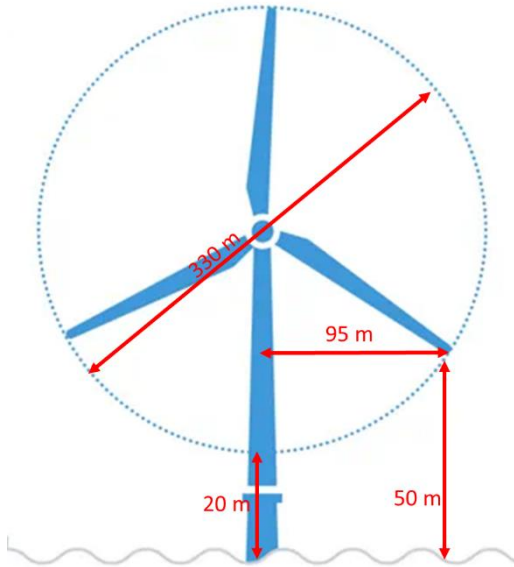
4.3.1 Interaktion med vindkraftpark och allision med vindkraftverk

De beräknade sannolikheterna för allision avser sannolikheten för att ett fartyg ska komma in i området för vindkraftparken. I de flesta fall kommer en interaktion med vindparken inte innebära en allision med något av vindkraftverken eftersom dessa bara upptar en liten andel av områdets yta. Avståndet mellan vindkraftverken kommer att uppgå till ca 0,6 – 1,9 M (1 – 3,5 km) vilket gör att fartyg kan driva mellan verken och att en del fartyg därmed kommer att driva igenom parken utan att en allision med något av verken sker. En del fartyg kan antas återfå manöverförmågan när de är i vindkraftparken och därefter lyckas manövrera ut ur vindkraftparken utan att en allision sker. Konsekvenser för dessa typer av scenarier, där allision med något av vindkraftverken undviks, kan därmed utebli eller bli mycket små.

Vindkraftverken kommer att ha en totalhöjd på upp till 350 m, och en rotordiameter på maximalt 330 m. Beroende på tornhöjd och rotordiameter kan avståndet mellan rotorbladens spetsar i nedersta läget och havsytan variera, den förväntade frigångshöjden är 15 – 30 m. Många av de fartyg som trafikerar området för Polargrund, med risk att driva in i vindkraftparken, har ett större *airdraft*, dvs. höjd över vattnet, än 15 -30 m. Om dessa driver nära något av verken och passerar under rotorbladens svepyta kan de därmed skadas.

De största fartygen som regelbundet trafikerar i området är Wallenius SOL:s Ro-Ro/Ro-Con-fartyg. Botnia Enabler och Baltic Enabler. Dessa har en *airdraft* på nästan 50 m. Ett fartyg med *airdraft* på 50 m behöver passera på ett avstånd större än ca 95 m från vindkraftverkets torn för att inte riskera att träffas av rotorbladen, se Figur 4.6. General cargo-fartyg med en längd på 100–150 m, vilka är vanligt förekommande, har en *airdraft* på knappt 30 m. För att dessa fartyg inte ska riskera att träffas av rotorbladen behöver de passera på ett avstånd större än ca 57 m från vindkraftverkets torn.

Om ett fartyg kommer in i området kan dock vindkraftverken stoppas av operatören som övervakar vindkraftparken från ett kontrollrum och rotorerna försätts i s.k. "*Bunny-ear-position*", dvs. ett blad rakt ner och två snett upp. Fartygen kan då passera närmare vindkraftstornen (under bladen riktade snett uppåt) och riskerar inte att skadas av roterande rotorblad.



Figur 4.6 För ett vindkraftverk med en totalhöjd på 350 m och en rotordiameter på 330 m når vingspetsarna ner till 50 m ovanför vattenytan på ett avstånd om 95 m från vindkraftverkets torn.

Undersökningsområdet omfattar en yta av 442 km². Vindkraftverken upptar endast en liten del av denna yta. Om varje vindkraftverk antas uppta en yta motsvarande en cirkel med radie på 95 m och att det totalt byggs 120 vindkraftverk i parkområdet motsvarar vindkraftverkens yta endast 0,8% av den totala ytan för parkområdet. Ett fartyg som driver in i vindkraftparken (vilket beräknas ske en gång på ca 83 år, se Tabell 4.1) kan därmed antas driva in i något av vindkraftverken endast i en bråkdel av fallen.

Med anledning av att storskaliga vindkraftparker till havs är relativt nytt finns än så länge begränsat med erfarenheter från allisioner med vindkraftverk och vilka konsekvenser detta har fått. Utbyggnaden har kommit längre på b la. holländskt, brittiskt och tyskt vatten än i Sverige och från dessa finns ett fåtal händelser med allisioner rapporterade. Nedan beskrivs några av de allisioner som har inträffat och som det finns tillgänglig information kring.

Den 31 januari 2022 drev det 190-meter långa bulkfartyget Julietta D in i ett vindkraftsfundament i en vindkraftpark som var under byggnation. Allisionen skedde under en storm, efter att fartygets ankarkätting gick av när det låg för ankare utanför Ijmuiden, Nederländerna (gCaptain, 2022). Efter att ankaret hade släppt kolliderade först Julietta D med ett tankfartyg varpå hon skadades och började ta in vatten. Besättning evakuerades och fartyget drev mot land och området för vindkraftparken, Hollandse Kust Zuid, som vid tillfället var under byggnation. Julietta D drev då in i ett fundament. Skadorna på fundamentet blev så pass stora att de inte gick att reparera och behövdes tas bort (Safety4Sea, 2022). Fartyget kunde senare bogseras in i säkerhet. Skadorna på fartyg uppstod i första hand vid kollisionen med tankfartyget. Det finns inga kända rapporter om tillkommande skador på fartyget som uppstått i samband med allisionen med fundamentet.

Den 24 april 2023 seglade det 74-meter långa general cargo-fartyget Petra L in i ett av vindkraftverken i vindkraftparken Gode Wind på tyskt vatten. Fartyget fick betydande skador med ett hål på ca 3 m x 5 m på styrbordssidan av fören (Royal Dirkzwager, 2023). Ingen ombord skadades. Det var vid tillfället lugnt väder och fartyget kunde trots sina skador ta sig in till hamn utan hjälp, där det senare kunde repareras. Vindkraftverket stoppades efter allisionen men kunde efter inspektioner tas i drift igen. Fartyget avvek från sin tänkta rutt innan allisionen skedde men det är inte fastställt vad som orsakat olyckan.

Ytterligare en allision inträffade 23 april 2020. Servicefartyget Njord Forseti hade genomfört service i vindkraftparken Merkur i södra Nordsjön och var på väg tillbaka till hamn med en hastighet av 20 knop

när allisionen med ett av vindkraftverken i vindkraftparken Borkum Riffgrund 1 skedde. Ombord fanns fyra personer varav två evakuerades med flyg till sjukhus, och en tredje behövde genomgå en efterföljande läkarundersökning. Skadorna var dock inte allvarigare än att de två evakuerade kunde lämna sjukhuset inom 24 timmar. Fartyget fick allvarliga skador men kunde föras till hamn för egen maskin av tillfällig besättning från ett systerfartyg. Olycksutredningen visar på att olyckan skedde på grund av att fartyget inte höll ordentlig uppsikt eftersom befälhavaren vid tillfället distraherades från sin primära roll (Jersey Maritime Administration, 2020).

Konsekvenserna vid de rapporterade allisionerna bedöms som relativt lindriga eftersom inga allvarliga personskador uppkommit och dokumenterade miljöeffekter varit begränsade. I fallen med Petra L och Njord Forseti, som båda är relativt små fartyg, skadades inte vindkraftverken i betydande grad. Det är dock osäkert huruvida vindkraftverken skulle klara den kraft som en allision, *drifting* eller *powered*, av ett stort fartyg, i första hand stora tank- eller bulkfartyg, skulle innebära. Skulle vindkraftverkets torn ge vika, skulle det i värsta fall kunna leda till att såväl rotorblad som nacell faller ner och träffar fartyget. Ett sådant scenario skulle få mycket svåra konsekvenser. Sannolikheten för ett sådant scenario vid Polargrund bedöms dock som låg beaktat att frekvensen av stora fartyg i området är låg.

4.3.2 Nödankring

För fartyg som drabbats av blackout utgör nödankring ofta den sista åtgärden för att försöka bromsa in fartyget och förhindra att fartyget driver på grund, alternativt driver in i vindkraftparken. Möjligheterna för en lyckad nödankring påverkas dock av vattendjupet, och på djup större än 50 m är möjligheterna små. 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.

Oavsett vattendjup kommer, innan försök till nödankring sker, försök till att få i gång motorerna igen att ske. 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 hinna återfå manöverförmågan innan de drivit 700 m.

Beräkningsmodellen för IWRAP omfattar kriterier för nödankring och sannolikhet för att hinna återfå manöverförmågan. De beräknade sannolikheterna för *drifting allision* har beaktat att många fartyg kommer hinna få igång motorerna innan en allision med vindkraftparken sker.

Vattendjupet utmed Polargrunds sydöstra sida, där fartyg i första hand kan antas passera nära vindkraftparken, varierar från ca 15 m vid de norra delarna till över 50 m vid den sydligaste delen. Nödankring bedöms dock som möjligt utmed stora delar av den sydöstra sidan. Den förhärskande vindriktningen från söder gör att fartyg som passerar sydost om vindkraftparken och som börjar driva, i många fall riskerar att driva in i vindkraftparken om nödankringen inte lyckas. Fartyg som passerar 1 M från vindkraftparken i ogynnsamma vindar antas ha ca en timme på sig att, antingen hinna återfå manöverförmågan eller hinna nödankra innan fartyget driver in i vindkraftparken (förutsatt hård vind och en drifhastighet på 1 knop).

Fartyg mellan exempelvis Skellefteå och Kemi samt Luleå och Kemi, som tidigare trafikerat genom området, kan också komma att passera nära vindkraftparken utmed den södra sidan. I detta område är vattendjupet över 50 m och möjligheterna till en lyckad nödankring är därmed små. Dock är sträckan som de passerar nära vindkraftparken kort och sannolikheten för att behöva nödankra i just detta område begränsas därmed. Den förhärskande vindriktningen är dock ogynnsam i detta läge.

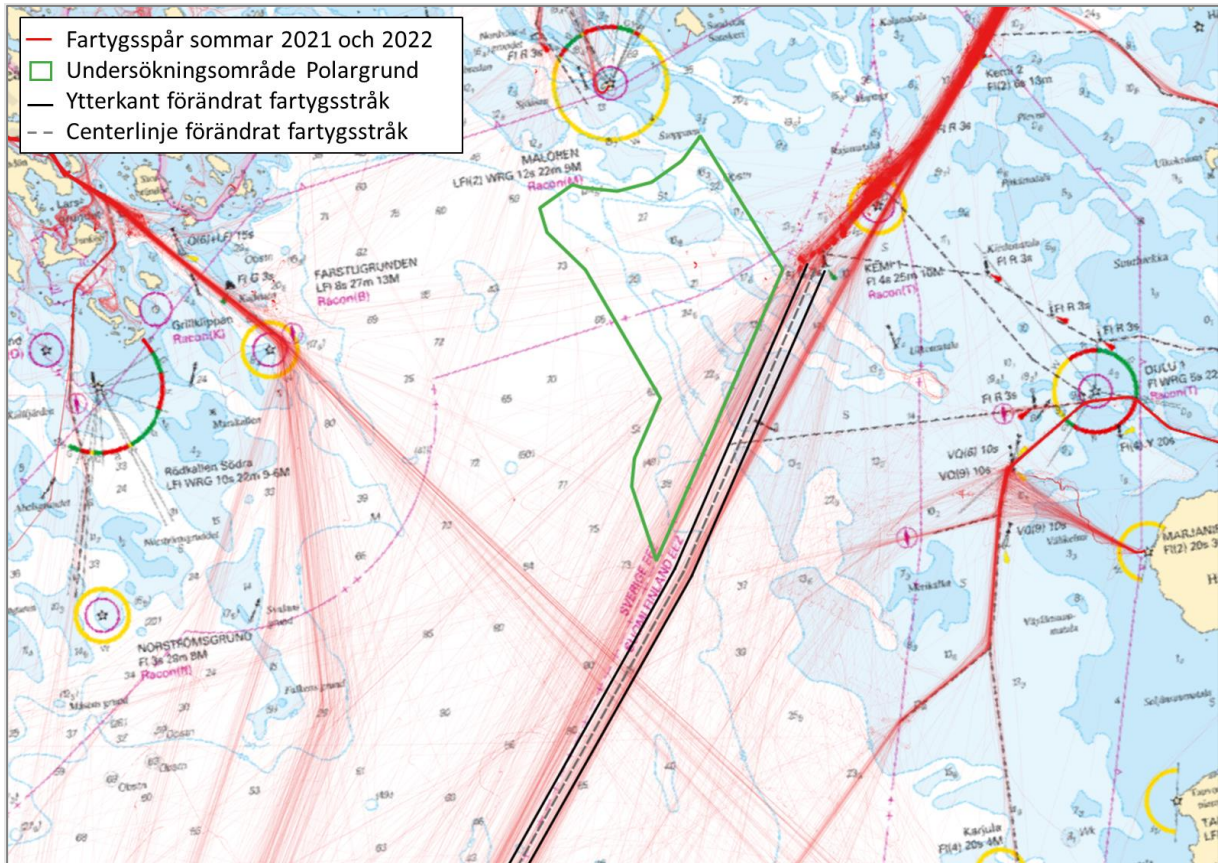
4.3.3 Säkerhetsavstånd

Det dimensionerande fartyget för stråket utmed den sydöstra sidan antas vara 191 m långt (baserat på kriteriet där det dimensionerande fartyget utgörs av det största fartyget i 98 percentilen av samtliga fartygspassager av fartyg med en längd större än 70 m i enlighet med rekommendationer från Sjöfartsverket och Transportstyrelsen, se avsnitt 1.4.2). Med ett dimensionerande fartyg på 191 m krävs ett säkerhetsavstånd på 1,19 M (2 201 m) mellan vindkraftparken och fartygsstråket för att uppfylla kriteriet gällande acceptabelt säkerhetsavstånd för undanmanöver enligt rekommendationerna (Sjöfartsverket och Transportstyrelsen, 2023). Beräkningen av tillräckligt säkerhetsavstånd tar dock inte hänsyn till eventuell förekomst av is och rekommendationerna antas därmed inte vara applicerbar för trafiken vintertid i det aktuella området.

Kriteriet för undanmanöver utgår från att det ska vara möjligt för fartygen på stråket att göra en 360-gradersgir åt styrbord. En sådan manöver antas i första hand kunna utgöra en åtgärd 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.

Med den analyserade utbredningen av vindkraftparken finns inget säkerhetsavstånd utmed delar av den sydöstra sidan av vindkraftparken och i söder överlappar undersökningsområdet dagens fartygsstråk. Trafik mellan Norra Kvarken och farleden väster om Kemi 1 kommer inte längre kunna gå på en rak rutt, utan kommer behöva införa en ny girpunkt, troligtvis öster om Polargrunds södra spets (se Figur 4.4). Undersökningsområdet innebär därmed att dagens fartygsstråk förändras vid en etablering av vindkraftparken. Vilka rutter fartygen kommer välja och vilket avstånd som fartygen i praktiken kommer att hålla till vindkraftparken går inte att avgöra på förhand. Det går därmed inte att fastställa hur stort säkerhetsavståndet kommer att bli mellan vindkraftparken och närliggande fartygsstråk. Öster om parken är det ca 7,5 M till närmaste grundområde och det finns därmed utrymme öster om vindkraftparken för att fartygen ska kunna passera vindkraftparken på ett tillräckligt stort säkerhetsavstånd.

Fartygen är fria att välja rutt men eventuellt skulle trafiken kunna styras till att i högre grad passera på ett visst minsta avstånd genom exempelvis en rekommenderad rutt som märks ut med boj eller liknande öster om undersökningsområdets södra spets. Figur 4.7 visar hur det nya fartygsstråket kan se ut om en rekommenderad rutt införs för att ett säkerhetsavstånd på 1,19 M ska upprätthållas. I figuren har det nya stråket antagits ha en lateral spridning på ca 1 M (1 852 m). Fartygsstråkets mitt ligger därmed 1,69 M (3 130 m) från vindkraftparkens ytterkant.



Figur 4.7 Dagens fartygsstråk med trafik som passerar väster om Kemi 1 kommer att förändras efter en etablering. Acceptabelt säkerhetsavstånd enligt rekommendationer innebär att ytterkanten ligger 1,19 M från vindkraftparken.

Antalet fartygspassager på fartygsstråket utmed den sydöstra sidan kan, baserat på dagens trafik, antas bli ca 1 500 passager per år, vilket enligt klassificeringen i Figur 1.4 innebär en mycket låg trafikintensitet. Detta innebär att sannolikheten för möte mellan två fartyg på stråket är låg, ett scenario där kollision uppstår på grund av att en 360-gradersgrir förhindras av vindkraftparken är därför mycket låg. Med beaktande av detta kan eventuellt ett mindre säkerhetsavstånd än 1,19 M anses tillräckligt.

För trafiken som passerar öster om Kemi 1 behövs ingen korrigering av rutt jämfört med idag. Dagens fartygsstråk mellan Norra Kvarken och farleden öster om Kemi 1 ligger på ett avstånd större än 1,19 M.

Farleden väster om Kemi 1 tillåter ett större djupgående, 12 m jämfört med 8 m för den östra farleden. Den största delen av handelssjöfarten ("övriga" med L<100 m exkluderade) till och från Kemi/Torneå trafikerar idag den västra farleden, ca 60% av passagera in och ut från Kemi/Torneå. Många av fartygen på västra sidan har dock ett djupgående mindre än 8 m och kan därmed trafikera den östra farleden. En del av dessa kan därmed efter en etablering komma att trafikera den östra farleden i stället eftersom denna innebär att ett tillräckligt stort säkerhetsavstånd till vindkraftparken upprätthålls utan att en ny girpunkt behöver införas.

Trafiken som idag passerar genom området för vindkraftparken, ca 500 passager per år, kommer också att passera på den sydöstra sidan efter en etablering. De kommer att gira utanför sydspetsen av vindkraftparken. Vilket avstånd från vindkraftparken de kommer att upprätthålla är mycket osäkert och kommer troligen att variera i hög grad. Det finns dock utrymme söder om vindkraftparken för att dessa ska kunna passera på ett säkert avstånd från vindkraftparken

Det västra hörnet av vindkraftparken ligger i direkt närhet till där trafik till och från Kalix/Karlsborg passerar. Trafiken är dock liten i sin omfattning och utgör inget tydligt fartygsstråk idag. Även i detta fall

kommer troligen avståndet som fartygen passerar på variera i hög grad. Utrymme som möjliggör passage på tillräckligt avstånd finns dock.

5 Riskbedömning och påverkan på vintersjöfart

I samband med haziden identifierades ett antal faror som kan uppstå vintertid när det är is i Bottenviken. Sannolikheten för dessa faror kan inte beräknas med hjälp av beräkningsverktyget IWRAP. Sannolikheten för respektive fara är starkt beroende av de aktuella isförhållandena och kommer därför att variera mellan olika år och mellan olika tidpunkter. Isförhållandena förändras snabbt beroende på bl. a temperatur och vind. Bedömning av riskerna för vintersjöfart utgår därför från fyra scenarier med olika isförhållanden. Utöver direkta risker kan vintersjöfarten påverkas indirekt när isbrytarverksamheten påverkas av vindkraftparken och behovet av isbrytarkapacitet ökar.

5.1 Identifierade risker

Totalt identifierades fem olika övergripande typer av riskpåverkande faktorer som kan innebära högre risker för vintersjöfarten i området med anledning av vindkraftpark Polargrund. Utöver dessa direkta risker identifierades också indirekta risker vintertid. Dessa härrör framför allt till att tillgängligheten för räddningsoperationer i området begränsas av isen. Tillgängligheten för helikopteroperationer inom området är begränsad även sommartid på grund av svårigheter för helikoptrar att operera i närheten av snurrande vindkraftverk. Vid en nödsituation antas dock vindkraftverken stoppas för att förenkla för flygande enheter.

I Tabell 5.1 beskrivs de fem olika typerna av direkta risker som identifierats, och vilka konsekvenser dessa kan innebära. Riskerna beskrivs och kommenteras i efterföljande underrubriker.

Tabell 5.1 Identifierade riskpåverkande faktorer som vindkraftparken innebär samt hur de påverkar vintersjöfarten och riskerna vid isförekomst

Riskpåverkande faktor	Konsekvens	Indirekt påverkan/kommentar
1. Passage på sämre rutter när tillgängligt utrymme för alternativ optimal rutt genom isen begränsas	Sannolikheten att fartyg fastnar i isen ökar. <i>Allision</i>	Behov av isbrytarassistans ökar avseende tid och distans. Kostnader ökar.
2. Fartyg passerar nära vindkraftparken. Kollisionsavvärjande manövrar försvåras i is	Sannolikheten för kollision och <i>powered allision</i> ökar	Passage på större avstånd från vindkraftparken kan krävas för att kollisionsavvärjande manövrer enligt COLREG ska kunna göras.
3. Fartyg fastnar i isen i parkens närhet	Sannolikheten för <i>drifting allision</i> ökar	Passage på stort avstånd från vindkraftparken kan behövas. Ökat assistansbehov för att undvika att fartyg fastnar i isen. Assistansbehov/kostnad för isbrytning kan öka.
4. Befintlig kapacitet för isbrytarassistans innebär längre väntetider	Sannolikheten för <i>drifting allision</i> ökar med längre vänte- och drifttid	Större avstånd till väntplatser kan krävas och assistansbehov/kostnad ökar. Godstransport försenas.
5. Ökad väntetid för isbrytarassistans och fler fartyg väntar i trafikerat område	Väntplats för fartyg i område med hög passagefrekvens ökar <i>kollisions sannolikhet</i>	Ökade kostnader för trafikövervakning och eventuella kollisionsolyckor eller utsläpp.

5.1.1 Passage på sämre rutter på grund av begränsat utrymme

Normalt används den bästa och säkraste ruten genom is. Grundprincipen för isbrytning är att den lättaste vägen är den bästa vägen, och med anledning av detta eftersträvas att dirigera trafiken i det öppna vattnet som finns, så långt det är möjligt (Sjöfartsverket, 2023). Vindkraftparken kan komma att blockera den för tillfället bästa ruten vilket gör att sjöfarten kan tvingas gå på andra rutter med svårare isförhållanden. Detta kan innebära att fler fartyg kommer behöva assistans, att fartyg behöver assistans på längre rutter, samt att fler fartyg riskerar att fastna i isen när de tvingas gå på sämre rutter.

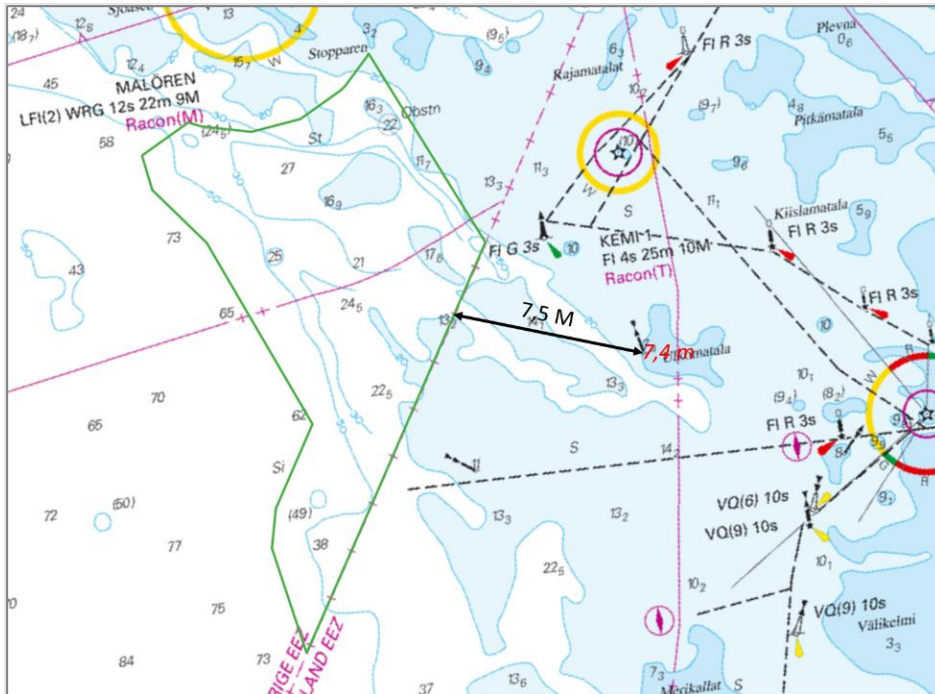
Genom undersökningsområdet registrerades under vinterperioden januari-april 2021, totalt 774 fartygspassager varav 294 var isbrytare. För motsvarande period 2022 registrerades totalt 263 passager genom området varav 40 var isbrytare. De 263 passagera registrerade under perioden januari-april (en tredjedel av året) utgör hälften av det totala antalet passager (517) under helåret 2022. Dessa registreringar visar på stor variabilitet mellan olika år och det är därmed svårt att fastslå hur stor andel av passagera per år som kommer att behöva ske på svårare rutter på grund av vindkraftparken. Antalet registreringar av passager vintertid indikerar dock att rutter genom undersökningsområdet sker något mer frekvent under vinterperioden jämfört med under övriga delar av året.

5.1.2 Fartyg passerar nära vindkraftparken och kollisionssavvärjande manövrar försvåras i is

Fartyg kan komma att passera nära vindkraftparken även vintertid och scenarier med fartyg på kollisionkurs kan uppstå också när det är is. Likt under isfria förhållanden kan vindkraftparken då utgöra ett hinder för en kollisionssavvärjande manöver. I de fall då fartyg framförs i en bruten ränna kan fartyget göra en undanmanöver ut ur rännan och in i omgivande is för att undvika en kollision. Fartyget kan då bromsas och eventuellt fastna i isen, vilket skulle innebära att även konsekvenser i form av *powered allision* kan undvikas. Fartyg som fastnat i isen kommer att driva med isen och om isen driver mot parken kan därmed en *drifting allision* ske. I situationer med mindre is, när isen inte helt stoppar upp fartyget, kan det vara möjligt att göra en 360-gradersgir. Isen gör det dock svårare att manövrera och en

360-gradersgir kan då kräva större utrymme än under isfria förhållanden. Trafikintensiteten är dock låg vilket begränsar sannolikheten för att situationer med fartyg på kollisionskurs ska uppstå.

Utrymmet mellan vindkraftparken och grundområden i öster är begränsat. Avståndet mellan vindkraftparken och grundet på 7,4 m vid Ulkomatala är ca 7,5 M (14 km), se Figur 5.1.



Figur 5.1 Mellan vindkraftparkens sydöstra sida och grundområdet med 7,4 m djup är avståndet 7,5 M (14 km).

Om isförhållanden är svåra utmed den finska kusten och i den östra delen av Bottenviken, kan trafik till och från Kemi och Torneå tvingas gå på rutter nära vindkraftparken. Isdrift kan också medföra att rännan som nyttjats vid tidigare passager har rört sig närmare vindkraftparken vilket gör att fartyg passerar nära vindkraftparken.

PIANC:s rekommendationer gällande vindkraftsetableringar till havs behandlar inte eventuell förekomst av is och riktlinjerna avseende acceptabla säkerhetsavstånd bedöms därför inte applicerbara i isbelagda vatten. Erforderligt avstånd mellan passerande fartyg och vindkraftpark Polargrund, för vilket låga risker kan säkerställas, kommer att variera i hög grad beroende på aktuella isförhållanden samt väder- och vindförhållanden. Is är dock en försvårande omständighet för sjöfarten då det påverkar fartygens manöverförmåga samt begränsar manöverutrymmet. Med anledning av detta kan is generellt antas föranleda behov av större säkerhetsavstånd än under isfria förhållanden.

5.1.3 Fartyg kan fastna i isen i parkens närhet

Fartyg som vid passage nära vindkraftparken fastnar i isen och driver med isen kan, beroende på drifriktning, komma att driva in i vindkraftparken och medföra en allision. För ett fartyg som fastnat i is och vars propellerkraft inte är tillräcklig för att komma loss, är förutsättningarna för nödankring begränsade, och i tät drivis i rörelse mot parken är nödankring normalt inget alternativ för att förhindra en allision.

Om ett fartyg fastnar i isen vid passage nära vindkraftparken och driver mot parken kommer det därför vara svårt att hinna förhindra en allision. Vid en vindhastighet på 10 m/s kommer isen, och därmed fartyg som fastnat, att driva med en hastighet av 0,2 – 0,6 knop. Om ett fartyg som fastnat i isen 1 M från vindkraftparken och driver mot vindkraftparken kommer det därmed att ta mellan 1 h 40 min och 5

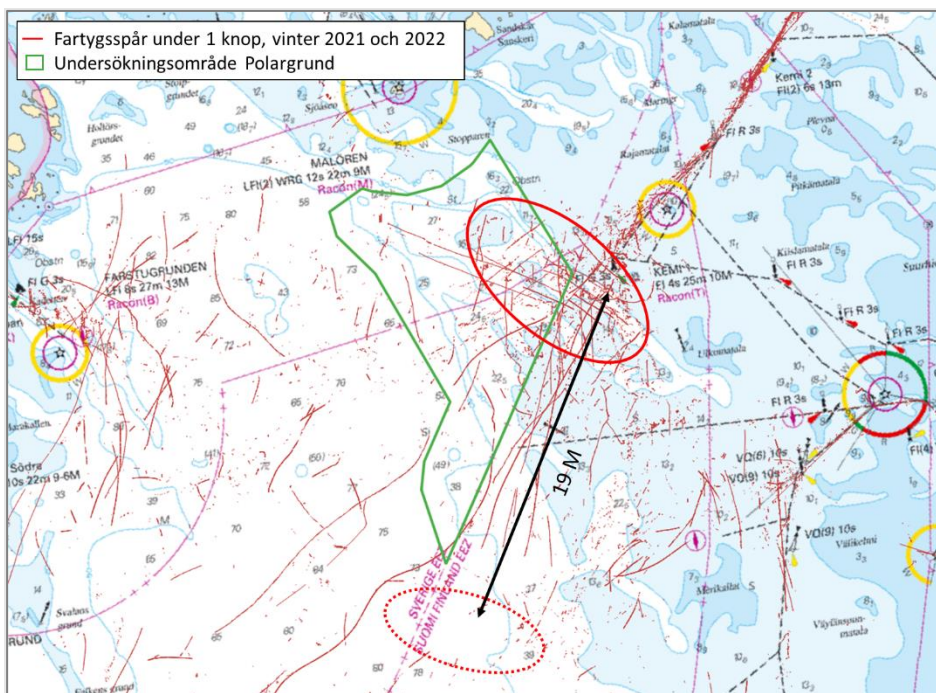
h till dess att det driver in i vindkraftparken. En allision med vindkraftparken kan eventuellt förhindras om en isbrytare hinner fram inom denna tidsperiod tid för att assistera fartyget att komma loss.

5.1.4 Befintlig kapacitet för isbrytarassistans innebär längre väntetider

Fartyg till och från i första hand Kemi och Torneå kommer i många fall behöva assistans på längre sträcka än idag i och med att det i många fall kommer behövas assistans för passage förbi vindkraftparken. Detta innebär att de kommer att behöva vänta på assistans söder om Polargrund. Längre assistanser i kombination med längre transitsträckor för isbrytare antas sammantaget innebära längre väntetider för fartyg under förutsättning att isbrytarkapaciteten i Bottenviken är begränsad. Fartyg som väntar på assistans kan komma att driva med isen. Beroende på vindriktning kan fartyg som väntar komma att driva mot vindkraftparken vilket kan leda till att de driver in i vindkraftparken och att en allision sker.

Många fartyg till Kemi och Torneå väntar idag på assistans i området söder om farleden för insegling till Kemi och Torneå. Efter en etablering av vindkraftpark Polargrund kommer flera av dessa troligen behöva assistans från ett område söder om Polargrund och utmed Polargrunds sydöstra sida för att begränsa allisionsriskerna så att en god sjösäkerhet kan upprätthållas. Detta innebär en förlängning av den assisterade sträckan med ca 19 M, se Figur 5.2.

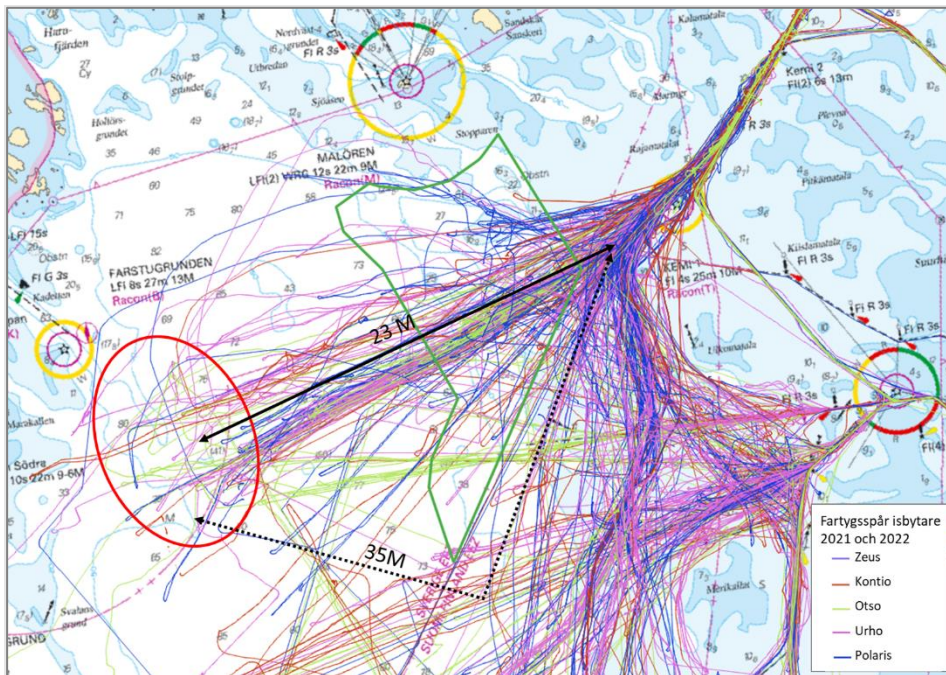
Eventuellt kan också vindkraftparken komma att påverka isförhållandena i parkens närhet med mer uppbruten is samt ökad vallbildning och därmed svårare förhållanden på de tillgängliga rutterna vilket också kan bidra till ökat behov av isbrytarassistans.



Figur 5.2 Fartygsspår från fartyg med en hastighet under 1 knop vintertid antas vänta på assistans. Under 2021 och 2022 väntade många fartyg på assistans söder om farleden för insegling till Kemi och Torneå (inom röd ring). Efter en etablering av Polargrund antas flera av dessa fartyg i stället behöva assisteras av isbrytare från ett område söder om Polargrund (streckad röd ring), vilket innebär att sträckan för assistans ökar med ca 19 M.

Figur 5.3 visar spår från isbrytarna som assisterade fartyg till och från Kemi och Torneå under 2021 och 2022. Av bilden framgår att de ofta vänder i området väster om Polargrund, söder om inseglingen till Luleå. Även detta område antas därför utgöra ett vanligt "väntområde" för fartyg till Kemi och Torneå. Om samma område nyttjas för fartyg i väntan på isbrytarassistans även efter en etablering kommer den

assisterade sträckan för dessa fartyg öka med ca 12 M. Genomsnittshastigheten för isbrytarna vid passage genom undersökningsområdet är ca 11,6 knop. Med denna hastighet innebär förlängningen på 12 M att assistanstiden ökar med ca 1 h. Förlängningen på 19 M mellan området söder om Polargrund och inseglingen till Kemi/Torneå innebär en ökad assistanstid på ca 1h 40 min. Beroende på isläget kan dock en del av fartygen som assisteras antas vänta söder om Polargrund i stället vilket innebär att förlängningen begränsas.



Figur 5.3 Spår från de fyra isbrytare som under 2021 och 2022 opererade in till och från Kemi/Torneå. Isbrytarna assisterar fartyg in och ut från Kemi/Torneå, genom området för vindkraftparken och vänder väster om området (röd ring). Efter en etablering kommer dess assistanser behövs passera runt vindkraftparken vilket innebär en förlängning av assisterad sträcka.

5.1.5 Ökad väntetid för isbrytarassistans och väntplats söder om Polargrund

Området söder om Polargrund kommer i högre grad än idag behöva nyttjas av väntande fartyg. Längre väntetider i kombination med att fler fartyg kommer behöva invänta assistans söder om Polargrund gör att detta område kan bli kritiskt ur kollisions synpunkt när fartyg driver med isen samt med korsande fartygsstråk i området. Såväl trafik till Luleå och Karlsborg som till Kemi, Torneå och Uleåborg kan komma att behöva vänta på assistans i området söder om Polargrund. Vid sydliga vindar finns också risk att de väntande fartygen driver mot vindkraftparken. Med eventuella förseningar och långa väntetider på isbrytarassistans kan fartyg komma att driva in i vindkraftparken. I sydliga vindar kan fartyg tvingas vänta långt söder ut för att säkerställa att ingen allision kan ske.

5.2 Scenariobeskrivning

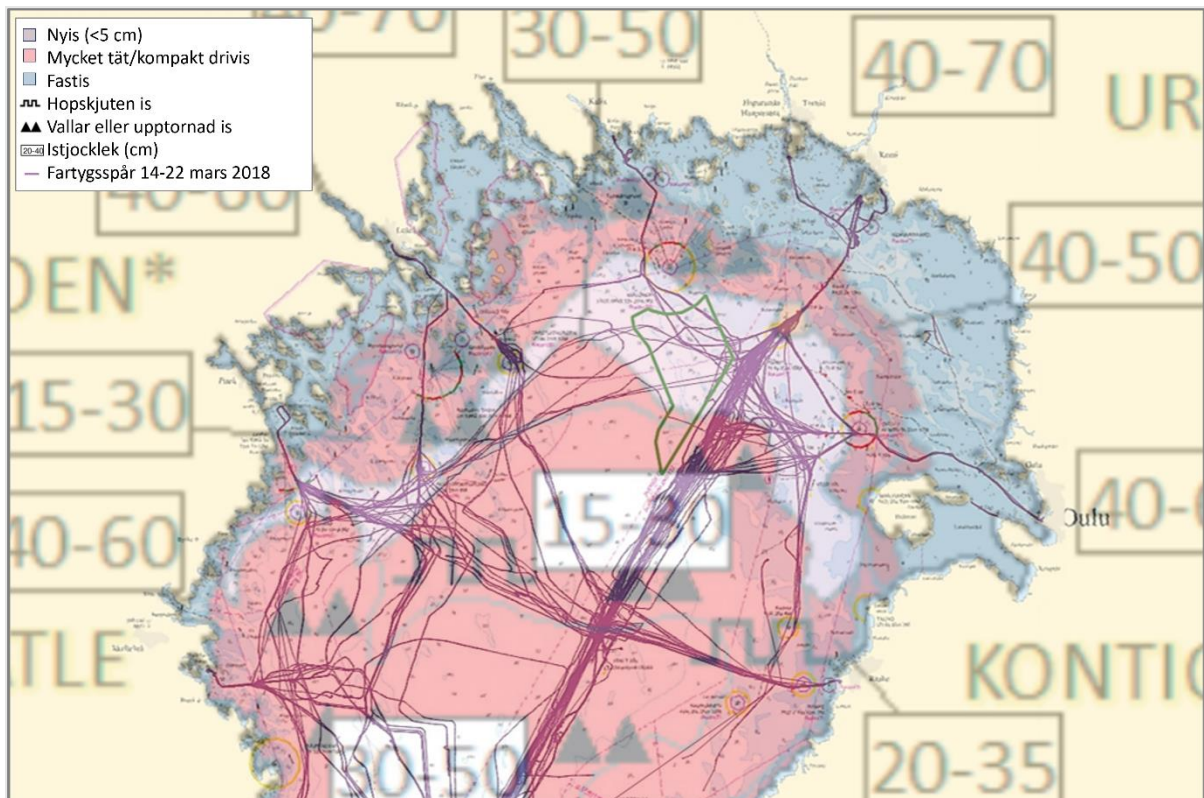
De i kapitel 5.1 identifierade riskerna specifika för vinterförhållanden med is, är i hög grad avhängiga av vindriktningen och den samhörande aktuella islägesbilden. Alla vindriktningar förekommer under en isvinter men vindens statistiska riktningsfördelning avspeglar till viss del också sannolikhetsfördelningen för olika karaktäristiska isförhållanden i Bottenviken. Fyra olika karaktäristiska isläges-scenarier har identifierats för olika vindriktningar. Observerade fartygsrörelser och ruttval anpassade efter respektive karaktäristiska isförhållanden exemplifieras och ger en indikation på vilka av de identifierade riskerna som kan uppstå för respektive scenario. De statistiskt förväntade antalet dagar som respektive scenario kan anses representativa, ger därmed också en bild av vilka risker som kan förväntas dominera den sammanvägda riskbilden.

De fyra scenarierna baseras på vindens huvudriktning och fördelning mellan de 120 vinterdagarna baserat på observationer från Rödkallen under perioden 2010–2022. Fördelningen framgår nedan.

- Scenario 1 - Nordlig vind
27% av tiden januari–april – 32 dagar/år
- Scenario 2 - Sydlig vind
34% av tiden januari–april – 41 dagar/år
- Scenario 3 - Ostlig vind
13% av tiden januari–april – 16 dagar/år
- Scenario 4 - Västlig vind
26% av tiden januari–april – 31 dagar/år

5.2.1 Scenario 1 - nordlig vind

Under perioder med nordlig vind förskjuts drivande is i Bottenviken söderut. Pågår detta under längre tid kommer is att ansamlas längre söderut. I perioder med förekomst av stora mängder is kan framkomligheten försvåras av uppkomna packisvallar och återfusen tät packis i ingången till nordligaste Bottenviken. Isen rör sig söder ut och en karaktäristisk halvmåneformad (*crescent*) råk uppstår. Den öppna råken återfrysar med nyis som succesivt växer i tjocklek så länge scenarioförhållandena fortgår. Exemplet i Figur 5.4 är hämtat från iskartan 16 mars 2018 och visar ett scenario där isen drivit söder ut på grund av nordliga vindar sedan 12 mars. De överlagrade AIS-fartygsspåren är registrerade 14–22 mars 2018. Isvintern 2017–2018 betraktas som en normal isvinter vad gäller isutbredning och varaktighet.



Figur 5.4. Representativt exempel för scenario 1 som kan uppstå vid nordliga vindar. Den ljuslila färgen från bakomliggande iskarta (16 mars 2018), illustrerar den med nyis återfusna halvmåneformade råken. Överlagrade AIS-fartygsspår (lila) är registrerade 14–22 mars 2018.

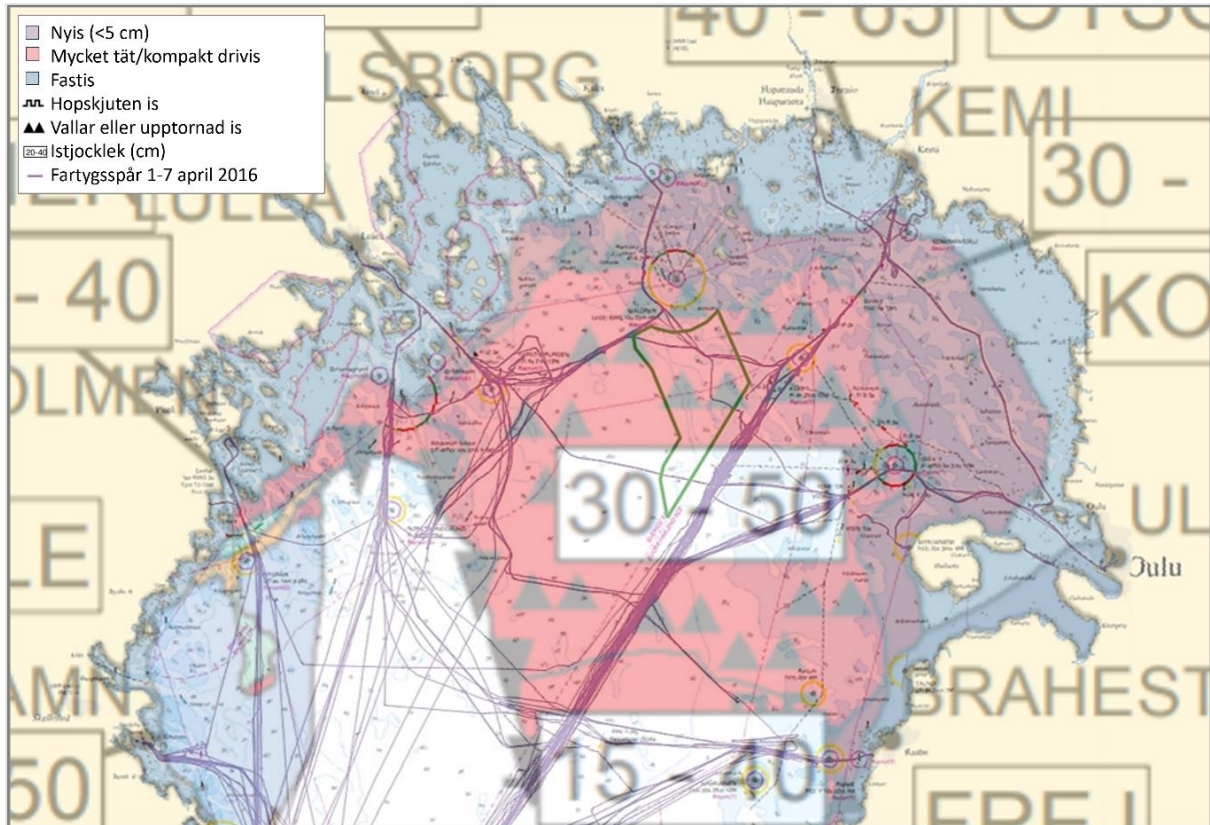
Exemplet i Figur 5.4 visar att större delen av undersökningsområdet finns i den halvmåneformade råken, och att vissa fartyg, som utnyttjar den västliga delen av den halvmåneformade råken, väljer en rutt genom undersökningsområdet. Med planerad vindkraftpark på plats, är inte detta ruttval längre tillgängligt och den identifierade risken enligt avsnitt 5.1.1 är därmed relevant. Viss trafik utnyttjar även den östliga delen av halvmånen Uleåborg, exempelvis för rutter mellan Brahestad och norra Bottenviken. Trafik mellan Torneå/Kemi och Kvarken avviker dock inte nämnvärt från det stråk längs parkens sydostsida, som också nyttjas under isfria förhållanden. Stråket går genom ett område med tät drivis med vallar. Den risk för *powered allision* som identifieras i avsnitt 5.1.2 vid passage nära vindkraftparkens sydostsida kan föreligga i detta scenario, däremot bedöms riskerna för *drifting allision* enligt avsnitt 5.1.3 och 5.1.4 vara mindre relevant eftersom drifriktningen under dessa scenariobetingelser inte är riktad mot parken. De markerade vallbildningarna sydost om stråket kan accentueras under inverkan av scenariots nordliga vindar men en förskjutning av passagerutten åt nordväst, bort från vallområdet, kommer i detta fall att förhindras av parkens lokalisering.

5.2.2 Scenario 2 – sydlig vind

I vintersituationer med sydlig vind kommer större mängder drivande packis att skjutas norrut, in i undersökningsområdet. Beroende på mängden och utbredningen av mer fast och eller konsoliderad packis i norra Bottenviken kommer vallar att bildas. Läget på dessa beror på var den vinddrivna isen möter motstånd, i ett solitt packisfält, en fast iskant, mot redan etablerade vallar eller i grundare områden. I längre hårdvindsituationer kommer packningen att bli omfattande i området.

Exemplet i Figur 5.5 representerar ett läge relativt sent under issäsongen hämtat från iskartan 1 april 2016 när de blåst sydliga-sydvästliga vindar under en veckas tid. De överlagrade AIS-fartygsspåren är registrerade 1–7 april 2016. Isvintern 2015–2016 sammanfattas som en lindrig isvinter.

Isen har packat ihop sig mot nord och nordost och framkomligheten till de finska hamnarna begränsas av mycket tät drivis med åtskilliga packisvallar. I undersökningsområdet fanns vid detta tillfälle mycket tät drivis, upp till 30–50 cm tjocklek samt upptornad is med vallar.



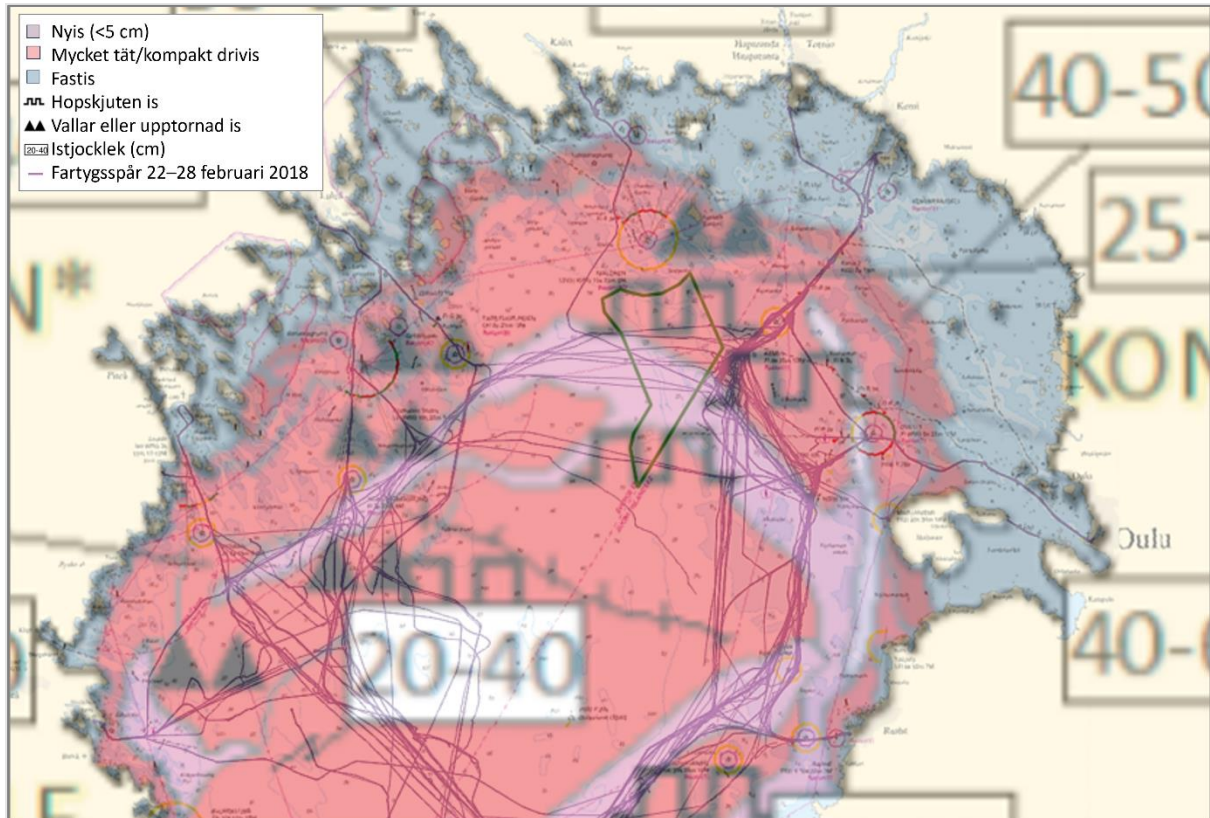
Figur 5.5. Representativt exempel för scenario 2 som kan uppstå vid sydliga vindar. Undersökningsområdet ligger i ett område med mycket tät drivis och mycket vallbildning. I området nordost om parken finns sammanfrusen eller kompakt drivis och längs kusten fast is. Den underliggande iskartan är från 1 april 2016 och överlagrade AIS-fartygsspår är registrerade 1–7 april 2016.

Ett fåtal fartygspassager genom undersökningsområdet är registrerade under den aprilvecka som representerar detta scenario. De flesta registrerade fartygsspåren återfinns dock även i detta scenario i det stråk längs parkens sydos sida, som också nyttjas under isfria förhållanden. Även i detta scenario föreligger således risk för *powered allision* enligt avsnitt 5.1.2 vid passage nära vindkraftparkens sydos sida. Dessutom kan riskerna för *drifting allision* enligt avsnitt 5.1.3 och 5.1.4 också föreligga i detta scenario, eftersom drifriktningen under dessa scenariobetingelser är riktad mot parken. Även om hård sydlig vind driver isfronten mot norr kommer drifhastigheten i den täta packisen troligen att begränsas och bli mindre än de ca 2 % av vindhastigheten som kan uppstå för fritt drivande isfält.

5.2.3 Scenario 3 – ostlig vind

Scenariot med ostlig vind är mindre vanligt än de övriga men kan i medeltal förväntas förekomma under 16 dagar under den granskade fyramånadersperioden. En kall nordostlig luftström skjuter drivande packis och istäcken västerut mot den svenska skärgården. Vid dessa betingelser uppstår svåra situationer i hamnar på svenska sidan och försvårar passage från mer stabila skärgårdsförhållanden ut i Bottenviken. Istillväxten fortsätter, men isen bryts delvis upp av vinden och nya råkar, som snabbt täcks med nyis, bildas i norra Bottenviken.

Exemplet i Figur 5.6 representerar ett läge i en period med istillväxt under isvintern 2017–2018 som betecknas som en normal vinter. Den underliggande iskartan är från 24 februari 2018 och överlagrade AIS-fartygsspår är registrerade 22–28 februari 2018.



Figur 5.6. Representativt exempel för scenario 3 som kan uppstå vid ostliga vindar. Den underliggande iskartan är från 24 februari 2018 och överlagrade AIS-fartygsspår är registrerade 22–28 februari 2018.

Genom undersökningsområdet återfinns ett område med nyis som är en del av den halvmåneformade råk som uppstått i nordlig eller nordostlig vind. I områdets norra del återfinns packis och hopskjuten is som alltså hänger fast vid den landfasta isen längs kusten. Tvärs över packisen i Bottenvikens centrala del finns ett område med stora sprickor samt områden med hopskjuten is och vallar.

Ett knappt tiotal fartyg som valt en rutt genom nyisen längs svenska kusten passerar genom undersökningsområdet på väg till/från Kemi/Torneå och ett större antal har valt alternativa rutter genom nyisen längs den finska sidan. Däremot har under denna vecka inga passager registrerats i det stråk längs undersökningsområdet s sydöstra sida, som är den normala ruten under lindriga eller isfria förhållanden.

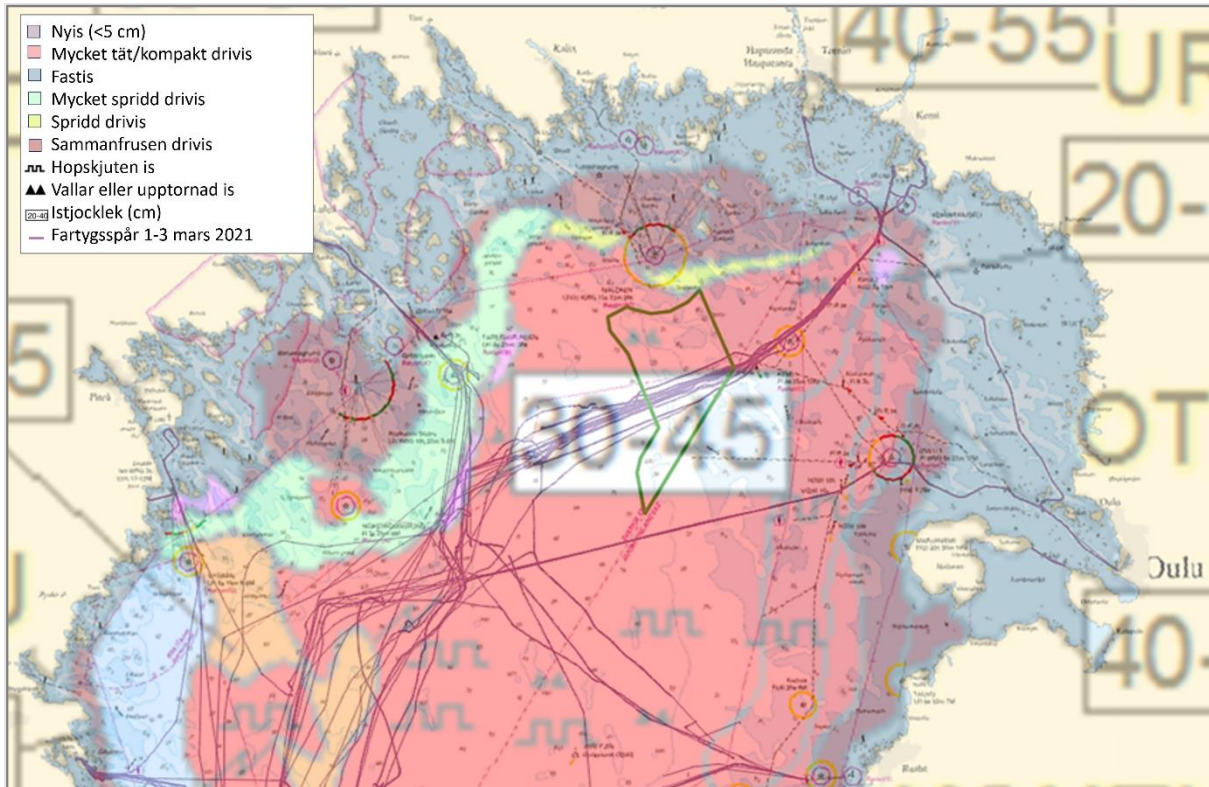
Den för *powered allision* identifierade isspecifika risken enligt avsnitt 5.1.2 vid passage nära vindkraftparkens sydostsida föreligger inte för detta scenario. Dock kan den vara relevant för trafiken som tidigare trafikerat "halvmånen" mellan Kemi och Luleå i exemplet, när dessa rutter tvingas omdirigeras söder om parken. Riskerna för *drifting allision* enligt avsnitt 5.1.3 och 5.1.4 kan också föreligga i detta scenario, eftersom flera fartyg i den ostliga vinden passerar eller inväntar isbrytarassistans i packisen nära Kemi 1 fyr och parkens nordöstra hörn. De alternativa rutter som tidigare valts genom undersökningsområdet kommer inte att vara tillgängliga när vindkraftparken etablerats, och därmed är den enligt avsnitt 5.1.1 identifierade risken att fastna is, också relevant för detta scenario.

5.2.4 Scenario 4 – västlig vind

Scenariot med västlig vind är relativt vanligt och kan i medeltal förväntas förekomma under 31 dagar under den granskade fyramånadersperioden. En högtrycksdominerad vädersituation i sydvästra Skandinavien innebär att relativt milda västvindar blåser över Bottniska viken. Isen driver österut och en råk utmed svenska sidan i Bottenviken och Norra Kvarken vidgas och täcks av nyis eller spridd drivis. Den

drivande packisen skjuts ihop och konsolideras mot den landfasta iskanten längs den finska kusten. Framkomligheten till/från hamnar på finska sidan begränsas medan förhållandena på svenska sidan blir mer gynnsamma.

Exemplet i Figur 5.7 representerar ett läge i en period med istillväxt under isvintern 2017–2018, som betecknas som en normal vinter. Den underliggande iskartan är från 1 mars 2021 och överlagrade AIS-fartygsspår är registrerade 1–3 mars 2021. Isvintern 2020–2021 betecknas som en normal vinter.



Figur 5.7. Representativt exempel för scenario 4 som kan uppstå vid västliga vindar. Den underliggande iskartan är från 1 mars 2021 och överlagrade AIS-fartygsspår är registrerade 1–3 mars 2021.

Undersökningsområdet ligger i ett område med mycket tät drivis av 30–45 cm tjocklek och enstaka vallar. Trots detta har samtliga registrerade fartygspassager till/från Kemi/Torneå passerat tvärs området från råken på svenska sidan och anslutit till de normala farlederna vid fyren Kemi I och norrut. Inga fartygspassager registrerades längs undersökningsområdet s sydöstra sida under de analyserade tre dagarna. Om vindkraftparken funnits på plats skulle trafiken till/från Kemi/Torneå teoretiskt kunna ha omdirigerats att passera genom mer öppna isområden norr om parken, men i praktiken begränsas en sådan alternativ rutt av alltför litet vattendjup. Mer realistiska alternativrutter förbi undersökningsområdet i detta scenario går i ost-västlig riktning från råken på svenska sidan och därefter längs områdets sydostsida.

Den senare alternativa ruten innebär en längre distans och sannolikt även genom svårare isförhållanden sydost om undersökningsområdet än den registrerade ruten tvärs området. Därmed är den enligt avsnitt 5.1.1 identifierade risken att fastna i is, relevant för detta scenario. Även den för *powered allision* identifierade isspecifika risken enligt avsnitt 5.1.2 vid passage nära vindkraftparkens sydostsida, föreligger för detta scenario. Däremot bedöms riskerna för *drifting allision* enligt avsnitt 5.1.3 och 5.1.4 inte föreligga i detta scenario, eftersom fartygen som passerar söder och öster om vindkraftparken inte kommer att driva mot den av västlig vind.

5.2.5 Sammanvägd relevans av de fyra scenarionas identifierade risker

För de fem olika identifierade isspecifika risker som beskrivs i avsnitt 5.1 är det väsentligen endast de fyra första, som berörs och är av olika relevans för de fyra respektive granskade scenarioexemplen. En schematisk sammanvägning av förväntad genomsnittlig varaktighet för respektive scenario och vilka isspecifika risker som i beskrivningarna i avsnitt 5.3.1–5.3.4 bedöms vara relevanta för respektive scenarier illustreras i Tabell 5.2. Tabellens nedersta rad indikerar att scenario 2 med sydlig vind bidrar mest till de tillkommande isspecifika risker som etablering av den planerade vindkraftparken kan medföra (I tabellen framgår detta av att scenario 2 ger högst summa av "farodagar" som bildats genom att multiplicera scenariots antal dagar med antalet relevanta risker). Den tillkommande isspecifika risk som beskrivs enligt avsnitt 5.1.2, om kollisionsavvärjande manöver bedöms vara relevant för samtliga scenarier, och det i tabellens högerkolumn summerade antalet dagar av relevans, indikerar därmed att denna risk bedöms ha högst relevans för den sammanvägda scenariobedömningen.

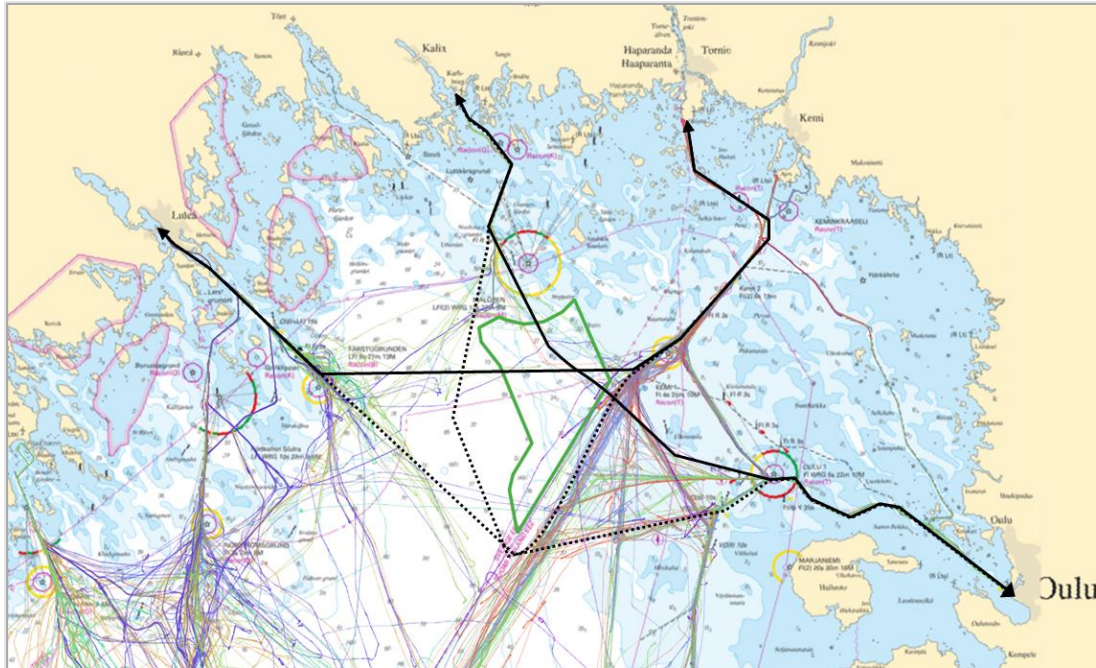
Tabell 5.2. Schematisk sammanvägning och viktning av identifierade tillkommande isspecifika risker

Identifierad isspecifik risk	Scenario	1 N 27% 32 dagar	2 S 34 % 41dagar	3 O 13 % 16 dagar	4 V 26% 31 dagar	Dagar då resp fara är relevant
1. Sämre rutter när utrymme för alternativ optimal rutt genom isen begränsas		✓		✓	✓	3 scenarier 79 dagar
2. Fartyg passerar nära vindkraftparken och kollisionsavvärjande manövrar försvåras i is		✓	✓	✓	✓	4 scenarier 120 dagar
3. Fartyg kan fastna i isen i parkens närhet			✓	✓		2 scenarier 57 dagar
4. Befintlig kapacitet för isbrytarassistans innebär längre väntetider			✓	✓		2 scenarier 57 dagar
	Farodagar	64	123	64	62	

5.3 Påverkan på isbrytarverksamhet och nyttjandegrad för isbrytare

De svenska och finska isbrytarorganisationerna samarbetar kring isbrytning för hamnarna i Bottenviken. Under vissa perioder kan exempelvis finska isbrytare som bistår fartyg till/från Uleåborg även bistå fartyg till/från Karlsborg. På motsvarande sätt kan en isbrytare behöva assistera både fartyg till/från Luleå och till/från Kemi, och de passerar då i transit genom området för vindkraftparken. Isbrytarna antas inte passera genom vindkraftparken efter en etablering, och kommer därför behöva gå runt vindkraftparken vid transit mellan de olika hamnarna. Detta innebär förlängda transitrutter och längre tider för transit.

Under 2021 och under 2022 gjorde isbrytarna väldigt få transitrutter mellan Luleå och Kemi/Torneå samt mellan Karlsborg och Uleåborg. Under 2018, när isförhållandena var svårare, skedde fler rörelser av isbrytarna mellan hamnarna, se Figur 5.8.



Figur 5.8 Fartygsspår från isbrytare under 2018. Närmsta transitrutten idag mellan Kemi/Torneå och Luleå samt mellan Uleåborg och Karlsborg går genom området för vindkraftparken (svarta pilar). Efter enetablering kommer isbrytarna behöva passera söder om vindkraftparken (streckade svarta pilar) vilket innebär rutförlängningar.

Utan vindkraftparken är transitrutten mellan Torneå och Luleå ca 84 M. Vindkraftparken skulle innebära att transitrutten förlängs med ca 18 M till ca 102 M, vilket motsvarar att tiden för transit mellan Torneå och Luleå ökar från ca 7 h 15 min till ca 8 h 50 min.

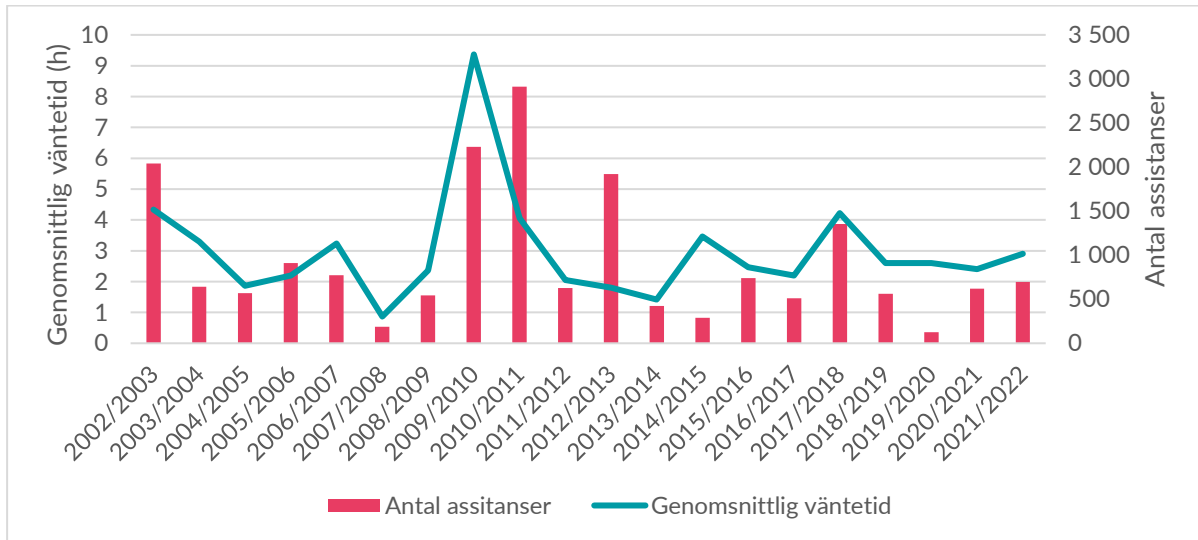
Transitrutten mellan Karlsborg och Uleåborg ökar med ca 23 M, från 79 M till ca 102 M, dvs. från ca 6 h 50 min till 8 h 50 min.

Längre transitrutten, i kombination med längre sträckor för assistans och fler assistanser på grund av vindkraftparken, kommer leda till ett högre nyttjande av isbrytarna. Under perioder med svåra isförhållanden skulle detta kunna leda till att den tillgängliga isbrytarkapaciteten inte är tillräcklig, och att väntetiderna för fartygen blir långa. Långa väntetider antas öka sannolikheten för allision med vindkraftparken.

Nyttjandet av isbrytarkapaciteten varierar stort mellan olika år och det är endast under relativt korta perioder som isförhållanden är sådana att den finska och svenska isbrytarkapaciteten utnyttjas maximalt. Figur 5.9 visar antalet genomförda assistanser av svenska isbrytare för 20 årsperioden 2002/2003 – 2021/2022. Antalet varierar mycket mellan olika år. Vintern 2010/2011 var isförhållandena svåra och det var is utmed stora delar av den svenska kusten vilket resulterade i det högsta antalet assistanser under perioden; 2 914. Även vintern 2009/2010 innebar att isbrytarna behövde genomföra ovanligt många assistanser; 2 230. Under dessa vintrar antas isbrytarkapaciteten periodvis ha utnyttjats maximalt. Under vintern 2010/2011 var den genomsnittliga väntetiden 4 Målet för vintersjöfart är att de fartyg som behöver vänta på isbrytningsassistans inte skall vänta mer än 4 timmar i genomsnitt (Sjöfartsverket och SMHI, 2019).

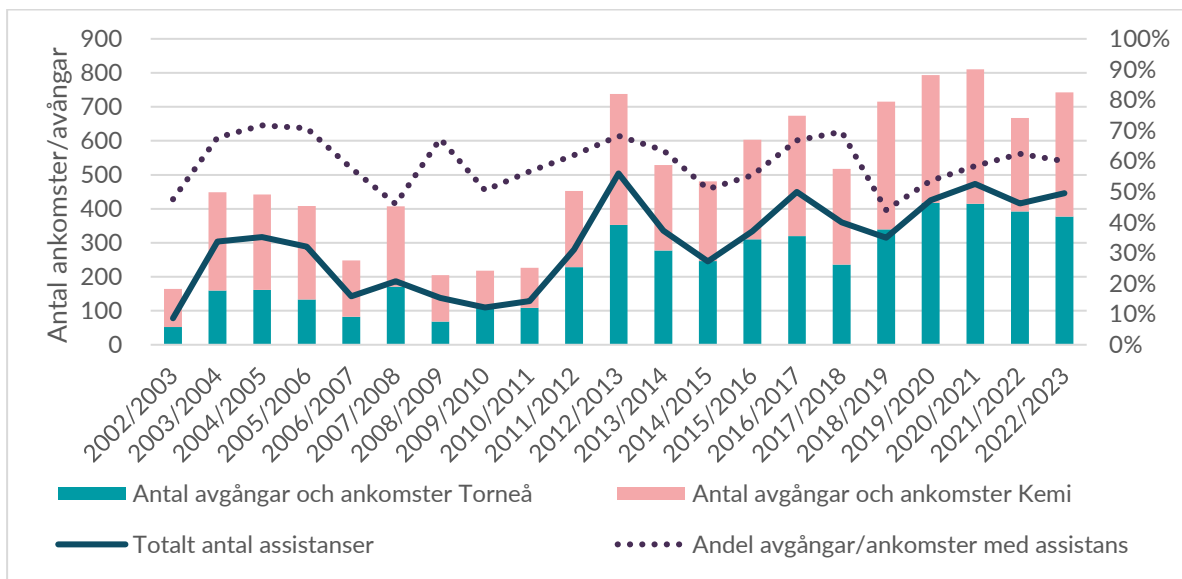
Den mycket milda isvintern 2019/2020 innebar att 89 % av fartygen anlöpte hamn för egen maskin eller fick assistans utan väntetid till eller från de hamnar där restriktioner infördes. För de fartyg som behövde assistans var den genomsnittliga väntetiden 2 h 36 minuter (samma som under föregående säsong). Totalt under säsongen assisterades 140 fartyg av statsisbrytarna (125) samt av förhyrda resurser (15), vilket är det lägsta antalet assistanser sedan säsongen 1991–92. Inga fartyg behövde bogseras. Tillfälliga svåra isförhållanden i vissa områden kan dock leda till kapacitetsbrist på isbrytare

trots relativt lindriga förhållanden sett över hela vintern och trots ett relativt lågt antal assistanser totalt under säsongen. Figur 5.9 visar hur antalet assistanser och genomsnittliga väntetiden varierat.



Figur 5.9 Antal genomförda assistanser av svenska isbrytare och genomsnittlig väntetid för 20-årsperioden 2002/2003 - 2021/2022. (Sjöfartsverket och SMHI, 2023).

Det är i första hand fartygstrafiken till Kemi och Torneå som kommer att påverkas av vindkraftparken. Figur 5.10 visar antalet ankomster och avgångar till dessa hamnar samt hur många av dessa som har krävt assistans under 20-årsperioden 2002/2003 - 2021/2022.



Figur 5.10 Antalet ankomster och avgångar till hamnarna i Kemi och Torneå samt hur många av dessa som har krävts assistans under 20-årsperioden 2002/2003 - 2021/2022. Baserat på statistik erhållen från finska Trafikledsverket (Väylä).

I genomsnitt för perioden har 60% av fartygen vintertid (under perioder med isrestriktioner) till och från hamnarna i Kemi och Torneå behövt assistans. Antalet assistanser i genomsnitt för de senaste tio åren (2012/2013 – 2022/2023) uppgår till 391. Störst antal assistanser skedde 2012/2013, 593 assistanser.

Isbrytarassistans är den viktigaste åtgärden för att upprätthålla säkerheten för sjöfarten i islagda vatten. Hur stort antal assistanser som kan komma att krävas till och från dessa hamnar i framtiden är beroende på trafikutvecklingen samt framtida isförhållanden men vindkraftparken antas bidra till att öka behovet av antalet assistanser jämfört med idag.

Längre sträckor för isbrytarna, och eventuellt fler assistanser, kommer att innebära en ökad bränsleförbrukning och ökade utsläpp till luft. Långa väntetider för fartyg att bli assisterade kan också innebära förseningar och olägenheter för trafiken och hamnarna. Detta innebär en påverkan på sjöfarten, men en försening behöver i sig inte innebära ökade nautiska risker.

6 Riskvärdering

6.1 Isfria förhållanden

De beräknade sannolikheterna för grundstötning, kollision och allision avser isfria förhållanden med och utan vindkraftpark. De avspeglar således hur vindkraftparken kan komma att påverka riskerna sommartid och visar var de mest kritiska områdena kan uppstå.

Den totala olyckssannolikheten sommartid kommer att öka med en vindkraftpark. I första hand på grund av att vindkraftparken innebära att en ny typ av fara introduceras; allision. Allision utgör 90% av den sammanlagda olyckssannolikheten i beräkningen med vindkraftpark. Det gör att den sammanlagda olycks-/incidentersannolikheten är 10 gånger så hög i fall B, med vindkraftpark enligt undersökningsområdet, jämfört med fall A utan vindkraftpark, se Tabell 6.1. Konsekvenserna av en allision kommer dock i de flesta fall vara betydligt lindrigare än vid en kollision vilket gör att riskerna, som är en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens, inte ökar i samma utsträckning. Sannolikheten för en faktisk allision med något av vindkraftverken är också betydligt lägre än den som presenteras i tabellen eftersom allisionssannolikheten i beräkningarna avser interaktion med undersökningsområdet och inte allision med de enskilda verken inom undersökningsområdet.

Tabell 6.1 Jämförelse av beräknade sannolikheter (incidenter/år) och motsvarande returperioder (år mellan incidenter) för fallet utan vindkraftpark (A) och med vindkraftpark enligt undersökningsområdet (B).

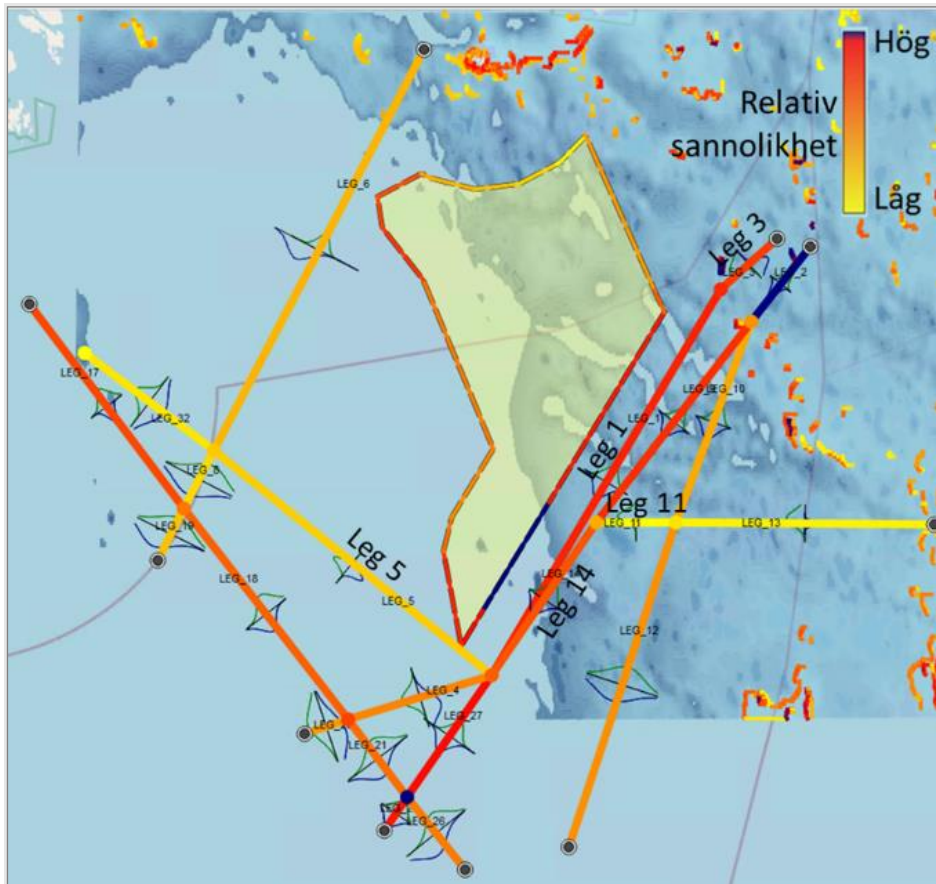
	A: Utan vindkraftpark		B: Med vindkraftpark		Ökning – fall B jämfört fall A
	Incidenter/år	År mellan inc.	Incidenter/år	År mellan inc.	
Total Groundings	1,0E-03	959	1,1E-03	9094	-10
Total Allisions	---	---	1,3E-02	77	
Total Collisions	2,5E-04	3 932	3,2E-04	3 125	28%
Total incidents	1,3E-03	771	1,4E-02	71	977%

Beräkningarna är baserade på trafik motsvarande ett helår och beräkningsresultaten motsvarar därmed den förväntade olyckssannolikheten om det vore isfritt året runt. Den beräknade allisionssannolikheten på $1,3 \times 10^{-2}$ incidenter/år motsvarar att en allision kan förväntas ske en gång på 77 år. Det största bidraget utgörs av *drifting allision*, den beräknade sannolikheten för *powered allision* är försumbar i förhållande till *drifting allision*. 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 dessa stråk förväntas anpassa sig till vindkraftparken. Den faktiska lateralfördelningen på dessa stråk går inte att fastställa på förhand då det inte i detalj går att veta hur trafiken kommer att anpassa sig och lägga sina rutter efter en etablering. Osäkerheten för den beräknade sannolikheten för *powered allision* är därför hög.

Leg 3 ger det största bidraget till *powered allision*, detta i första hand på grund av den "peka-på-kurs" mot vindkraftparken som de sydvästgående fartygen har. Även västgående fartyg på *Leg 11* har en "peka-på-kurs" mot vindkraftparken. Sommartid är dock trafiken på detta stråk mycket låg och den beräknade sannolikheten för en *powered allision* från *Leg 11* är därför försumbar. I modellen ligger *Leg 5* nära den södra spetsen vilket ger ett bidrag till den beräknade sannolikheten för *powered allision*, se Figur 6.1.

Sannolikheten för *drifting allision* härrör i först hand till att fartyg antas passera relativt nära den sydöstra sidan av parken på en lång sträcka. Trafiken på *Leg 1* och *Leg 14* ger de största bidragen till *drifting allision* eftersom trafiken på dessa *leg* passerar nära vindkraftparken utmed en lång sträcka. Får

fartygen på dessa stråk en blackout, eller på annat sätt tappar manöverförmågan, och börjar driva mot vindkraftparken har de begränsat med tid att hinna avhjälpa problemet alternativt att hinna nödankra.



Figur 6.1 Leg 1 och leg 14 beräknas ge de största bidraget till sannolikheten för drifting allision. Sannolikheten för powered allision härrör i första hand till trafiken på leg 3 eftersom de sydvästgående fartygen har en "peka-på-kurs" mot vindkraftparken. Även trafiken på leg 5 bidrar till den beräknade sannolikheten för powered allision.

Efter en etablering kan en del av fartygen som idag passerar väster om Kemi 1 komma att välja den östra farleden i stället för att undvika en extra girpunkt öster om Polargrunds södra spets. Detta gäller primärt mindre fartyg eftersom djupet i den östra farleden är mindre. Det är dock osäkert i vilken utsträckning detta skulle ske och med anledning av detta har en sådan "överflyttning" av trafik från de den västra farleden och det västra stråket till den östra farleden och det östra stråket inte modellerats i IWRAP. Med en sådan "överflyttning" i IWRAP kan de beräknade sannolikheterna för såväl *drifting* som *powered allision* antas reduceras.

Sannolikheten för någon typ av kollision beräknas öka med 29% för fallet med vindkraftpark jämfört med fallet utan vindkraftpark, se Tabell 6.2. Sannolikheten för en kollision i det modellerade området är dock låg utan park, en kollision förväntas ske en gång på ca 4 000 år i fall A. I fall B, med vindkraftpark förväntas en kollision ske en gång på ca 3 000 år. Sannolikheten för *crossing collision* och *HeadOn collision* utgör de största bidragen till den sammanlagda kollisionssannolikheten i fall A. I fall B ökar sannolikheten för *HeadOn* med ca 40% på grund av att den laterala spridningen på flera stråk minskar till följd av vindkraftsetableringen samt eftersom trafiken samlas på ett färre antal stråk. Även sannolikheten för *bend collision* och *overtaking collision* beräknas öka när vindkraftparken införs, dock från ännu lägre nivåer. Sannolikheten för *crossing collision* härrör i första hand till den punkt där trafiken mellan Kemi/Torneå och Norra Kvarnen korsar stråket mellan Luleå och Uleåborg. Trafiken i denna punkt påverkas inte av vindkraftsetableringen och sannolikheten för *crossing collision* är därmed i det närmaste oförändrad.

Tabell 6.2 Jämförelse av beräknade sannolikheter (incidenter/år) och motsvarande returperioder (år mellan incidenter) för kollision för fallet utan vindkraftpark (A) och med vindkraftpark (B).

	A: Utan vindkraftpark		B: Med vindkraftpark		Ökning - fall B jämfört fall A
	Incidenter/år	År mellan inc.	Incidenter/år	År mellan inc.	
Overtaking	2,0E-05	48 823	3,0E-05	33 511	49%
HeadOn	9,7E-05	10 318	1,4E-04	7 383	40%
Crossing	1,1E-04	9 454	1,0E-04	9 554	-5%
Merging	5,6E-06	178 009	5,4E-06	186 773	-4%
Bend	2,6E-05	39 148	4,8E-05	21 040	83%
Total Collisions	2,5E-04	3 932	3,2E-04	3 098	29%

Då skillnaden i beräknad sannolikhet för grundstötning är i det närmaste oförändrad när vindkraftparken introduceras bedöms ingen betydande ökning av grundstötningsrisk uppstå. Trafikintensiteten i det modellerade området är låg vilket gör att sannolikheten för en kollision är låg. Vindkraftparken beräknas innebära att kollisionssannolikheten ökar med $7,3 \times 10^{-5}$ incidenter/år vilket motsvarar en ökning på 29%. Beaktat att konsekvenserna vid en kollision kan bli allvarliga innebär detta en icke försumbar riskökning. Ökningen bedöms dock inte vara så stor att den kan anses vara avgörande för att kollisionsrisken ska gå från acceptabel till oacceptabel.

I många sammanhang används en logaritmisk skala för att indexera sannolikheter i samband med riskvärderingar. I Tabell 6.3 har en sex-gradig skala appliceras för att illustrera hur de beräknade sannolikheterna generellt kan värderas. Skalan liknar till stora delar den som föreslås och exemplifieras i *Revised guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the imo rule-making process* (IMO, 2018). Konsekvenserna vid en kollision antas bli svårare än vid så väl *powered* som *drifting* allision, och en *powered allision* antas medföra svårare konsekvenser än *drifting allision*. Med anledning av detta har kolumnen för kollision placerats längst till höger i det som kan liknas vid en riskmatris där konsekvenserna ökar från vänster till höger. Då någon uppskattning av de faktiska konsekvenserna inte har gjorts kan dock konsekvenserna inte graderas på någon skala och tabellen utgör därmed ingen egentlig riskmatris.

Tabell 6.3 Beräknade sannolikheter kan värderas på en sex-gradig logaritmisk skala. Drifting allision antas innebära minst allvarliga konsekvenser följt av powered allision. Kollision antas innebära svårast konsekvenser och är därför placerat i den högra kolumnen. Blått kryss visar beräknad sannolikhet för fall A, utan vindkraftpark. Svarta kryss visar beräknad sannolikhet för fall B, med vindkraftpark.

Förekomst	Intervall sannolikhet (p)	Index (nedre gräns)	Drifting allision	Powered allision	Kollision
Mycket hög sannolikt	$p > 10^0$	6 – en gång per år			
Hög sannolikhet	$10^{-1} \leq p < 10^0$	5 - en gång på 10 år			
Medelhög sannolikhet	$10^{-2} \leq p < 10^{-1}$	4 - en gång på 100 år	✖ Fall B: $1,3 \times 10^{-2}$		
Låg sannolikhet	$10^{-3} \leq p < 10^{-2}$	3 - en gång på 1 000 år			
Mycket låg sannolikhet	$10^{-3} \leq p < 10^{-4}$	2 - en gång på 10 000 år			✖ Fall B: $3,2 \times 10^{-4}$ ✖ Fall A: $2,5 \times 10^{-4}$
Extremt låg sannolikhet	$p < 10^{-4}$	1 - en gång på 100 000 år eller mer sällan		✖ Fall B: $3,2 \times 10^{-5}$	

Konsekvenser

Enligt skalan i Tabell 6.3 bedöms sannolikheten för *drifting allision* som medelhög (4). Den beräknade sannolikheten avser dock sannolikheten för att fartyg driver in i området för vindkraftparken. Sannolikheten för en faktisk allision är därmed lägre än vad som indikeras i tabellen. Sannolikheten för en *powered allision* med vindkraftparken är enligt skalan extremt låg (1). Trots att sannolikheten för en kollision ökar i fallet med vindkraftpark bedöms sannolikheten fortfarande som mycket låg enligt skalan i tabellen.

6.2 Vintersjöfart

Generellt är riskerna högre vintertid än sommartid på grund av försvårade omständigheter med is. Detta styrks också av olycksstatistik från området som visar att de flesta av de rapporterade kollisionerna i området har skett under perioder med is.

Vintersjöfarten kommer att påverkas av vindkraftparken. I första hand är det trafik till och från hamnarna i Kemi och Torneå som kommer att påverkas. Även isbrytarnas verksamhet kommer att påverkas när de inte längre kan gå på rutter genom området för vindkraftparken. Hur stor påverkan blir kommer att variera under olika förhållanden. Påverkan på ruttval bedöms bli som störst i scenario 1 – nordlig vind och scenario 3 - västlig vind. För dessa scenarier uppstår ofta en bågformad råk utmed den svenska kusten och sjöfarten väljer då i hög grad rutter via detta isfria område. Vindkraftparken ligger i området för råken och skulle därmed blockera rutter genom denna och tvinga fartygstrafiken till andra, svårare, rutter genom isen. Baserat på vindstatistik antas scenario 1 och 3 tillsammans utgöra 40% av vintersäsongen, dvs 48 dagar. Scenariobilderna med AIS-data visar dock att fartygstrafiken inte alltid nyttjar rutter utmed den svenska kusten när det råder nordliga eller västliga vindar, även andra omständigheter påverkar ruttvalet. Sammantaget beräknas scenario 2 – sydlig vind medföra störst ökning av risk med hänsyn tagen till att detta antas vara det mest frekventa scenariot samt med anledning av att sydliga vindar innebär att fartygen som passerar utmed parkens sydost sida driver mot vindkraftparken om de fastnar i isen och att det därmed finns risk för allision. Hur mycket riskerna kommer att öka vintertid går inte att fastställa i och med att sannolikheten för olika scenarier kommer att variera i hög grad beroende på olika isförhållanden, och isförhållandena kommer att skilja sig åt mellan olika år.

På grund av allisionsrisken och när fartygstrafiken tvingas till svårare rutter genom isen till följd av vindkraftparken kommer behovet av isbrytarassistans öka för att säkerställa god sjösäkerhet. I genomsnitt för de senaste 20 åren är det 60% av fartygen till och från hamnarna i Kemi och Torneå som har behövt isbrytarassistans. En etablering kan göra att andelen fartyg med assistans ökar. I vilken grad detta kommer att öka är osäkert.

De tillkommande risker som vindkraftparken i sig själv innebär, i första hand allision, kommer att begränsas genom att fler fartyg får assistans förbi området. Det ökande behovet av assistans kan dock leda till kapacitetsbrist. Statistiken över antalet assistanser och väntetider för de senaste åren visar på stora variationer och endast under ett fåtal vintrar har de svenska isbrytarna gjort fler än 2 000 assistanser. Målet på maximalt 4 timmar genomsnittlig väntetid har överskridits under fyra av de senaste 20 vintrarna. Med dagens isbrytarkapacitet kan vindkraftparken antas öka andelen vintrar där detta mål inte nås.

Även andra omständigheter, utöver vindkraftparken kommer dock att påverka framtida behov av isbrytarassistans. Exempelvis pekar prognoser på mindre is och fler milda vintrar i framtiden. Även faktorer som eventuella förändringar i framtida tonnage kan påverka behovet av isbrytarassistans. Både Finland och Sverige är på väg att förnya sin isbrytarflotta och de nya isbrytarna kommer att kunna bryta bredare rännor. Detta för att kunna assistera större och bredare fartyg.

Om utvecklingen av trafik i Bottenviken går mot nytt större tonnage som är tänkta att trafikera dessa områden, kan dessa fartyg antas designas för att ha en god prestanda i is, med en hög isklass. Denna typ av nytt tonnage kan i högre grad klara sig utan assistans, eller behöva assistans på kortare sträckor än dagens mindre tonnage. Wallenius SOL:s nya fartyg Botnia Enabler och Baltic Enabler kan ses som exempel på en sådan utveckling där nya större fartyg med hög isklass tas i trafik i Bottenviken. Om trafikintensiteten i området ökar i framtiden och antalet anlöp till hamnarna i området ökar kommer det dock innebära både högre sannolikhet för kollision samt ökat behov av isbrytarkapacitet.

Rekommendationer och riktlinjer gällande säkerhetsavstånd mellan fartygsstråk och vindkraftpark bedöms inte vara applicerbara när det är is i området då trafiken inte följer de normala raka fartygsstråken, utan i stället går på bästa rutt under rådande isförhållande.

Vilket minsta avstånd till vindkraftparken som kan bedömas som säkert är starkt beroende på aktuella isförhållanden, vindriktning samt inom vilken tid en isbrytare kan komma och assistera i det fall ett fartyg kör fast i isen. När fartyg får assistans förbi vindkraftparken elimineras i det närmaste risken för *drifting allision*, varför de då kan passera säkert på ett betydligt mindre avstånd än fartyg som inte har assistans. Svenska och finska isbrytarledningen dirigerar redan idag trafiken under issäsong genom angivelser av waypoints för bästa/rekommenderad rutt genom isen. Efter en etablering kommer hänsyn även behöva tas till vindkraftparken och risken för allision. På vilket avstånd från vindkraftparken som fartygen kommer att passera kommer därmed i hög grad bestämmas av isbrytarledningen och utifrån i deras bedömning av aktuellt isläge.

Varken sannolikheterna för de identifierade riskerna vintertid eller dess konsekvenser går att kvantifiera och någon riskvärdering genom kvantitativ sammanvägning av sannolikhet och konsekvens är därmed inte möjlig. De kvalitativa bedömningarna visar dock att riskerna ökar när vindkraftparken introduceras, även i det fall isbrytarkapaciteten förstärks. I första hand ökar riskerna på grund av att det tillgängliga utrymmet för sjöfarten minskar vilket leder till att sämre rutter genom isen kommer behöva nyttjas i vissa fall samt att fartygen på grund av detta kan komma att behöva passera nära vindkraftparken och att risk för allision därmed uppstår eftersom utrymmet är begränsat.

7 Riskreducerande åtgärder

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

7.1 Reducerat område i söder

Vindkraftparken bedöms öka behovet av antalet isbrytarassistanser samt medföra längre sträckor för isbrytarassistans och längre transitsträckor för isbrytarna. Detta kan sammantaget antas öka kapacitetsutnyttjandet av isbrytarna och medföra längre väntetider för fartyg som behöver assistans. Om den södra delen utgår skulle förlängningarna bli betydligt mindre jämfört med undersökningsområdet vilket skulle reducera riskerna kopplade till långa väntetider för fartygstrafiken. Det skulle också kunna minska sannolikheten för att många fartyg behöver vänta på assistans i samma område och att möjligheterna till att undvika att fartyg väntar i området för korsande fartygstrafik förbättras.

Även sannolikheten för *drifting allision* minskar om området reduceras i söder eftersom sträckan där fartygen riskerar att driva in i vindkraftparken minskar. Även sannolikheten för *powered allision* kan minska i viss grad när den utstickande delen försvinner. I första hand eftersom fartygstrafiken mellan exempelvis Luleå och Kemi kommer att passera hörnet på ett större avstånd.

En reduktion i söder skulle också minska rutförlängningarna som uppstår för trafik mellan Kemi/Torneå – Skellefteå samt Kemi/Torneå – Luleå.

I syfte att minska riskerna och påverkan på sjöfarten har Skyborn beslutat att den södra delen av vindkraftparken utgår och därmed minskat parkutbredningen till ett nytt mindre projektområde (se Figur 1.1). I bilaga RE20221614-01-01-C *Beräkningar och bedömning av reducerat område* redovisas en bedömning av hur riskerna påverkas av reduktionen samt beräkningar av olycks sannolikheter för det nya projektområdet.

7.2 Ökat avstånd mellan fartygsstråk och vindkraftpark

Flera av de identifierade riskerna härrör till att det är ett litet avstånd mellan vindkraftparken och fartygstrafiken utmed den sydöstra sidan. I norr är avståndet till dagens fartygsstråk med trafik mellan Kemi/Torneå och Norra Kvarnen ca 0,7 M. Vindkraftparkens sydöstra sida är inte parallell med stråket och i söder överlappar undersökningsområdet dagens fartygsstråk. En reduktion av undersökningsområdet i söder enligt avsnitt 7.1 gör att överlappet av dagens fartygsstråk uteblir samt att sannolikheten för många av de identifierade riskerna kopplade till att det är litet avstånd mellan fartygsstråket och vindkraftparken minskar.

Fartygstrafiken kommer, även med det reducerade projektområdet, behöva anpassa sina rutter efter en etablering. I genomförda beräkningar avseende undersökningsområdet har fartygstrafiken utmed den sydöstra sidan modellerats att passera på ett avstånd om ca 1 M. Detta innebär dock en ny girpunkt för trafiken som trafikerar den västra farleden till Kemi/Torneå.

Tre olika möjliga sätt att åstadkomma ett ökat avstånd mellan fartygstrafiken och vindkraftparken har identifierats:

- Eventuellt kan utmärkning, boj eller annan SSA, användas för att styra trafiken till att passera på ett större avstånd från vindkraftparken, vilket kan minska sannolikheten för en *drifting allision*. Detta skulle troligen leda till en viss hopträngning av trafiken och därmed en viss ökning av kollisionssannolikheten. Vintertid kommer dock ruttval främst avgöras baserat på isförhållanden och utmärkningen är då av mindre betydelse.

- Idag nyttjas både den västra och östra farleden vid Kemi 1 av fartygstrafiken till och från Kemi och Torneå. Fartygen som nyttjar den östra passerar på ett avstånd om ca 1,2 M eller mer. Det är troligt att en del av trafiken som idag nyttjar den västra farleden kommer att välja den östra farleden efter en etablering för att på så vis kunna passera på ett avstånd om ca 1,2 M samtidigt som en extra girpunkt undviks. All trafik kan dock inte nyttja den östra farleden eftersom den har ett mindre dimensionerat djupgående. Om åtgärder kan vidtas så att all trafik kan nyttja den östra farleden kan ett säkerhetsavstånd på 1,2 M i söder samt ca 2,4 M i norr upprätthållas. Detta skulle reducera sannolikheten för *drifting allision* utmed den sydöstra sidan samt reducera sannolikheten för *powered allision* vid den nordöstra hörnet. Även sannolikheten för *bend collision* skulle minska i viss grad då en girpunkt för trafiken som annars skulle trafikerat den västra farleden försvinner.
- En reducering av vindkraftparkens utbredning i sydost skulle öka avståndet till dagens fartygsstråk, och därmed öka säkerhetsavståndet utan att behov av en extra girpunkt uppstår. Detta skulle reducera sannolikheten för *drifting allision* utmed den sydöstra och sannolikheten för *bend collision* för trafiken mellan Kemi 1 och Norra Kvarken uteblir. Detta skulle även kunna förbättra förutsättningarna i viss utsträckning vintertid då vindkraftparken då skulle blockera ett något mindre område för vintersjöfarten.

7.3 Utökad isbrytarkapacitet

Många riskerna vintertid reduceras eller begränsas genom att fartygen får isbrytarassistans förbi vindkraftparken. Vindkraftparken innebär då en ökning av utnyttjandet av isbrytarna vilket periodvis kan leda till kapacitetsbrist och förlängda väntetider. Långa väntetider innebär också högre sannolikhet för allisioner med vindkraftparken och fartyg kan fastna i isen. En förstärkning av isbrytarflottan i Bottenviken kan minska sannolikheten för kapacitetsbrist samt skapa förutsättningar för att kunna assistera fler fartyg och på längre sträckor när vindkraftparker etableras i Bottenviken.

7.4 Övriga identifierade riskreducerande åtgärder

I tillägg till ovan riskreducerande åtgärder har ytterligare åtgärder identifierats. Tabell 7.1 redovisar åtgärder som finns kravställda enligt gällande förordningar och myndighetskrav och som därmed kommer att implementeras. Tabell 7.2 redovisar identifierade åtgärder som kan ha riskreducerande effekt och som kommer att övervägas i senare projekteringskede och riskanalyser.

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

Kravställd åtgärd	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> .
Vindkraftparkens 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	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, navigationsvarningar/NAVTEX, 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.
När vindkraftparken är byggd och driftsatt kartläggs och utvärderas eventuella radiostörningar för fartyg. Om radiostörningar uppstår vidtas åtgärder, exempelvis genom att vindkraftparken utrustas med slavsändare.	Minskar eller eliminerar radiostörningar vilket kan minska sannolikheten för kollisioner mellan mindre fartyg/fiskebåtar och fartyg som passerar på fartygsstråken.
Vindkraftverken utrustas med racon och/eller virtuell AIS.	Verken 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.
Vid fastställande av layout eftersträvas att placera verken i en rak linje längs den sydöstra sidan av parken.	Möjliggör för trafiken att använda parallellindex och vindkraftverken kan då utgöra navigatorisk hjälp. Kan reducera sannolikheten för <i>powered allision</i> samt eventuellt minska sannolikheten för kollisioner.

Vid fastställande av layout undviks placering av vindkraftverk längst ut i den nordöstra spetsen av området.	Ökar utrymmet för fartygen på väg ut från Kemi/Torneå via den västra farleden som har en "peka-på-kurs" mot vindkraftparkens nordöstra hörn. Minskar sannolikheten för <i>powered allision</i> .
Vindkraftparken innebär att service- och underhållsfartyg kommer att trafikera området frekvent och uppehålla sig i området. Dessa kan bistå vid eventuella sjöräddningsinsatser.	Kan minska effekten av att verken kan komma att försvåra räddningsinsatser.
Vid fastställande av layout eftersträvas att vindkraftverken placeras i raka rader snarare än mer oregelbunden layout.	Raka rader 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 vindparken 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
Vindkraftverken utrustas med system för <i>anti-icing</i> alternativt <i>de-icing</i> av rotorbladen.	Reducera sannolikheten för nedisning på rotorbladen och därmed sannolikheten för iskast.
Anläggningsfas	
Extra utmärkning av området med bojar/specialmärken.	Tydliggör vindkraftparkområdets gräns och området där arbeten pågår. Reducerar sannolikheten för <i>powered allision</i> med verk 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.
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.

Hur stor potential åtgärderna ovan har att minska de analyserade riskerna är svår att kvantifiera och har därmed inte kunnat bestämmas. 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

8.1 Framtida trafikintensitet

Trafikintensiteten på stråken i närhet till den planerade vindkraftparken är idag mycket låg enligt klassificeringen i tabell 1.2. De flesta prognoser tyder dock på att fartygstrafiken kommer att öka i framtiden. Hur stor trafikökning som kan uppstå fram till och under vindkraftparkens driftsfas är dock osäkert. Trafikintensiteten är av avgörande roll för riskbilden i området, och då i första hand avseende kollisionssannolikheten. Beräkningsresultaten är känsliga för en ökning av trafik då sannolikheten för en kollision inte är linjär mot trafikintensiteten, utan snarare ökar med kvadraten på trafikökningen.

8.2 Framtida 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. I beräkningarna har nya girpunkter antagits för de förändrade stråken, det råder dock osäkerhet kring den faktiska lokaliseringen för dessa. Placeringen av dessa påverkar sannolikheten för allision, och då i första hand *powered allision*.

Trafiken förväntas anpassa sig för att passera på ett säkert avstånd från vindparken men för trafiken på de stråk som passerar nära vindkraftparken råder det osäkerhet kring hur den laterala fördelningen kommer att se ut. Den laterala fördelningen av trafiken på legs som passerar nära vindparken är av stor betydelse för den beräknade sannolikheten för *powered allision*. Då det är osäkert hur den laterala fördelningen kommer att se ut är den beräknade sannolikheten för *powered allision* behäftad med osäkerhet.

I beräkningarna har ingen förskjutning av trafiken från den västra farleden till den östra farleden vid Kemi 1 antagits. En del av trafiken som idag trafikeras den västra farleden kan dock komma att trafikera den östra farleden efter en etablering eftersom den möjliggör passage av vindkraftparken utan någon tillkommande girpunkt. Det är dock osäkert hur stor en sådan eventuell förskjutning kan bli.

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.

	Causation factor
Merging	1,3E-4
Crossing	1,3E-4
Bend	1,3E-4
Head-on	0,5E-4
Overtaking	1,1E-4
Powered grounding	1,6E-4
Powered allision	1,6E-4

För *drifting allision* baseras beräkningarna i IWRAP på en blackoutfrekvens på 0,7 per fartygsår för passagerarfartyg samt RoRo-fartyg och på 1,75 per fartygsår för resterande fartygstyper. Beräkningarna innefattar också en Weibullfördelning av *self-repair*-tider för blackout, en faktor andelen lyckade/misslyckade nödankringsförsök (0,7), kriterier för ankring (max djup: 7 gånger fartygets

designdjupgående 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 västsydväst) och medeldrifthastighet (1 knop). Värdena är generella defaultvärden och de kan inte förutsättas vara helt representativa för det aktuella området. De bedöms dock stämma tillräckligt väl för att kunna vara applicerbara på de aktuella beräkningarna.

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 park 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 modellen. Beroende på hur stort område, och med vilken noggrannhet detta modelleras, kommer sannolikheterna att variera. Med ett större modellerat område hade kollisions sannolikheterna blivit högre och vindkraftparkens relativa påverkan hade då blivit mindre.

8.4 Isförhållanden och variationer mellan olika år

För risker vintertid har inga sannolikhetsberäkningar kunnat genomföras då IWRAP inte är tillämpligt när is påverkar sjöfarten. Det råder stora osäkerheter kring de nautiska riskerna vintertid eftersom det saknas erfarenheter från vindkraftparker till havs i områden där det vintertid förekommer is.

Riskerna vintertid kommer också variera i mycket hög grad beroende på de aktuella isförhållandena. Sannolikheten (incidenter/år) för olika typer av faror kommer att variera mellan olika år beroende på isens utbredning, isvinterns längd och andra väderfaktorer som påverkar isförhållandena.

Klimatförändringarna bidrar med ytterligare osäkerhet kring prognoser för framtida isvintrar och förekomsten av svåra respektive milda isvintrar.

9 Slutsatser

Det finns få tydligt definierade fartygsstråk i det aktuella området och den planerade vindkraftparken berör huvudsakligen endast stråket mellan Kemi/Torneå och Norra Kvarken. Trafikintensiteten på detta stråk klassificeras som mycket låg med ca 1 000 passager/år. Vindkraftparkens utbredning överlappar delvis dagens stråk och trafiken på detta stråk kommer att behöva anpassa sina rutter för att kunna passera vindkraftparken på ett säkert sätt. I dag nyttjar trafiken i hög grad den västra farleden vid Kemi 1. Efter en etablering kan fler antas välja den östra farleden för att fortsatt kunna gå på en rak rutt mellan farleden vid Kemi 1 och Norra Kvarken. Den östra farledens djupbegränsning gör dock att detta inte är möjligt för fartyg med ett djupgående större än 8 m.

Vindkraftparken berör även annan mer spridd trafik som trafikerar rutter mellan Kemi/Torneå och svenska hamnar i Bottenviken, såsom Luleå, Skellefteå och Piteå, vars rutter idag går genom området för vindkraftparken. För denna trafik kommer vindkraftparken innebära rutförlängningar när de tvingas runda områdets södra spets.

Genomförda beräkningar visar på att sannolikheten för kollisioner, under isfria förhållanden, efter etablering av parken ökar men sannolikheten är fortsatt låg eller "mycket låg" enligt skalan i Tabell 6.3. Ökningen som orsakas av vindkraftparken bedöms inte vara så stor att den kan anses vara avgörande för att kollisionsrisken ska gå från acceptabel till oacceptabel. Beräkningarna visar på en något högre sannolikhet för grundstötning efter etablering av parken. Ökningen är dock mycket liten och vindkraftparken bedöms därmed inte ha någon betydande påverkan på risken för grundstötning.

Den beräknade sannolikheten för allision är betydligt högre än den för kollision, $1,3 \times 10^{-2}$ incidenter/år jämfört med $3,2 \times 10^{-4}$ incidenter/år för kollision. Konsekvenserna vid en allision bedöms dock i de flesta fall bli mindre än vid en kollision. Beräkningarna avser allisioner med vindkraftparken, dvs att ett fartyg driver eller seglar in i området för vindkraftparken. Sannolikheten för allision med ett faktiskt vindkraftverk är således betydligt lägre.

Skulle en *powered allision* med ett stort fartyg ske med något av vindkraftverken skulle konsekvenserna kunna bli allvarliga. Erfarenheterna från allisioner med vindkraftverk till havs är än så länge begränsade med endast ett fåtal rapporterade fall och där konsekvenserna i de flesta fall har varit lindriga. Den beräknade sannolikheten för *powered allision* klassas dock som "extremt låg" enligt Tabell 6.3 vilket begränsar risken för *powered allision*.

Sjöfarten kommer att påverkas av vindkraftparken under isfria förhållanden när fartygstrafiken tvingas till ruttanpassningar för att passera. De beräknade olyckssannolikheterna är dock låga och det finns tillräckligt med utrymme för trafiken att kunna passera på säkert avstånd från vindkraftparken. Detta gör att riskerna under isfria förhållanden bedöms kunna bli acceptabla.

Det aktuella området är isbelagt varje vinter och isen påverkar sjöfarten under flera månader varje år. Vintertid används de rutter genom isen som för tillfället är lättast att ta sig fram på. Vindkraftparken kommer under vissa isförhållanden att blockera dessa rutter och därmed tvinga trafiken till svårare rutter genom isen. Detta kommer att medföra att en högre andel av trafiken kommer att behöva isbrytarassistans för att ta sig fram på ett säkert sätt. I vissa fall kommer sträckan som fartyg behöver assistans att bli längre efter en etablering. Sammantaget bedöms därmed vindkraftparken öka behovet av isbrytarkapacitet i Bottenviken. Många av de risker som vindkraftparken innebär, såsom risk för *drifting allision*, kommer delvis att kompenseras och begränsas genom isbrytarassistans. Detta innebär att sannolikheten för incidenter i första hand kan antas öka under perioder när behovet av isbrytarkapacitet överskrider tillgänglig kapacitet.

Det ökade behovet av isbrytarassistans kan under vissa tillfällen leda till kapacitetsbrist och långa väntetider med förseningar som följd om dagens isbrytarkapacitet inte förstärks. Hur stor assistanskapacitet som kommer behövas i framtiden, och i vilken grad vindkraftparken kan komma att påverka detta är dock osäkert och beror av flera faktorer. Prognoser pekar på mindre is i framtiden,

såväl istjocklek, iskoncentration och isvinterns längd förväntas minska på 20-års sikt. Kunskapen kring hur vindkraftparker eventuellt kan påverka isbildning och isrörelser i det aktuella området och därmed påverka vintersjöfarten är bristfällig än så länge. Forskning på området, där bland andra Skyborn bidrar, pågår och Skyborn förutsätts fortsatt bevaka och följa resultaten av denna forskning.

Scenariobedömningarna för farorna vintertid indikerar att den största risken härrör till att fartyg kommer behöva passera nära vindkraftparken och kollisionsavvärjande manövrar försvåras i is. Detta antas kunna leda till ökad sannolikhet för så väl *powered* som *drifting allision*.

På vilket avstånd från vindkraftparken som fartyg kommer att passera vintertid kommer i hög grad bestämmas av isbrytarledningen som vintertid anvisar lämplig rutt utifrån aktuellt isläge, och då med hänsyn även till vindkraftparken.

Sammantaget bedöms riskerna och påverkan på sjöfarten högre vintertid än sommartid. Med aktuell utbredning (undersökningsområdet) av vindkraftparken bedöms påverkan på vintersjöfarten bli stor och riskerna bedöms öka jämfört med idag. Många av riskerna kan begränsas genom isbrytarassistans. Detta kommer dock att leda till ett ökat behov av isbrytarkapacitet vilket periodvis kan leda till kapacitetsbrist och långa väntetider, om inte isbrytarkapaciteten utökas.

9.1 Förändrad utbredning av vindkraftparken efter genomförd riskanalys

Föreliggande nautisk riskanalys har till stora delar arbetats fram under 2023. Med anledning av de nautiska riskerna och påverkan på sjöfarten som identifierats inom ramen för riskanalysen har Skyborn låtit analysera även ett reducerat parkområde. I den reducerade parkutbredningen utgår det södra delen av undersökningsområdet, och det reducerade parkområdet stämmer till stora delar överens med det projektområde som ansökan om tillstånd för vindkraftparken avser (se Figur 1.1). Analysen av det reducerade parkområdet omfattar beräkningar av olycks-/incidentsannolikheter samt bedömningar av hur identifierade och analyserade risker förändras genom reduceringen. Den kompletterande analysen avseende det reducerade parkområdet redovisas i separat PM, se bilaga RE20221614-01-01-C *Beräkningar och bedömning av reducerat område* (RISE, 2024).

Slutsatserna från den kompletterande analysen är att det reducerade parkområdet minskar påverkan på isbrytarverksamheten i betydande grad eftersom sträckorna för såväl assistanser som transit minskar jämfört med den större vindkraftparken (undersökningsområdet). Isbrytarassistans bedöms som den viktigaste åtgärden för att begränsa riskerna som uppstår till följd av vindkraftparken. Genom att påverkan på isbrytarverksamheten minskar med det reducerade parkområdet och sannolikheten för att kapacitetsbrist ska uppstå minskar, bedöms även riskerna bli lägre med det reducerade området jämfört med för det större undersökningsområdet.

10 Referenser

4C Offshore. (den 23 Juli 2023). *Offshore wind*. Hämtat från 4C Offshore:

<https://map.4coffshore.com/offshorewind/>

Björk. (2007). *Ice dynamics in the Bothnian Bay inferred from ADCP measurements. Tellus (2008), 60A, 178–188.*

Finska meteorologiska institutet. (den 19 september 2023). *Ice movements*. Hämtat från Finnish Meteorological Institute: <https://en.ilmatieteenlaitos.fi/ice-movements>

FMIb. (2023). *Finish Meteorological Intitute, Uce Season 2022/2023. Extraherat okt 2023 från: <https://assets.ctfassets.net/hli0qi7fbbos/3IWM8w7Qkp4Pt3tUsrcwVB/1a656a0e8f84dd7b2c9f10bb5bdc7938/MaxIceChart2023.pdf>.*

gCaptain. (den 1 Februari 2022). *Update: Abandoned Bulk Carrier Julietta D Arrives in Port, Ending Frantic Rescue*. Hämtat från gCaptain: <https://gcaptain.com/update-abandoned-bulk-carrier-julietta-d-arrives-in-port-ending-frantic-rescue/>

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.

Havs- och vattenmyndigheten. (2022). *Havsplaner för Bottniska viken, Östersjön och Västerhavet, Statlig planering i territorialhav och ekonomisk zon*. Havs- och vattenmyndigheten.

Jersey Maritime Administration. (2020). *INVESTIGATION INTO THE CAUSES OF AN ALLISION BETWEEN THE WINDFARM SUPPORT VESSEL NJORD FORSETI AND A WINDFARM TOWER IN THE SOUTHERN NORTH SEA ON 23RD APRIL 2020*. D A Thorrington, Chief Marine Surveyor, Jersey Maritime Administration.

L.S.Rashid. (2007). *Impact modelling of wind farms on marine navigational radar*. MACS Engineering Research Group.

Leppäranta_Omstedt. (1989). *Dynamic coupling of sea ice and water for an ice field with free boundaries*. Matti Leppäranta, anders Omstedt. *Tellus (1990) 424, 482-495.*

MarineTraffic. (den 24 oktober 2023). *Density map, pleasure craft, 2021 och 2022*. Hämtat från MarineTraffic: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:20.0/centery:63.5/zoom:7>

Maritime & Coastgurd Agency. (2021). *MGN 654 (M+F) Safety of Navigation: Offshore Renewable Energy Installations (OREIs) - Guidance on UK Navigational Practice, Safety and Emergency Response*. Maritime & Coastgurd Agency.

NTNU. (2006). *Ice actions on offshore structur. Doctoral thesis Morten Bjerkås*. Norwegian University of Science and Technology, NTNU, Trondheim.. .

OMAE. (2006). *A ststistical approach to extreme ice loads on lighthouse Nordströmsgrund*. Lennart Fransson, LTU and Jan-Eric Lundqvist, SMHI. Paper presented at OMAE conference 2006-92465. .

- 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.
- RISE. (2024). *Bilaga RE20221614-01-01 Beräkningar och bedömning av reducerat område*. RISE.
- Royal Dirkzwager. (den 25 April 2023). *News: Cargo ship Petra L collides with Gode Wind farm*. Hämtat från Royal Dirkzwager: <https://dirkzwager.com/news/petra-l-accident-with-gode-wind-farm/>
- Safety4Sea. (den 22 December 2022). *Wind farm foundation to be removed after "Julietta D" collision*. Hämtat från Safety4Sea: <https://safety4sea.com/wind-farm-foundation-to-be-removed-after-julietta-d-collision/>
- Sandkvist. (1986). *Brash ice behaviour in frequented ship channels. Licavhandling, Luleå Tekniska Universitet, Vattenteknik. Series A no 139.* .
- Sjöfartsverket. (2023). *Kunskapsunderlag havsbaserad vindkraft och sjöfart*. Sjöfartsverket, 23-05362-1.
- Sjöfartsverket och SMHI. (2019). *Sammanfattning av isvintern och isbrytarverksamheten 2017/2018*.
- Sjöfartsverket och SMHI. (2023). *Sammanfattning av isvintern och isbrytarverksamheten 2021/2022* . Sjöfartsverket, SMHI.
- Sjöfartsverket och Transportstyrelsen. (2023). *Sjöfartsverkets och Transportstyrelsens rekommendationer vid projektering och etablering av havsbaserad vindkraft*. <https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/sjofart/sjotrafik-och-hamnar/havsbaserad-vindkraft/sjofartsverkets-transportstyrelsens-rekommendationer-proj-etabl-havsbaserad-vindkraft.pdf>: Sjöfartsverket och Transportstrylsen.
- SMHI. (2021). *Framtida isutbredning i svenska farvatten Analys av isförhållanden runt år 2040 och 2070. Oceanografi Nr 129, 2021.* . Hämtat från SMHI.
- SMHI. (den 14 september 2023). *Hur förändras havsisen?* Hämtat från SMHI: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimat effekter-i-havet/hur-forandras-havsisen-1.28291>
- SMHI. (2023b). *Magnus larsson, SMHIs Istjänst. Extraherar ot 2023 från:* <https://www.smhi.se/nyhetsarkiv/en-lindrig-ismvinter-avslutades-i-pingsthelgen-1.196215> .
- Trafikverket. (den 25 Juli 2023). *Riksintressekartor*. Hämtat från Trafikverket: <https://riksintressenkartor.trafikverket.se/>

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

Vindbrukskollen. (den 25 Juli 2023). Hämtat från <https://vbk.lansstyrelsen.se/>

APPENDIX 1 Hazid-protokoll

Id.	Primär orsak Primary cause	Fara Hazard	Preventiv säkerhetsåtg.* Preventive safety measure	Konsekvenser omedelbara och slutliga** Consequences immediate/final	Konsekvensreducerande säkerhetsåtgärder Mitigating safety measures	Kommentarer Comments
1 Fartygsstråk sydost om Polargrund - Shipping route SE of Polargrund						
SUMMER						
1.1	No/limited safety distance route passing southeast of the wind farm Cf. PIANC recommendations: LOA = 191 m -> distance required: 2200 m / 1,2 NM (98,5% of traffic LOA< 191 m)	Limited space for <u>evasive SB turn</u> for SW-bound vessels. Cf. COLREG 8 - Action to avoid collision. Unsuccessful or no evasive manoeuvre.	<i>Spatial reduction of wind farm area to establish adequate safety distance. Park boundary line parallel to lane, will facilitate navigation/passage and allow for use of parallel index.</i>	Ship <u>collision</u> .		Evasive turning manoeuvres between the turbines theoretically possible but risky. Evasive manoeuvres and vessels' turning circles may differ significantly between loaded and ballast condition. Safety distance acc to PIANC applicable in open water. Specifically valid at the southern corner where vessels from Luleå towards Kemi may pass close to the corner, and SW-bound vessels need to give way
1.2	No/limited safety distance route passing southeast of the wind farm Cf. PIANC recommendations: LOA = 191 m -> distance required: 2200 m / 1,2 NM (98,5% of traffic LOA< 191 m)	Limited space for <u>evasive SB turn</u> for E-bound vessels. Cf. COLREG 8 - Action to avoid collision. Unsuccessful or no evasive manoeuvre.	<i>Spatial reduction of wind farm area to establish adequate safety distance. Park boundary line parallel to lane.</i>	Interaction with park area or <u>powered turbine allision</u> .		
1.3	No/limited safety distance route passing southeast of the wind farm Cf. PIANC recommendations: LOA = 191 m -> distance required: 2200 m / 1,2 NM (98,5% of traffic LOA< 191 m)	<u>Technical failure</u> (blackout/loss of propulsion, rudder failure) in southerly or easterly wind results in drifting towards the park area.	<i>Spatial reduction of wind farm area to establish adequate safety distance to allow emergency anchoring.</i>	No space for emergency anchoring. Interaction with park area or <u>drifting turbine allision</u> .		Remote emergency stopping of turbine possible? Anchoring close to the lane's outer boundary may be possible. Prevailing SW winds drift direction alongside the wind farm.
1.4	No/limited safety distance route passing southeast of the wind farm Cf. PIANC recommendations: LOA = 191 m -> distance required: 2200 m / 1,2 NM (98,5% of traffic LOA< 191 m)	Disturbance of nav equipment/ <u>radar</u> , false echo (0.25 M), lost targets, small target loss, and swapping targets may occur at distance closer than 1.5 M.	<i>Spatial reduction of wind farm area to establish adequate safety distance to allow passage without radar disturbance.</i>	<u>Impaired navigation</u> , delayed observation of e.g. small pleasure craft may cause collisions.	<i>Racon and/or virtual AIS on corner turbines to facilitate safe navigation.</i>	Few practical examples, but no disturbances on radar recorded/experienced e.g. at Lillgrund. Moderate probability for radar disturbances. In most cases radar disturbance will not lead to consequences in terms of collision and the consequences are therefore relatively low
1.5	No/limited safety distance route passing southeast of the wind farm Cf. PIANC recommendations: LOA = 191 m -> distance required: 2200 m / 1,2 NM (98,5% of traffic LOA< 191 m)	SW-bound/NE-bound traffic expected to follow a route ensuring safe passage distance to the park and thereby contribute to <u>reduced spread</u> of the lateral traffic distribution across the shipping route.	<i>Spatial reduction of wind farm area to maintain consistent lateral distribution.</i>	Increased probability for <u>overtaking collisions</u> and also head-on collisions.		

APPENDIX 1 Hazid-protokoll

Id.	Primär orsak Primary cause	Fara Hazard	Preventiv säkerhetsåtg.* Preventive safety measure	Konsekvenser omedelbara och slutliga** Consequences immediate/final	Konsekvensreducerande säkerhetsåtgärder Mitigating safety measures	Kommentarer Comments
1.6	Outer limit of wind farm not parallel with shipping route	If SW-bound/NE-bound traffic does not adjust their route, due to old charts and missed out information, they will sail through the southern part of the wind farm	<i>Adjusting border of wind farm to enable ships to use the wind farm border as parallel index, thereby increasing navigational safety. Use of Aids To Navigations (AToN)</i>	Allision (powered)		
1.7	Heading towards the park ("peka-på-kurs")	Ships outbound from Oulo keeps a heading towards the wind farm	<i>Aids to navigation (AtoN's)</i>	Allision (powered)		Long distance, approx. 21 M from Lighthouse Oulu 1 and about 18 M to crossing traffic on the main route to Kemi.
1.8	Heading towards the park ("peka-på-kurs")	Ships outbound from Kemi keeps a heading towards the eastern corner of the windfarm at Kemi 1. Distance approx. 2 NMs	<i>Aids to navigation (AtoN's)</i>	Allision (powered)		Heading towards wind farm in conjunction with waypoint.
1.9	Rerouting of traffic presently passing through wind farm area.	Increased traffic on the routes southeast of the area. (517 passages logged through the area during 2022, adding to today's 900) Might contribute to a reduced spread of the lateral traffic distribution across the shipping route.		Collision (increased probability for collision)		1400 passages in total.
1.10	Rerouting of traffic presently passing through wind farm area.	Increased travel time and distance.		Added distance and increased bunker consumption		Increased emissions
1.11	Rerouting/traffic shifts towards east, passing closer to shallow water	Technical failure (blackout/loss of propulsion, rudder failure) in southerly or westerly wind results in drifting towards ground.		Grounding		
1.12	Reduced options for turning	Only eastward 180 degrees turn option available				Point of no return not affected by Polargrund (as long as now other park is present).
1.13	Radar and radio disturbances	Loss of VTS sensor accuracy	<i>Adding sensor technology. Extended VTS services/area</i>	Impaired VTS service		
WINTER						
1.14	Reduced manoeuvrability due to ice, (increased tactical diameter). No/limited safety distance route passing southeast of the wind farm	Limited space for evasive SB turn for SW-bound vessels. Cf. COLREG 8 - Action to avoid collision. Unsuccessful or no evasive manoeuvre.		Collision		Shorter stopping distance in ice but difficult to perform evasive manoeuvres in ice.
1.15	Reduces manoeuvrability due to ice, (increased tactical diameter). No/limited safety distance route passing southeast of the wind farm	Limited space for evasive SB turn for SW-bound vessels. Cf. COLREG 8 - Action to avoid collision. Unsuccessful manoeuvre.		Allision		Not possible to perform evasive manoeuvres due to be set in ice

APPENDIX 1 Hazid-protokoll

Id.	Primär orsak Primary cause	Fara Hazard	Preventiv säkerhetsåtg.* Preventive safety measure	Konsekvenser omedelbara och slutliga** Consequences immediate/final	Konsekvensreducerande säkerhetsåtgärder Mitigating safety measures	Kommentarer Comments
1.16	Drifting ice towards the wind farm and short distance to wind farm	Technical failure (blackout/loss of propulsion, rudder failure). Drifting towards the wind farm. Anchoring in drifting ice conditions unreliable method to stop vessel.		Allision (drifting)		Cf. PIANC recommendations: 2200 m (LoA=191 m) / 1,2 M, (98,5 percentile = 191 m ship length) applicable in open water. Larger turning radius in ice. Only higher ice classes (1A Super) can turning ability in ice even be considered. Also study/compare to Wallenius SOL new vessels, with quite limited turning ability in ice even if ice class is 1A Super. Drift speed of ice: 0,5 -2 kn Anchoring in drifting ice may lead to loss of the anchor.
1.17	Drifting ice and short distance to wind farm	Vessel stuck in drifting ice		Allision (drifting)		VsIs left waiting for assistance, need to leave them further out - Increased assistance need, increased bunker consumption for icebreakers and possibly increased need for icebreakers.
1.18	Windfarm blockage of navigable water areas	Reduced number of favourable optional routes in varying ice conditions		Increased assistance needs. Delays and drifting allision.	<i>Increased icebreaking capacity</i>	Increased assistance needs through refrozen channels (The more ice is broken the faster the ice re-freezes which leads to more ice, leads to a higher need on IB's). There is a limited amount of icebreakers, not only in Finland and Sweden, but in the world. So "extra capacity" is not available until new icebreakers are built.
1.19	Windfarm blockage of navigable water areas	Reduced options for icebreaker transit routes		Delays and drifting allision.		Longer transit between Luleå and Kemi, and for Finnish icebreakers to Kalix/Karlsborg. Increased icebreaker assistance need. More icebreakers to ensure traffic safety.
1.20	Windfarm blockage of navigable water areas	Reduced drifting margin if ships get stuck in ice		Allision		
1.21	Windfarm blockage of navigable water areas and presence of swell and brash ice barriers	Reduced number of possible heading directions to encounter swell.		Excessive rolling, ship motions, cargo damage.		Icebreakers have extremely poor open water capability, it is a high risk for icebreaker safety to go in high seas.
1.22	Have to leave vessels further out than today.	Delay in assistance		Allision (drifting), commercial aspects	<i>Increased icebreaking capacity</i>	
1.23						
2 Fartygsstråk/trafik väster om Polargrund - Shipping route west of Polargrund (till/från Kalix/Karlsborg)						
SUMMER						

APPENDIX 1 Hazid-protokoll

Id.	Primär orsak Primary cause	Fara Hazard	Preventiv säkerhetsåtg.* Preventive safety measure	Konsekvenser omedelbara och slutliga** Consequences immediate/final	Konsekvensreducerande säkerhetsåtgärder Mitigating safety measures	Kommentarer Comments
2.1	Passage on short distance from north west corner Cf. PIANC recommendations: 1854 m (LoA=133 m) / abt 1,0 M (98,5% of traffic has a length of max 133 m)	Technical failure (blackout/loss of propulsion, rudder failure) in south-westerly wind results in drifting towards the park area.	<i>Spatial reduction of wind farm area to establish adequate safety distance to allow emergency anchoring.</i>	Too deep for emergency anchoring. Interaction with park area or <u>drifting turbine allision.</u>		Not much traffic, and the traffic is spread. The likelihood for meeting traffic is very low. The traffic overlapping today could pass further out, at 1 - 1,5 M distance. Remote emergency stopping of turbine possible? Too deep for emergency anchoring. Prevailing southerly winds drift ships towards north, to shallow areas.
2.2	Passage on short distance from north west corner Cf. PIANC recommendations: 1854 m (LoA=133 m) / abt 1,0 M (98,5% of traffic has a length of max 133 m)	Limited space for <u>evasive SB turn</u> for NE-bound vessels. Cf. COLREG 8 - Action to avoid collision. Unsuccessful or no evasive manoeuvre.	<i>Spatial reduction of wind farm area to establish adequate safety distance. Park boundary line parallel to lane, will facilitate navigation/passage and allow for use of parallel index.</i>	Collision		Not much traffic, and the traffic is spread. The likelihood for meeting traffic is very small. The traffic overlapping today could pass further out, at 1 - 1,5 M distance.
2.3	Passage on short distance from north west corner Cf. PIANC recommendations: 1854 m (LoA=133 m) / abt 1,0 M (98,5 of traffic has a length of max 133 m)	Vessels not vigilant of the north-western corner could allide with turbine		Allision (powered)		
2.4	Passage on short distance from north west corner Cf. PIANC recommendations: 1854 m (LoA=133 m) / abt 1,0 M (98,5% of traffic has a length of max 133 m)	Disturbance of nav equipment/ <u>radar</u> , false echo (0.25 M), lost targets, small target loss, and swapping targets may occur at distance closer than 1.5 M.		<u>Impaired navigation</u> , delayed observation of e.g. small pleasure craft may cause collisions.	<i>Racon and/or virtual AIS on corner turbines to facilitate safe navigation.</i>	Very low traffic intensity coming from east, north of the corner.
WINTER						
2.5	Windfarm blockage of navigable water areas	Reduced options for icebreaker transit routes and reduced options for directing of traffic to Luleå, Karlsborg, Tornio, Kemi, Oulu and Raahe.		Delays and drifting allision.	<i>Increased icebreaking capacity</i>	Effect on Finnish and Swedish cooperation since the distance to Karlsborg will be lengthened. All traffic to Luleå an Karlsborg may at the moment be directed through the area when the ice conditions are easy in the Finnish coast. And when conditions are easy in the Swedish coast all Finnish traffic to Tornio, Kemi, Oulu and Raahe may be directed that way. In both of these cases the most difficult ice to navigate through is in the middle of the bay.
3 Området vid Södra spetsen - Area off the Southern corner						
SUMMER						

APPENDIX 1 Hazid-protokoll

Id.	Primär orsak Primary cause	Fara Hazard	Preventiv säkerhetsåtg.* Preventive safety measure	Konsekvenser omedelbara och slutliga** Consequences immediate/final	Konsekvensreducerande säkerhetsåtgärder Mitigating safety measures	Kommentarer Comments
3.1	Junction/ traffic crossing abt 6 M S of the Southern corner	Traffic heading southwest might have to give way to traffic heading towards southeast. If human error delay in avoiding manoeuvres.		Allision (powered)		Quite long distance and adequate room for even a 360°-turn
3.2	Junction/ traffic crossing abt 6 M S of the Southern corner	Traffic heading northwest might have to give way to traffic heading towards northeast. A technical fault in this position and southerly (prevailing winds) leads to a drift towards the wind farm	<i>Spatial reduction of wind farm area to establish adequate safety distance.</i>	Allision (drifting)		Quite long distance , drifting speed about 0,5 knots means 12 hrs before reaching the park.
3.3	Rerouting of traffic presently passing through wind farm area between Kemi and Luleå. Vessels passing close to the southern corner.	Added traffic at a critical corner, and limited space for evasive turn		Collision		
3.4	Rerouting of traffic presently passing through wind farm area between Kemi and Luleå. Vessels passing close to the southern corner.	Added traffic at a critical corner, and limited space for evasive turn		Allision (powered)		
3.5	Rerouting of traffic presently passing through wind farm area between Kemi and Luleå. Vessels passing close to the southern corner.	Technical failure (blackout/loss of propulsion, rudder failure) in westerly - southerly wind results in drifting towards the park area.		Too deep for emergency anchoring. Interaction with park area or <u>drifting turbine allision.</u>		
WINTER						
3.6	Vessels left to wait south of the wind farm	Vessels waiting/driftng in area with crossing traffic		Collision		Area similar to southern Kvarken. Less traffic than southern Kvarken (25 % of the traffic passing Kvarken?) but ice conditions are guaranteed in the current area and not always in Kvarken.
3.7	Vessels left to wait south of the wind farm	Vessels left to wait drift towards the wind farm		Allision (drifting)		
3.8	Vessels left to wait south of the wind farm	Communication problem - which vessel to get into channel		Collision		
4 Trafik norr om Polargrund - Traffic north of Polargrund - NO TRAFFIC EXPECTED TO PASS NORTH OFF POLARGRUND						
SUMMER						
4.1	Rerouting of traffic passing north of Polargrund	Closing of the northern passage alternative and pushing traffic to routes south of the wind farm.	<i>Spatial reduction of wind farm area to enable passing north of the wind farm.</i>	Prolonged sailing distance		
4.2	Passages close to northern corner of wind farm	Technical failure (blackout/loss of propulsion, rudder failure) in southerly or easterly wind results in drifting towards the park area.		Allision		About 400 m between wind farm tip and 10 m curve. No traffic is expected to pass

APPENDIX 1 Hazid-protokoll

Id.	Primär orsak Primary cause	Fara Hazard	Preventiv säkerhetsåtg.* Preventive safety measure	Konsekvenser omedelbara och slutliga** Consequences immediate/final	Konsekvensreducerande säkerhetsåtgärder Mitigating safety measures	Kommentarer Comments
4.3	Passages close to ground/shallow waters at the northern tip	Human error. Technical failure (blackout/loss of propulsion, rudder failure) in northerly wind results in drifting towards ground.		Grounding		About 400 m between wind farm tip and 10 m curve. No traffic is expected to pass
WINTER						
4.4	Rerouting of traffic passing north of Polargrund	Closing of the northern passage alternative ("half-moon") and pushing traffic to routes south of the wind farm with more ice.	<i>Spatial reduction of wind farm area to enable passing north of the wind farm.</i>	Extra ice breaking service, Prolonged sailing distance		Traffic uses this route ("half-moon") when ice opens up from north, passing just below Stopparen approx. along the 20 m-depth curve
5 Övrig sjötrafik/allmänt - Other traffic						
SUMMER						
5.1	Human error/fatigue	Bridge officers asleep or for some reason inattentive.	<i>Vessel traffic monitoring</i>	Interaction with park area or powered turbine allision.		In particular small bulk carriers 60-90 m are over represented.
5.2	Human error/lack of safety awareness	Outdated sea charts. Unaware of park/traffic restrictions. Deliberate choosing shortcut routes through park area.	<i>Vessel traffic monitoring. Adequate marking of turbines.</i>	Interaction with park area or powered turbine allision. Collision with wind park service vessels.		
5.3	Human error - recreational traffic	Navigational errors by recreational yachts and pleasure craft.		Interaction with park area or powered turbine allision. Collision with wind park service vessels.		The presence and marking of the turbines are likely to facilitate navigation. Presence of service vessel can assist in case of incidents or emergency situations.
5.4	Fishery and fishing vessels operating in the wind park area.	Limited space for manoeuvring with large gears.	<i>Restrictions of the use of large fishing gears, trawls and bottom touching equipment.</i>	Turbine allision or jamming of gears.		Not much fishing in the area
5.5	Service and CTV ship traffic.	Unexpected ship movements and manoeuvres		Ship collisions.		
5.6	SAR, environmental or medical rescue operations.	Conditions for airborne operations deteriorated by tall turbines.	<i>Prepare and implement adequate emergency preparedness plan.</i>	Delayed operations. Less efficient operations.		Spill of gearbox or generator oil may call for recovery and clean-up efforts at sea.
WINTER						
5.7	Blockage of area and increased transit distance/time for icebreakers	Delayed assistance, vessel drifting		Allision, grounding		
5.8	Blockage of area and increased transit distance/time for icebreakers	Delayed assistance for stuck vessel or vessel in distress (technical failure)		Allision, grounding		Vessels with technical failure are normally not assisted, they are not eligible for assistance unless fully functional. This will increase icebreaker assistance and could create an increase in technical failures of vessels? (The difficulty in "where do we draw the line?")
5.9	Blocked area, reduced space for alternative routes/broken channels	Decreased safety and capacity in primary channels, stuck vessels		Collision		Commercial aspect, delayed calls
5.10	SAR operations in the park by helicopter impaired by icing	Icebreakers may be engaged for SAR operations		Delayed icebreaking operation. Less efficient operations.	<i>Increased icebreaking capacity</i>	Icebreakers are not primarily SAR vessels. Icebreakers will enter in case of emergency

APPENDIX 1 Hazid-protokoll

Id.	Primär orsak Primary cause	Fara Hazard	Preventiv säkerhetsåtg.* Preventive safety measure	Konsekvenser omedelbara och slutliga** Consequences immediate/final	Konsekvensreducerande säkerhetsåtgärder Mitigating safety measures	Kommentarer Comments
5.11	Fog, heavy snow fall	Low visibility, navigational difficulties		Allision		Radar disturbances from ice and turbines.
5.12	Build up severe ice condition in wind farm area	Park area not accessible for service vessels. Service vessel getting stuck. Additional icebreaker services may be requested.		Reduced service capacity available for regular shipping.	<i>Increased icebreaking capacity</i>	Merchant vessels will be prioritized. According to Fin and Swe legislation, service vessels need to have ice class and fulfil assistance restrictions to be able to obtain assistance - not carrying cargo? Are service vessels (by size?) at all entitled to assistance services? And specially if they sail in to the wind farm as assistance is provided to routes decided by icebreakers and wind farms are in principle "No go"-areas
5.13	Ice shedding from turbine blades	Passing ships or service ships hit by ice throws	<i>de-icing techniques? Shutting down turbines when service vessel are approaching.</i>	Damage to ships and persons onboard		
6 Etableringsfas - Construction phase						
SUMMER						
6.1	Transfer of goods and components to the park area and construction/installation sites.	Ships deviating from normal and recommended routes - crossing of shipping routes along the outer boundaries of the park area.	Information on activities via Ufs, notice to mariners, marking in sea charts. <i>Active monitoring of the area, guarding and alarm functions to call up third party ships.</i>	Ship collision		Base port/ports to be decided, 70 - 120 turbines (3 - 1 km)
6.2	Operations from ships/platforms located outside the boundary of the wind park.	Limited space for passing vessels to make evasive manoeuvres for collision avoidance	Information on activities via Ufs, notice to mariners, marking in sea charts. <i>Active monitoring of the area, guarding and alarm functions to call up third party ships.</i>	Ship collision		
6.4	Anchored or slowly moving vessels/platforms engaged in cable laying outside the park area.	Anchored or slowly moving vessels cannot give way for third party ships passing the area.	Temporary rerouting of passing routes and safety distances and information on Ufs, notice to mariners.	Damage to cables and equipment. Ship collision.		Cable corridors not decided yet
6.5	Marking of installation sites	Difficulties to detect position of wind farm and near by vessels	Avoid light pollution or masking of navigation lights, marking and other nav aids. Temporary AIS of the wind farms/wind turbines.	Allision (powered)		Experiences from Kriegers Flak and other wind farms may be useful. The park area will be closed for traffic during installation.
WINTER						
<i>All construction is assumed to be done during summer/ice free season</i>						

* *Möjliga eller föreslagna preventiva säkerhetsåtgärder är markerade i kursiv stil. Possible or proposed preventive measures in italics.*

Säkerhetsåtgärder som förutsätts implementeras framgår av text i normal stil. Planned, agreed RCOs in normal non-italics.

** Konsekvenser i form av grundstötning och kollision kan i samtliga fall leda till skador på fartyg, vindkraftverk eller på annan egendom, personskador och eventuellt till utsläpp av bränsle eller flytande last. Consequences of groundings, collisions, and turbine allisions may lead to damages to ship, wind turbines, other assets, injuries or loss of lives, or spill of oil, fuel or liquid cargo.