

PM Kompletterande nautisk riskanalys

Säkerhetsavstånd och dess
betydelse för att undvika olyckor

Vindpark Aurora



Ändringsförteckning

Ver	Datum	Ändringsbeskrivning	Granskad	Godkänd av
1	230609		Lars Grahm	Johan Nimmermark
2	230620	mindre korrigering layout 0,8M	Lars Grahm	Johan Nimmermark
3	230630	Mindre korrigering	Lars Grahm	Sara Hammar

Sweco Sverige AB	556767-9849
Uppdrag	Sjöfart Aurora vindpark OX2
Uppdragsnummer	30055906
Kund	AUR Energipark AB
Upprättad av	Anna Bjereld
Datum	2023-05-2530
Dokumentreferens	Bilaga F.5A(2) Riskberäkningar, Vindpark Aurora, 2023

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	6
1.1	Syfte	6
1.2	Avgränsningar	6
2	Analysförutsättningar	8
2.1	Metod	8
2.2	IWRAP	8
2.3	Analysfall	9
2.4	Trafikdata	12
3	Modelleringsförutsättningar, Aurora	13
3.1	Osäkerhetsanalys framtida trafik	14
3.2	Osäkerhetsanalys trafikmönster	14
4	Frekvenser	16
5	Konsekvenser	20
6	Riskuppskattning och värdering	22
6.1	Påsegling (navigerande fartyg)	23
6.2	Påsegling (drivande fartyg)	25
6.3	Fartygskollision	27
7	Resultatsammanfattning och riskreducerande åtgärder	30
8	Osäkerheter och osäkerhetsanalysfall	33
8.1	Parametrar	33
8.2	AIS-data	34
8.3	IWRAP-modellen	35
8.4	Framtida trafikflöden	35
8.5	Hopträngning av trafik	36
9	Diskussion och slutsatser	37
10	Referenser	38
	Antaganden och parametrar i IWRAP	39
	Frekvenser (decimal form)	40
	Erfarenheter från tidigare olyckor	41

Sammanfattning

I denna bilaga redovisas beräkningar avseende sannolikhet för kollision samt påsegling av vindkraftverk för den planerade vindparken Aurora. Beräkningarna görs för olika parklayouter, olika avstånd mellan vindpark och fartygsstråk och olika antaganden om trafikmönster.

Analysen har följande utgångspunkter:

- Referensrisken representeras av ett nollalternativ utan planerad vindpark
- Beräkningarna utförs för två exempellayouter med vardera 370 vindkraftverk à 25 MW vilka utgör parkens båda grundalternativ¹ (Layout 210617 och Layout 220121)
- Grundalternativet för varje layout har ett varierande säkerhetsavstånd från rekommenderade trafikstråk och förutsätter viss hopträngning och förflyttning av fartygstrafik
- Känslighetsberäkningar utförs för tre varianter av vardera layouten med olika antaganden om säkerhetsavstånd och påverkan på fartygstrafiken
- Osäkerhetsberäkningar utförs för att studera betydelsen av olika antaganden om hopträngning av fartygstrafiken
- Betydelsen av ett säkerhetsavstånd på 2,5 M beskrivs kvalitativt

Påsegling av vindkraftverk med navigerande fartyg beräknas vara en *mycket till extremt sällsynt* händelse och risken klassas som acceptabel. Detta gäller för grundfallet och känslighetsfallen för båda layouterna². Det är huvudsakligen påsegling av de tre vindkraftverken i positioner närmast fartygsstråk i Ölands södra udde – Finska viken (riksintresset för sjöfart) i sydost som har stor påverkan på risken.

Påsegling av vindkraftverk med drivande fartyg beräknas vara en *trolig till sannolik* händelse som beräknas inträffa cirka vart 30:e år. Risken klassas som ALARP varvid riskreducerande åtgärder behöver vidtas. Notera att längre avstånd till vindkraftverk inte är en ändamålsenlig åtgärd för att minska denna risk eftersom detta ger en väldigt liten riskminskning.

Om etablering av vindparken leder till hopträngning och förflyttning av trafik ökar risken för fartygskollisioner något. Huvuddelen av kollisionsrisken föreligger dock även utan vindpark så påverkan på den totala risken är begränsad.

Sammanfattningsvis bedöms nyttan med ett generellt ökat avstånd mellan vindkraftverk och fartygstrafik vara liten och det är således inte motiverat ur ett riskperspektiv med ett större avstånd än vad som specificerats i grundalternativen. För Layout 210617 har enstaka vindkraftverk närmast fartygsstråk i Ölands södra udde – Finska viken (riksintresset för sjöfart) en något förhöjd risknivå för påsegling med manöverdugligt fartyg. Placeringen av dessa vindkraftverk kommer att analyseras vidare i fördjupad riskanalys vid slutlig layout.

¹ De valda layouterna med 370 verk à 25 MW har tagits fram för att utgöra beräkningsunderlag. De representerar varsitt paraplyfall som täcker in riskvärdering av alternativa layouter med färre vindkraftverk.

² Osäkerhetsberäkningarna visar att risken är acceptabel för Layout 220121 oavsett antagande om trafikmönster medan det för Layout 210617 förutsätter att trafiken förflyttas lite bort från parken.

Förkortningar och begrepp

AIS	Automatic Identification System
ALARP	As Low As Reasonably Practicable (område där risker kan tolereras om alla rimliga åtgärder är vidtagna)
allision	IWRAP skiljer mellan kollision (där två fartyg i rörelse stöter ihop) och allision (där ett fartyg i rörelse stöter in i ett stationärt objekt – en bro, pir, vindkraftverk, docka eller oljeplattform). Två typer av allision täcks in av IWRAP: - Powered allision (manöverdugligt fartyg stöter i ett stationärt objekt). Sker antingen vid utebliven fartygsmanöver när farleden svänger, eller för fartyg som positionerar sig utanför farleden. - Drifting allision (drivande fartyg stöter i ett stationärt objekt).
causation factor	sannolikheten att ett orsakssamband faller ut (antagande i IWRAP)
drivande fartyg	ett fartyg där all manövreringsförmåga gått förlorad (jämför navigerande fartyg)
fartygsstråk	Avser de fartygsstråk som kategoriseras som sjötrafikstråk i riksintresse för sjöfart (Trafikverket, 2022) om ej annat anges
FI	Frequency index, ett tal som representerar olycksfrekvensen (Maritime Safety Committee, 2018)
FSA	Formal Safety Assessment
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
IWRAP	IALA Waterway Risk Assessment Program (modelleringsverktyg för beräkning av olycksfrekvenser för fartyg)
kollision	IWRAP skiljer mellan kollision (där två fartyg i rörelse stöter ihop) och allision (där ett fartyg i rörelse stöter in i ett stationärt objekt – en bro, pir, docka, oljeplattform eller ett vindkraftverk). Fem typer av kollision täcks in av IWRAP: - Head-on (fartyg seglar emot eller nästan rätt emot varandra) - Overtaking collision (omkörningskollision) - Crossing collision (korsningskollision) - Merging collision (sammanvävningskollision) - Bend collision (svängkollision)
leg	seglingsväg eller seglingsetapp mellan två vägpunkter
M	nautisk mil (1 852 meter)
MW	megawatt
navigerande fartyg	ett fartyg med full manövrerbarhet (jämför drivande fartyg)
NRA	nautisk riskanalys
RI	Risk index, ett tal som representerar storlek på risken (Maritime Safety Committee, 2018)
SI	Severity index, ett tal som representerar allvarlighetsgraden hos konsekvensen av en olycka (Maritime Safety Committee, 2018)
vägpunkt/waypoint	referenspunkt i navigation; nodpunkt i IWRAP

1 Bakgrund

I denna bilaga redovisas kompletterande beräkningar som ligger till grund för riskutredningen för vindpark Aurora avseende kollisionsrisk samt risk för fartyg att segla eller driva in i vindparken och kollidera med ett vindkraftverk.

1.1 Syfte

Beräkningarna genomförs för att uppskatta påverkan på den nautiska riskbilden vid etablerandet av vindpark Aurora, för att kunna bidra till en optimal avvägning av parkens nytta och säkerhetsnivån för sjöfart. Syftet är att studera hur avstånd mellan vindpark Aurora och kringliggande fartygsstråk påverkar de olycksrisker som vindparken kan ge upphov till avseende:

- Påsegling av vindkraftverk
- Kollision mellan fartyg som passerar parken

Beräkningarna utförs för två föreslagna parklayouts med 370 vindkraftverk à 25 MW (Layout 210617 och Layout 220121). De föreslagna parklayouterna har använts som grundalternativ i beräkningarna av risknivåer. I det första layoutförslaget (benämnt layoutförslag 210617) står vindkraftverken närmare projektområdets gräns i sydöst (och därmed även närmare fartygstrafiken som går sydöst om parken) än vad vindkraftverken gör i det andra layoutförslaget. I det andra layoutförslaget (benämnt layoutförslag 220121) har den yttersta raden av vindkraftverk vid projektområdets sydöstra kant flyttats in i projektområdet i syfte att skapa ett större avstånd mellan vindkraftverk och fartygstrafik i sydöst.

Layouterna har tagits fram för att utgöra beräkningsunderlag. De representerar varsitt paraplyfall med syftet att även täcka in riskvärdering av alternativa layouter (känslighetsanalyser) med färre vindkraftverk och lägre installerad effekt. En känslighetsanalys utförs avseende avstånd mellan vindkraftverk och angränsande fartygsstråk.

1.2 Avgränsningar

För trafikanalys hänvisas till Sweco (2023).

Metodbeskrivningen är kortfattad och förutsätter att läsaren är bekant med grundläggande riskanalysmetodik.

Ingen kostnadsnyttoanalys görs.

Kollisions- och påseglingsrisker för trafik som går utanför etablerade fartygsstråk, däribland fritids- och fiskebåtar liksom större fartyg som väljer en okonventionell rutt, beräknas ej. Skälet är dels att den begränsade trafiken över Aurora bedöms stå för en mycket liten risk, dels att olycksfrekvensen för sådan trafik inte är möjlig att kvantifiera. Avgränsningen diskuteras vidare i avsnitt 8.2.

Ingen trafikökning antas eftersom syftet med föreliggande analys är att studera betydelsen av säkerhetsavstånd. Avgränsningen diskuteras vidare i avsnitt 8.4.

Batymetri modelleras inte eftersom vattendjupet generellt är över 50 meter i och omkring vindparken. Detta djup utesluter risken för grundstötning och reducerar möjligheterna att framgångsrikt nödankra med ett fartyg. Detta i modellen men även i verkligheten. Detaljerad djupmodellering skulle således endast påverka resultatet marginellt och bedöms inte ha någon betydelse för analysens slutsatser.

2 Analysförutsättningar

2.1 Metod

Kvantitativa uppskattningar av navigationsrisker görs i enlighet med *Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process* (Maritime Safety Committee, 2018). Till frekvensberäkningarna används IWRAP som är ett verktyg för att tillämpa FSA-metodik. I IWRAP beräknas frekvenser för kollisioner och påseglingar för fartyg som färdas längs definierade stråk. Indata bygger på historisk statistik samt expertskattningar där data saknas.

Beräkningarna görs med en probabilistisk modell som tas fram för fartygstrafiken i det aktuella området. Modellen bygger dels på sannolikheten att fartyg tappar navigationsförmågan eller håller en kurs och fart som kan resultera i en olycka om ingen undanmanöver utförs, dels på sannolikheten att alla åtgärder för att undvika en olycka misslyckas när fartyget befinner sig i ett sådant läge³. Med hjälp av modellen beräknas sannolikheten för kollision mellan fartyg samt sannolikheten för påsegling av vindkraftverk.

2.2 IWRAP

Frekvenserna beräknas med den kommersiella versionen av programvaran IWRAP Mk II.

I IWRAP modelleras fartygsstråk i form av delsträckor som kallas *legs*. För trafiken längs varje leg beräknas sannolikheten för kollisioner mellan fartyg av typen frontalkollision samt omkörningskollision.

Punkter där fartygsstråken ändrar riktning, går samman eller korsas modelleras i IWRAP med en *waypoint*. För trafiken genom en waypoint beräknas sannolikheten för en svängkollision, sammanvävningskollision respektive korsningskollision.

Engberg (2019) ger en utförlig beskrivning av teori och arbetssätt för IWRAP.

³ Sannolikheten att fartyg tappar navigationsförmågan eller håller en kurs och fart som kan sluta i en olycka modelleras med laterala fördelningar som representerar trafiken och som baseras på statistik i form av AIS-data över verklig fartygstrafik beaktat position, storlek och andra relevanta parametrar. Förutsättningarna att undvika en olycka bygger på antaganden om möjligheterna att lyckas med exempelvis undanmanöver när sådan krävs (så kallad causation factor) eller nödankring. Dessa antaganden görs i IWRAP och redovisas sist i föreliggande bilaga.

2.3 Analysfall

Vindkraftverken modelleras i form av cirklar med en diameter om 20 meter.

Två alternativa layouter analyseras, Layout 210617 och Layout 220121. Båda layouterna omfattar i grundfallet 370 vindkraftverk men där den ena har längre avstånd till fartygsstråken (layout 220121). Analysfall har tagits fram för båda layouterna, dels för grundfallet för respektive layout, dels modifierat med olika antaganden om säkerhetsavstånd och trafikmönster. I de olika känslighetsanalysfallen tas vindkraftverk bort om dessa hamnar inom det antagna säkerhetsavståndet. Detta görs för att åskådliggöra effekten på risknivån av ett mindre vindkraftsområde/färre verk. Färre vindkraftverk modelleras därför i känslighetsanalysfallen vilket också illustreras i Tabell 1.

Tabell 1. Sammanställning av de olika vindparkslayouterna och säkerhetsavstånden som analyseras. För en detaljerad redovisning av de olika alternativen hänvisas till (Sweco, 2023).

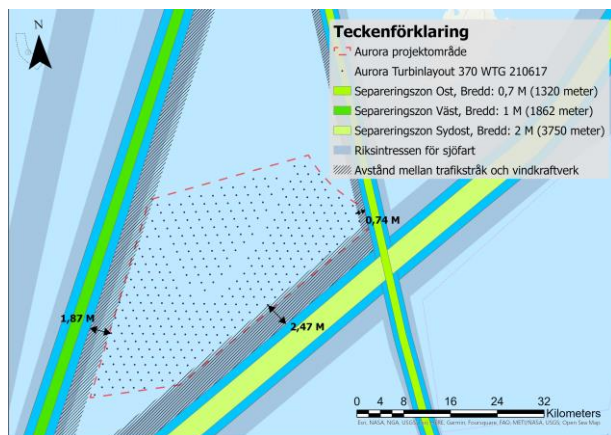
Analysfall	Säkerhetsavstånd ⁴	Antagande om trafikmönster	Antal vindkraftverk	Referens
Nollalternativet	-	Oförändrat trafikmönster	-	-
Layout 210617				
- Grundalternativet	Varierar, se Figur 1	Hopträngning och förflyttning av trafik <i>Osäkerhetsanalys: oförändrat trafikmönster</i>	370	Figur 1
- Säkerhetsavstånd från 90% av befintlig trafik	0,95-1,1 M ($\geq 1\,760$ m), mätt från 90% av befintlig trafik	Oförändrat trafikmönster	345	Figur 3
- Säkerhetsavstånd från rekommenderade trafikstråk med referensfartyg 300 meter	1,27 M (2 360 m), mätt från rekommenderade trafikstråk med referensfartyg 300 meter	Omfattande hopträngning och förflyttning av trafik	365	Figur 5
- Säkerhetsavstånd från etablerade trafikstråk (0,8 M)	0,8 M (1 500 m)	Hopträngning och förflyttning av trafik <i>Osäkerhetsanalys: oförändrat trafikmönster</i>	357	Figur 7

⁴ Varifrån säkerhetsavståndet mäts skiljer mellan de olika analysfallen beroende på vilken definition av trafikstråk som används. För en fullständig beskrivning hänvisas till (Sweco, 2023).

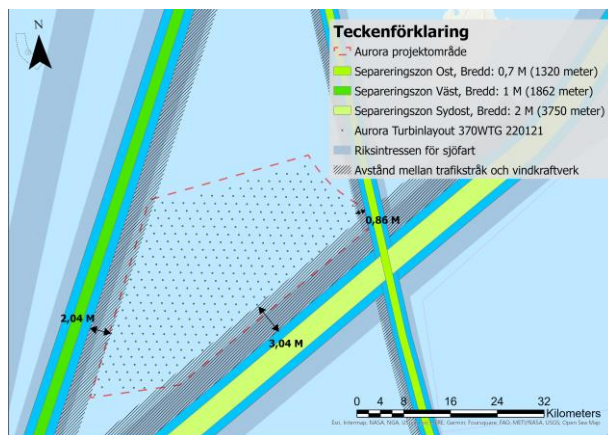
Analysfall	Säkerhetsavstånd ⁴	Antagande om trafikmönster	Antal vindkraftverk	Referens
Layout 220121				
- Grundalternativet	Varierar, se Figur 2	Hopträngning och förflyttning av trafik <i>Osäkerhetsanalys: oförändrat trafikmönster</i>	370	Figur 2
- Säkerhetsavstånd från 90% av befintlig trafik	0,95-1,1 M ($\geq 1\ 760$ m), mätt från 90% av befintlig trafik	Oförändrat trafikmönster	367	Figur 4
- Säkerhetsavstånd från rekommenderade trafikstråk med referensfartyg 300 meter	1,27 M (2 360 m), mätt från rekommenderade trafikstråk med referensfartyg 300 meter	Omfattande hopträngning och förflyttning av trafik	368	Figur 6
- Säkerhetsavstånd från riksintressekant (0,8 M)	0,8 M (1 500 m)	Hopträngning och förflyttning av trafik <i>Osäkerhetsanalys: oförändrat trafikmönster</i>	368	Figur 8

Analysfallen illustreras i Figur 1 till Figur 8 nedan.

Grundalternativ 370 vindkraftverk (Avstånd mellan trafikstråk och vindkraftverk varierar beroende på vilket trafikstråk som avses):

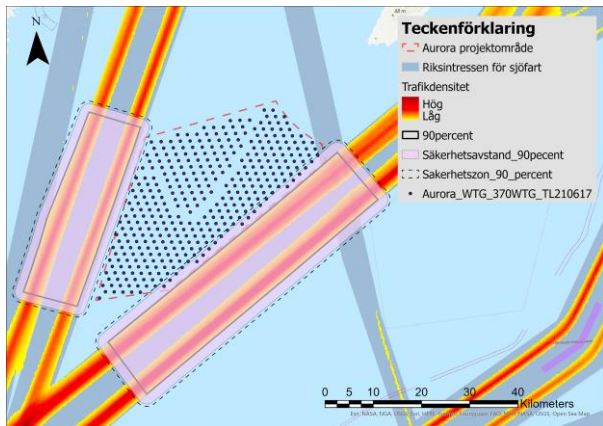


Figur 1. Illustration av avståndet mellan rekommenderade trafikstråk och närmsta vindkraftverk, parklayout **210617**. Utformningen antas generera hopträngning av fartygstrafik.

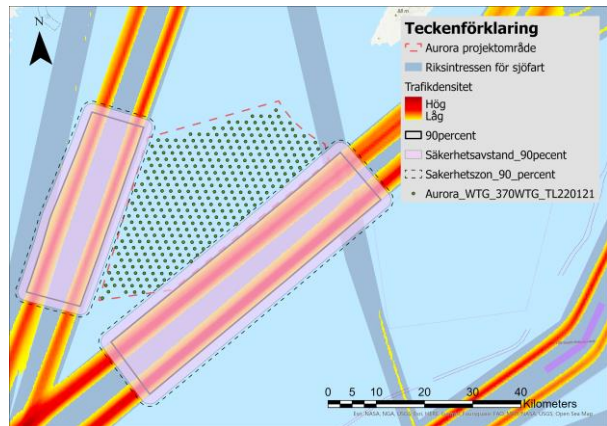


Figur 2. Illustration av avståndet mellan rekommenderade trafikstråk och närmsta vindkraftverk, parklayout **220121**. Utformningen antas generera hopträngning av fartygstrafik.

Säkerhetsavstånd från 90% av befintlig trafik:

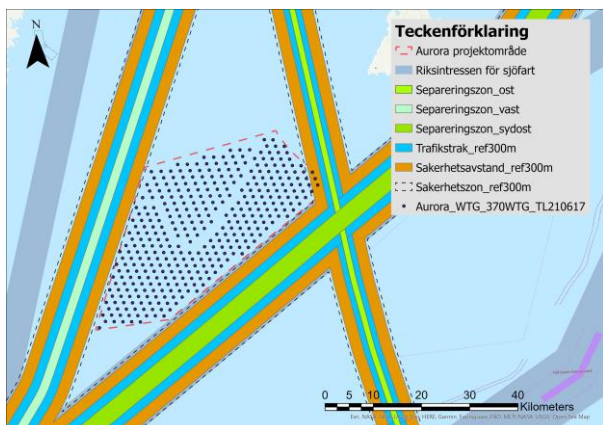


Figur 3. Säkerhetsavstånd baserade på referensfartyg 250 och 200 meter mätta från 90% av fartygstrafiken sydost och väst om projektområdet. Parklayout **210617**. Vindkraftverk placerade inom säkerhetsavståndet (25) tas bort från layouten.

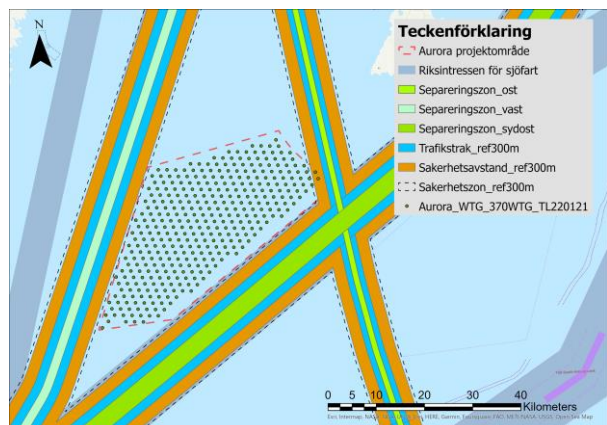


Figur 4. Säkerhetsavstånd baserade på referensfartyg 250 och 200 meter mätta från 90% av fartygstrafiken sydost och väst om projektområdet. Parklayout **220121**. Vindkraftverk placerade inom säkerhetsavståndet (3) tas bort från layouten.

Säkerhetsavstånd från rekommenderade trafikstråk med referensfartyg 300 meter:

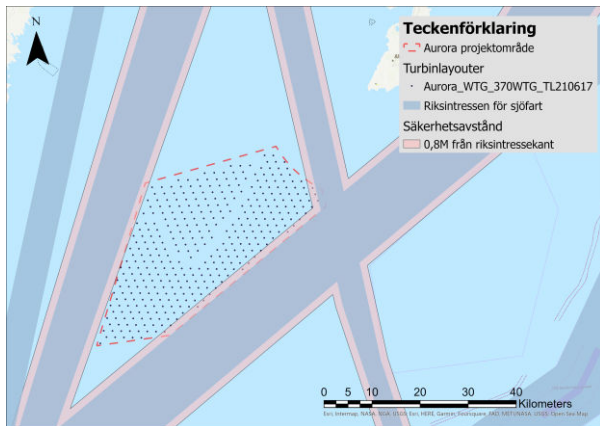


Figur 5. Säkerhetsavstånd med 300 meter referensfartyg mätt från rekommenderade trafikstråk för parklayout **210617**. Vindkraftverk placerade inom säkerhetsavståndet (5) tas bort från layouten.

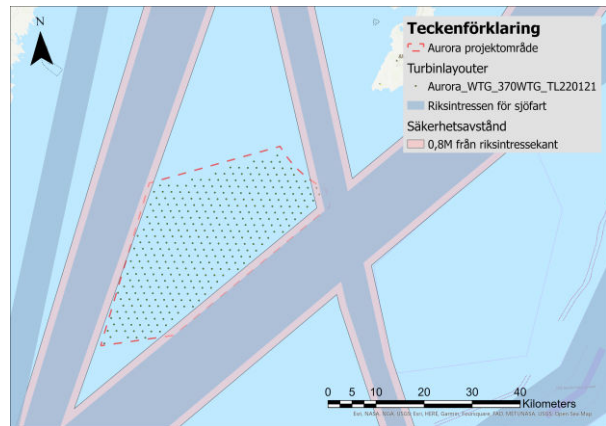


Figur 6. Säkerhetsavstånd med 300 meter referensfartyg mätt från rekommenderade trafikstråk för parklayout **220121**. Vindkraftverk placerade inom säkerhetsavståndet (2) tas bort från layouten.

Säkerhetsavstånd från riksintressekant (0,8 M):



Figur 7. Säkerhetsavstånd på 0,8 M mätt från riksintressekant, parklayout **210617**. Vindkraftverk placerade inom säkerhetsavståndet (13) tas bort från layouten.



Figur 8. Säkerhetsavstånd på 0,8 M mätt från riksintressekant, parklayout **220121**. Vindkraftverk placerade inom säkerhetsavståndet (2) tas bort från layouten.

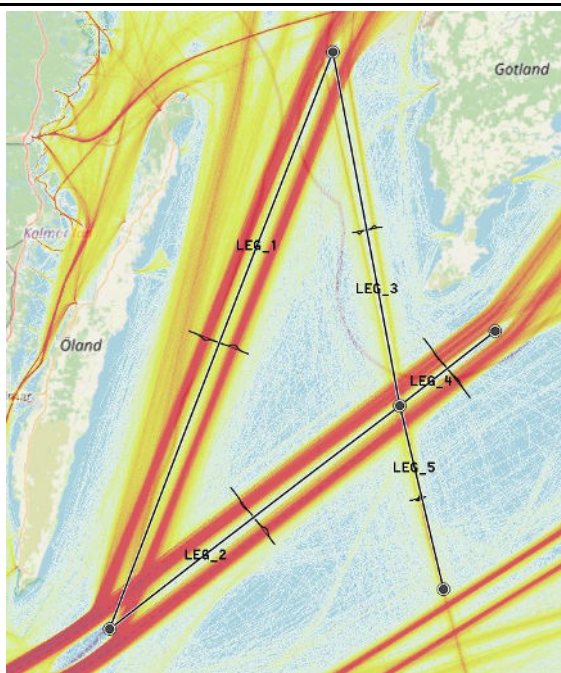
Nytan med ett säkerhetsavstånd på 2,5 M från etablerade fartygsstråk beskrivs kvalitativt baserat på resultatet från ovan listade analysfall kompletterat med kontrollkörningar i IWRAP.

2.4 Trafikdata

AIS-data från VesselFinder för perioden 1 februari 2022 till 31 januari 2023 används.

3 Modelleringsförutsättningar, Aurora

En modell av fartygstrafiken inklusive laterala fördelningar för fartygen och sannolikheten för situationer där fartyg riskerar att kollidera med varandra alternativt segla på ett vindkraftverk skattas i IWRAP utifrån AIS-data över trafiken.



Nuläge: Trafiken modelleras i IWRAP genom att definiera legs som representerar samtliga fartygsstråk kring Aurora, se Figur 9.

Modelleringen omfattar bland annat tre befintliga sjötrafikstråk inom riksintressen för sjöfart:

1. LEG_1 = Ölands södra grund – Svenska Björn
2. LEG_2 = Ölands södra udde – Finska viken
3. LEG_3 = Nynäshamn – Gdansk

Riskberäkningen avgränsas till de fem *legs* och fem *waypoints* (svarta prickar, se Figur 9) som modelleras.

Efter parketablering: Fördelningsfunktionerna modifieras utifrån olika antaganden om trafikförflyttning, se Tabell 2.

Figur 9. Representation i IWRAP-modell av fartygstrafik runt Aurora (nuläge).

Tabell 2. Modellering av olika antaganden om trafikmönster efter parketablering: *Oförändrat*; *Hopträngning och förflyttning av trafik* (antagen) samt *Omfattande hopträngning och förflyttning av trafik* (alla fartyg förutsätts följa trafikstråket). Histogram i blått och grönt visar lateral fördelning för trafiken enligt AIS-data medan de svarta linjerna visar antagen fördelning i modelleringen.

Fartygsstråk	Leg	Oförändrat trafikmönster (Normalfördelning)		Hopträngning och förflyttning av trafik (Normalfördelning)		Omfattande hopträngning och förflyttning av trafik (Likformig fördelning)	
		Medelvärde $\bar{x}$ (m)	sd σ (m)	Medelvärde $\bar{x}$ (m)	sd σ (m)	Undre gräns (m)	Övre gräns (m)
Ölands södra grund- Svenska Björn	LEG_1, North Bound	4014	818	3011	614	900	2750
	LEG_1, South Bound	N.A.	N.A.	oför	oför	900	2750
Ölands södra udde- Finska viken	LEG_2, West Bound	3981	1167	2986	875	1900	3700
	LEG_2, East Bound	N.A.	N.A.	oför	oför	1900	3700
Nynäshamn-Gdansk	LEG_3, North Bound	N.A.	N.A.	oför	oför	1900	3700
	LEG_3, South Bound	1931	358	1448	269	1900	3700

3.1 Osäkerhetsanalys framtida trafik

Ingen beräkning görs med hänsyn till framtida trafik. Skälet till detta är att olycksfrekvensen följer enkla samband (fördubblad trafik leder till fördubblad sannolikhet för påsegling och fyrdubblad sannolikhet för kollision). En beräkning som tar hänsyn till framtida trafik tillför därför inte någon ny kunskap vid jämförelse av betydelsen av olika säkerhetsavstånd.

3.2 Osäkerhetsanalys trafikmönster

I grundmodellen har antaganden gjorts om hur trafiken kan komma att trängas ihop och förflyttas inom befintliga fartygsstråk vid etablering av vindpark Aurora jämfört med trafikmönstret i nollalternativet. Det är osäkert hur omfattande förändringen i trafikmönster kommer att bli. En genomgång av brittiska vindparker (Anatec, 2016) visar såväl exempel på där vindparker inte påverkar

fartygstrafiken som där fartygstrafiken på upp till 1,5 M från vindkraftparken påverkas.

En osäkerhetsanalys görs för att jämföra resultatet vid olika antaganden om framtida trafikmönster.

För osäkerhetsanalysen tas kompletterande analysfall fram som är variationer på grundalternativet med 370 vindkraftverk. De kompletterande analysfallen har ett färre antal verk. Antalet beror på hur stort antal vindkraftverk som försvinner till följd av förändrat säkerhetsavstånd.

Notera att känslighetsfallen representerar troliga utfall samt ytterligheter för att på så sätt kunna undersöka ramarna för vad som är rimligt att förvänta sig om trafikmönstret efter parketableringen.

4 Frekvenser

I följande avsnitt redovisas sannolikheten för fartygskollision respektive påsegling av vindkraftverk (allision). Beräkningarna görs i modelleringsverktyget IWRAP. En resultatsammanfattning återfinns i Tabell 3.

Tabell 3. Resultat fartygskollision och påsegling av vindkraftverk (allision). Beräknad sannolikhet per år för nollalternativet (området utan vindpark) samt för de båda alternativa layouterna inklusive känslighetsanalysfall där vindkraftverken representeras med en diameter på 20 meter. Resultaten förklaras närmare och redovisas mer i detalj senare i rapporten. Samma tabell men i decimalform återfinns i slutet av dokumentet.

Analysfall	Nollalternativet	Layout 210617				Layout 220121			
	Ingen park	Grundalt ernativ	90%	300 m	0,8 M	Grundalt ernativ	90%	300 m	0,8 M
Allision [per år]	---	3,5E-02	3,2E-02	3,5E-02	3,3E-02	3,4E-02	3,4E-02	3,5E-02	3,4E-02
- varav allision med manöverdugligt fartyg, <i>powered allision</i>	---	1,4E-05	1,8E-06	---	---	5,5E-07	1,8E-06	---	---
- varav allision med drivande fartyg, <i>drifting allision</i>	---	3,5E-02	3,2E-02	3,5E-02	3,3E-02	3,4E-02	3,4E-02	3,5E-02	3,4E-02
Kollision [per år]	1,0E-02	1,1E-02	1,0E-02	2,0E-02	1,1E-02	1,1E-02	1,0E-02	2,0E-02	1,1E-02
- varav omkörningskollision, <i>overtaking collision</i>	9,6E-03	1,1E-02	9,6E-03	1,9E-02	1,1E-02	1,1E-02	9,6E-03	1,9E-02	1,1E-02
- varav frontalkollision, <i>head-on</i>	7,5E-06	7,5E-06	7,5E-06	---	7,5E-06	7,5E-06	7,5E-06	---	7,5E-06
- varav korsningskollision, <i>crossing collision</i>	4,7E-04	4,7E-04	4,7E-04	4,7E-04	4,7E-04	4,7E-04	4,7E-04	4,7E-04	4,7E-04
- varav sammanvävningskollision, <i>merging collision</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---
- varav svängkollision, <i>bend collision</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Sannolikhet graderas enligt en skala över inträffandefrekvens, se Tabell 4. Skalan är sex-gradig och löper över spannet från *extremt sällsynta* till *frekventa* händelser. Skalan är vanligt förekommande för att kategorisera olika händelser

inom sjöfarten och lyfts bland annat fram av IMO (Maritime Safety Committee, 2018).

Tabell 4. Indelning av händelser utifrån inträffandefrekvens som görs vid riskanalys och som avspeglar en förväntad sannolikhet för att en händelse inträffar som kan påverka miljö eller säkerhet.

Index (FI)	Frekvens	Förekomst	Definition
6	1 gång per år ($f=1$)	<i>Frekvent</i>	Händelser som förväntas inträffa varje år i en vindpark.
5	1 gång per 10 år ($f=0,1$)	<i>Sannolikt</i>	Händelser som förväntas inträffa varje år om 10 vindparker beaktas, dvs händelser som förväntas inträffa några gånger under en vindparks livstid.
4	1 gång per 100 år ($f=0,01$)	<i>Troligt</i>	Händelser som förväntas inträffa varje år om 100 vindparker beaktas, dvs händelser som förväntas inträffa varje år i någon vindpark i världen.
3	1 gång per 1 000 år ($f=10^{-3}$)	<i>Sällsynt</i>	Händelser som förväntas inträffa varje år om 1 000 vindparker beaktas, dvs händelser som förväntas inträffa vart tionde år sett till världens alla vindparker.
2	1 gång per 10 000 år ($f=10^{-4}$)	<i>Mycket sällsynt</i>	Händelser som förväntas inträffa varje år om 10 000 vindparker beaktas, dvs händelser som kan inträffa en gång sett till världens alla vindparker under deras livstid.
1	1 gång per 100 000 år ($f=10^{-5}$)	<i>Extremt sällsynt</i>	Händelser som inte förväntas inträffa.

Härvid erhålls sannolikhetsindex för de olika händelsetyperna enligt redovisning i Tabell 5.

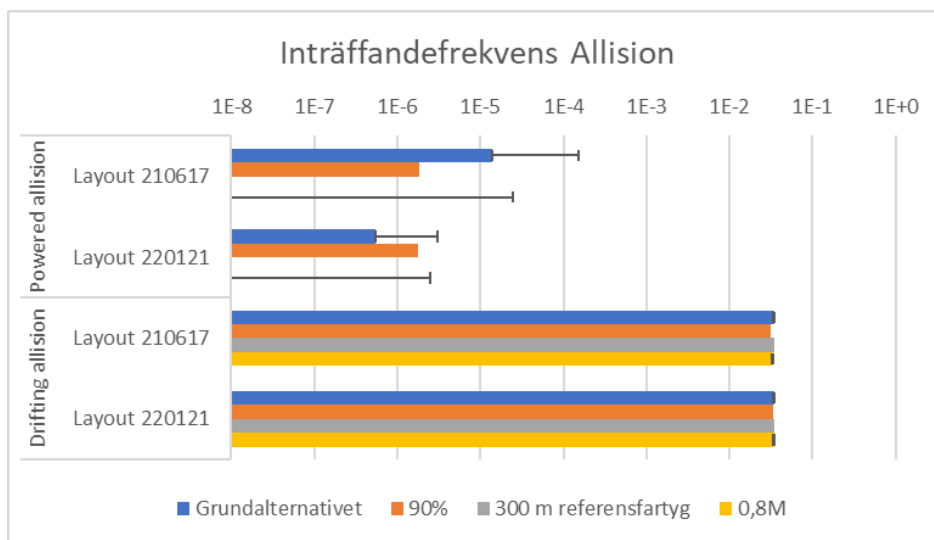
Tabell 5. Beräknad frekvens för påsegling och fartygskollision samt motsvarande frekvensindex (1-6). I tabellen anges också i vilken utsträckning olyckor med olika fartygstyper ingår i frekvensen.

Analysfall	Inträffandefrekvens [per år]	Frekvensindex (FI)	Andel oljetankers	Andel passagerarfartyg	Andel övriga fartyg
Påsegling (navigerande fartyg)					
Layout 210617 – Grundalternativ	1,4E-05	1,1	19%	0%	81%
Layout 210617 – 90%	1,8E-06	<1	19%	0%	81%
Layout 210617 – 300 m	-	-	-	-	-
Layout 210617 – 0,8 M	-	-	-	-	-
Layout 220121 – Grundalternativ	5,5E-07	<1	19%	0%	81%
Layout 220121 – 90%	1,8E-06	<1	19%	0%	81%
Layout 220121 – 300 m	-	-	-	-	-
Layout 220121 – 0,8 M	-	-	-	-	-
Påsegling (drivande fartyg)					
Layout 210617 – Grundalternativ	3,5E-02	4,5	19%	2%	79%
Layout 210617 – 90%	3,2E-02	4,5	19%	2%	79%
Layout 210617 – 300 m	3,5E-02	4,5	19%	1%	79%
Layout 210617 – 0,8 M	3,3E-02	4,5	19%	1%	79%
Layout 220121 – Grundalternativ	3,4E-02	4,5	19%	2%	79%
Layout 220121 – 90%	3,4E-02	4,5	19%	2%	79%
Layout 220121 – 300 m	3,4E-02	4,5	19%	1%	79%
Layout 220121 – 0,8 M	3,4E-02	4,5	19%	1%	79%

Analysfall	Inträffandefrekvens [per år]	Frekvensindex (FI)	Andel oljetankers	Andel passagerarfartyg	Andel övriga fartyg
Kollision, alla typer (absolut risk för olika trafikmönster inklusive kollisionsrisk utan vindpark)					
Oförändrat trafikmönster	1,01E-02	4,0	15%	4%	81%
Antagen hopträngning och förflyttning av trafik	1,14E-02	4,1	15%	4%	81%
Omfattande hopträngning och förflyttning av trafik	1,99E-02	4,3	16%	3%	81%

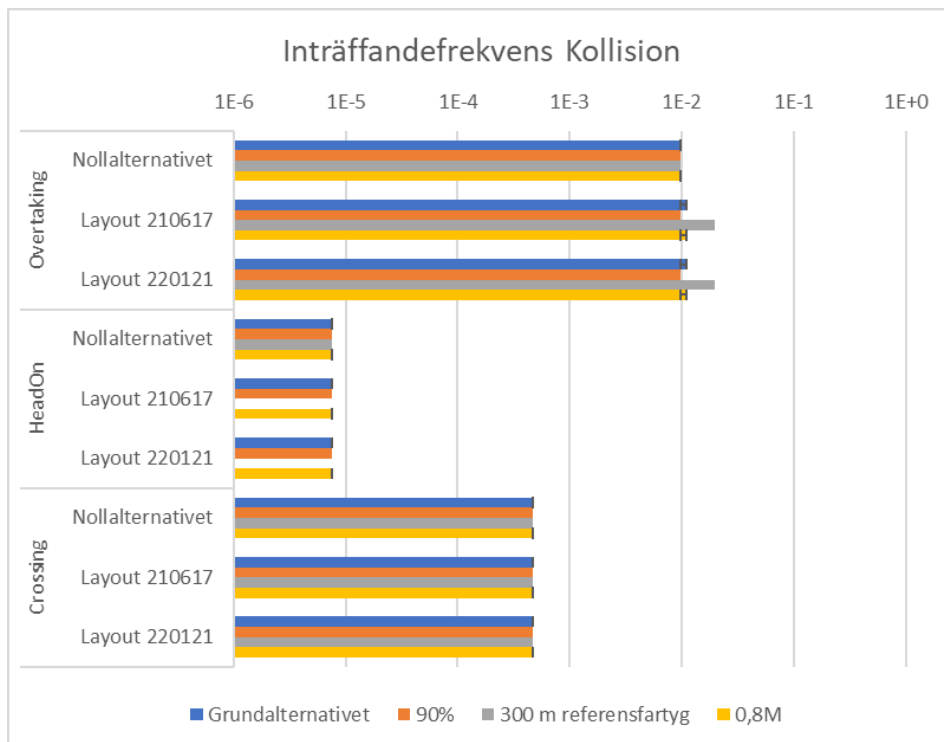
Som framgår av resultatet är påsegling med navigerande fartyg en *mycket till extremt sällsynt* händelse. Den exakta händelsefrekvensen varierar dock mycket för olika säkerhetsavstånd och olika antaganden om trafikmönster vilket gestaltas i Figur 10. Störst sannolikhet för påsegling med navigerande fartyg erhålls för osäkerhetsanalysfallen för Layout 210617 där ingen förändring antas i trafikmönstret gentemot idag.

Påsegling med drivande fartyg är en *trolig till sannolik* händelse. Säkerhetsavstånd och olika antaganden om trafikmönster har mycket liten betydelse för den beräknade frekvensen vilket också gestaltas i Figur 10.



Figur 10. Årliga sannolikheter för påsegling med navigerande fartyg (powered allision) och drivande fartyg (drifting allision) för olika parklayouter och säkerhetsavstånd respektive trafikmönster. De svarta strecken är osäkerhetsstaplar som indikerar hur resultatet påverkas av olika antaganden om trafikmönster. Notera att skalan är logaritmisk och att sannolikheten för påsegling (powered allision) med navigerande fartyg är flera tiopotenser lägre än sannolikheten för att fartyg driver in i vindkraftverk (drifting allision).

Beroende på antagande om trafikmönster erhålls olika resultat för kollisionsfrekvens. Som gestaltas i Figur 11 erhålls en liten ökning av frekvensen om trafiken trycks ihop, framför allt gällande omkörningskollision (overtaking).



Figur 11. Årliga sannolikheter för fartygskollision för olika parklayouter och säkerhetsavstånd respektive trafikmönster. Osäkerhetsstaplarna (som beräknas genom osäkerhetsanalysfallen och presenteras som mycket små svarta streck) indikerar hur resultatet påverkas av olika antaganden om trafikmönster. Notera att skalan är logaritmisk och att sannolikheten för omkörningskollisioner (overtaking) är flera tiopotenser högre än sannolikheten för frontalkollisioner (Head on).

5 Konsekvenser

I denna analys bedöms konsekvenser avseende människors hälsa och miljö. Förutom dessa förväntas skador på egendom (fartyg, last, vindkraftverk eller fundament). Konsekvensernas allvarlighetsgrad kategoriseras med hjälp av en skala i fyra steg, från *ingen allvarlig påverkan* till *katastrofal påverkan*, se Tabell 6. Skolor av denna typ är vanligt förekommande för att kategorisera olika händelser inom sjöfarten och baseras på exempel i IMO:s FSA-metodik (Maritime Safety Committee, 2018).

Tabell 6. Indelning av händelser utifrån allvarlighetsgrad som avspeglar en värsta trolig konsekvens av en olycka avseende dess påverkan på miljö samt människors säkerhet.

Index (SI)	Konsekvens	Påverkan på människors säkerhet (dödsfall)	Påverkan på miljö (oljeutsläpp)
1	Ingen allvarlig påverkan	Enstaka eller små skador (0,01)	Övergående eller kortvariga skador (1 ton spill)
2	Signifikant påverkan	Många eller allvarliga skador (0,1)	Långvariga skador (10 ton spill)
3	Allvarlig påverkan	Enstaka dödsfall eller flera allvarliga skador (1)	Omfattande spill med stor utbredning (100 ton spill)
4	Katastrofal påverkan	Flera dödsfall (10)	Permanent och omfattande skador (1 000 ton spill)

Olika konsekvenser förväntas för olika fartygstyper och händelser. Konsekvenserna för navigerande fartyg och drivande fartyg kan bli väldigt olika vilket beskrivs nedan.

Påsegling (navigerande fartyg) och fartygskollision (alla typer): En kollision eller påsegling med manöverdugligt fartyg sker i allmänhet i hög fart vilket innebär en stor kraft i sammanstötningen. Förloppet går ofta så snabbt att konsekvenslindrande åtgärder inte hinner vidtas.

Påsegling (drivande fartyg): En påsegling med drivande fartyg sker i fart av 1–2 knop vilket innebär mindre kraft i sammanstötningen än vid kollision eller påsegling i full hastighet. Under tiden som fartyget driver finns tid att evakuera passagerare och besättning och förbereda för sanering av ett eventuellt utsläpp. Här kan det också under gynnsamma förutsättningar finnas tid för att fartyget kan få undsättning av annat fartyg för att stoppa det drivande fartygets rörelse

mot vindkraftparken eller mötande fartygstrafik. Sammantaget bedöms konsekvenserna för drivande fartyg reduceras med upp till en faktor 10 jämfört med konsekvenserna för kolliderande fartyg eller ett manöverdugligt fartyg som seglar på ett vindkraftverk.

Antagande om allvarlighetsgrad för olika typer av olyckor och olika fartygstyper sammanfattas i Tabell 7.

Tabell 7. Uppskattad konsekvens vid olika typer av olyckor för olika fartygstyper.

Fartygstyp	Oljetankers ⁵		Passagerarfartyg		Övriga fartyg ⁶	
	Hälsa	Miljö	Hälsa	Miljö	Hälsa	Miljö
Påsegling (navigerande fartyg)	3	4	4	2	3	2
Påsegling (drivande fartyg)	2	3	3	2	2	2
Fartygskollision (alla typer)	3	4	4	2	3	2

Samma konsekvenser antas förenklat erhållas oavsett fartygsstorlek. Konsekvenserna är konservativt ansatta enligt jämförelse med inträffade olyckor (se sammanställning sist i detta dokument). I verkligheten är det mycket ovanligt med stora oljeutsläpp eller dödsfall vid påseglingshändelser (inga sådana händelser har identifierats vid litteraturstudie). Konsekvenserna i Tabell 7 bedöms därvid även beakta en framtida trafiksituation med större och tyngre fartyg.

I konsekvensuppskattningen beaktas inga rekommendationer på riskreducerande åtgärder för att minska risken. Däremot krediteras riskreducerande åtgärder som kan antas ingå i analysens grundförutsättningar och som är rimligt att förvänta utan att riktade åtgärder vidtas:

- att större oljefartyg som anlöper svensk hamn numera är utrustade med dubbelskrov till följd av MARPOL-konventionen,
- att drivande fartyg med viss sannolikhet går att återstarta,
- att vindkraftverk kan stoppas samt
- att evakuering av passagerare och förberedelser för att hantera ett oljespill initieras vid en olycka.

Däremot krediteras inte nödankring av ett drivande fartyg i analysen. Denna åtgärd antas alltid misslyckas, vilket är konservativt då ett fartyg i verkligheten eventuellt skulle kunna nödankra eller bromsa farten även vid mer än 50 meters djup.

⁵ Oljetankers omfattar förutom oil products tankers även crude oil tankers, chemical tankers och gas tankers.

⁶ Övriga fartyg omfattar fartygstyperna container ship, general cargo ship, bulk carrier, support ship, fishing ship, pleasure boat och other ship.

6 Riskuppskattning och värdering

Utifrån sannolikheten och konsekvenserna för respektive händelse uppskattas den av vindparken tillkommande risken, dvs den risk som ökar på grund av att en vindpark etableras i området jämfört med nuvarande risknivå (nollalternativet).

Riskvärderingen genomförs med hjälp av en riskmatris enligt Figur 12 där varje risk kategoriseras utifrån sannolikhet (frekvens) och konsekvens. Skalorna för konsekvens och sannolikhet definieras logaritmiskt för att underlätta riskrankning och validering. Riskindex beräknas som summan av index för frekvens och konsekvens. Matriser av denna typ är vanligt förekommande vid maritima riskbedömningar med avseende på miljökonsekvenser eller konsekvenser för tredje person (allmänheten).

		Konsekvens			
		1 <i>Ingen allvarlig påverkan</i>	2 <i>Signifikant påverkan</i>	3 <i>Allvarlig påverkan</i>	4 <i>Katastrofal påverkan</i>
Sannolikhet	6 Sannolikt <i>1 gång per år</i>	7	8	9	10
	5 Troligt <i>1 gång per 10 år</i>	6	7	8	9
	4 Oväntat <i>1 gång per 100 år</i>	5	6	7	8
	3 Sällsynt <i>1 gång per 1 000 år</i>	4	5	6	7
	2 Mycket sällsynt <i>1 gång per 10 000 år</i>	3	4	5	6
	1 Extremt sällsynt <i>1 gång per 100 000 år</i>	2	3	4	5

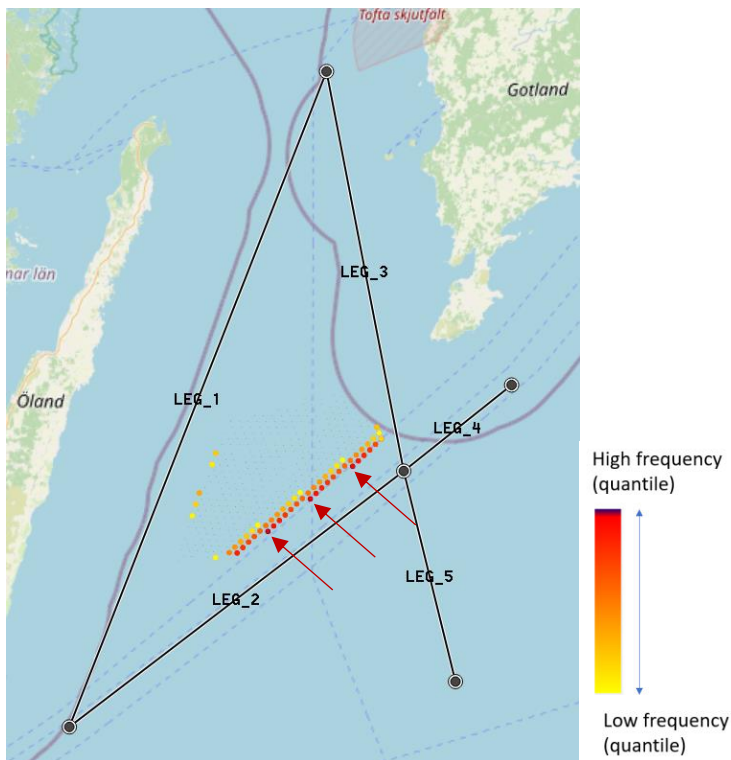
Figur 12. Riskmatris för värdering av navigationsrisker för energiparken. RI, riskindex⁷, ges av värdena i de färgkodade fälten.

- **Röda** risker (händelser med riskindex ≥ 8) värderas som oacceptabla. Scenarier som klassas som röda innebär sådan risk att riskreducerande åtgärder måste vidtas för att en acceptabel risknivå ska uppnås.
- **Gula** risker (händelser med riskindex ≥ 5) värderas som tolerabla om tekniskt och ekonomiskt rimliga åtgärder vidtas. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (*As Low As Reasonably Practicable*). För scenarier som klassas som gula måste riskerna noggrant beaktas och rimliga åtgärder för riskreduktion vidtas.
- **Gröna** risker (händelser med riskindex < 5) värderas som acceptabla. För scenarier som klassas som gröna bedöms riskerna vara så låga att riskreducerande åtgärder inte behöver vidtas.

6.1 Påsegling (navigerande fartyg)

Som framgår av Tabell 5 beräknas sannolikheten att ett manöverdugligt fartyg kör in i ett vindkraftverk till upp till $1,4 \cdot 10^{-5}$ per år motsvarande en återkomsttid på minst 73 000 år vilket klassas som *mycket* till *extremt sällsynt*. Den exakta händelsefrekvensen varierar dock för olika säkerhetsavstånd och olika antaganden om trafikmönster. Osäkerheterna är stora och om ingen trafikförflyttning antas blir frekvensen högre.

⁷ Riskindex är summan av frekvensindex och konsekvensindex. Risk brukar uttryckas som frekvens $\times$ konsekvens, och riskindex är i detta fall 10-logaritmen av frekvens $\times$ konsekvens.



Figur 13. Vindkraftverk som utgör risk för powered allision (figuren representerar det mest utmanande alternativet som utgörs av Layout 210617, grundalternativet (resultat för osäkerhetsanalysfall utan hopträngning av trafiken). Pilarna indikerar de vindkraftverk som är mest utsatta för påsegling av navigerande fartyg.

Det är huvudsakligen påsegling av de tre vindkraftverken i positioner närmast fartygsstråk Ölands södra udde – Finska viken (LEG_2) som driver risken, se Figur 13. Om trafiken antas ta kurs lite längre bort från dessa tre verk, alternativt om dessa verk inte anläggs, är sannolikheten för påsegling lägre⁸. I samtliga fall är dock den beräknade risken acceptabel, se Tabell 8.

⁸ Dessa tre verk står tillsammans för 38% av risken för *powered allision* i IWRAP samtidigt som de bara står för 0,8% av installerad effekt. En kontroll i IWRAP visar att risken för påsegling av navigerande fartyg är oförändrad för andra verk om de tre mest utsatta verken inte anläggs.

Tabell 8. Beräknad risk för påsegling (navigerande fartyg). Frekvensen representerar hur ofta händelsen förväntas inträffa. Typkonsekvensen representerar inte något enskilt fall utan är ett genomsnitt, viktat efter hur stor andel olika fartygstyper utgör av den totala olycksfrekvensen.

Färgerna på riskindex indikerar om risken kan anses acceptabel (grön) eller kräver åtgärder (gul). I de fall där risken utgörs av riskbidrag från flera olika händelser i samma kategori men med olika konsekvenser (t.ex. påsegling av vindkraftverk med oljetanker eller passagerarfartyg), beräknas den totala risken för påsegling som summan av de ingående riskbidragen.

Scenario	Frekvens			Typkonsekvens (SI)		Risk (RI)	
	Sannolikhet [per år]	Återkomsttid [år]	Frekvensindex (FI)	Antal omkomna per olyckstillfälle	Ton oljespill per olyckstillfälle	människor	miljö
Påsegling (navigerande fartyg)							
Layout 210617 – Grundalternativet	1,4E-05	73 100	1,1	1,0	197,6	4,1	4,4
Layout 210617 – 90%	1,8E-06	547 600	<1	1,0	196,9	3,3	3,6
Layout 210617 – 300 m*	-	-	-	-	-	-	-
Layout 210617 – 0,8 M	-	-	-	-	-	-	-
Layout 220121 – Grundalternativet	5,5E-07	1 829 600	<1	1,0	197,6	2,7	3,0
Layout 220121 – 90%	1,8E-06	559 200	<1	1,0	196,6	3,3	3,5
Layout 220121 – 300 m*	-	-	-	-	-	-	-
Layout 220121 – 0,8 M	-	-	-	-	-	-	-

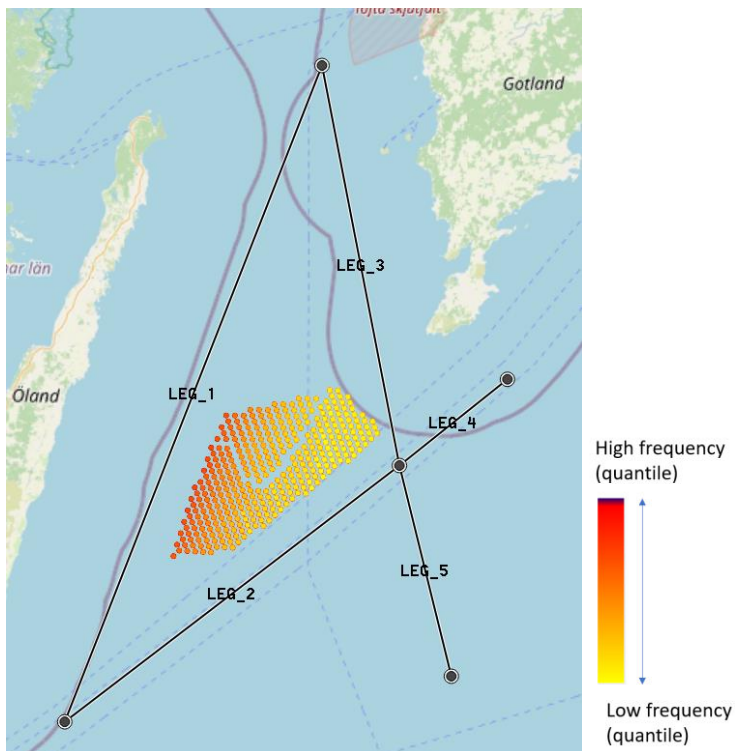
*Att risken är noll med 300 m referensfartyg liksom med 0,8 M avstånd beror på att all fartygstrafik i de scenarierna modelleras med ett avstånd till vindkraftverken som blir för stort för att påsegling med navigerande fartyg beräknas kunna ske.

2,5 M säkerhetsavstånd: Med större avstånd mellan fartygstrafik och vindkraftverk går sannolikheten för påsegling med manöverdugligt fartyg (precis som i analysfallet för 300 meters referensfartyg och med 0,8 M avstånd) mot noll och utgör en försumbar risk.

6.2 Påsegling (drivande fartyg)

Som framgår av Tabell 5 beräknas sannolikheten att ett drivande fartyg driver in i ett vindkraftverk till $3,2\text{--}3,5 \cdot 10^{-2}$ per år motsvarande en återkomsttid på 29–32 år vilket klassas som *troligt* till *sannolikt*.

Säkerhetsavstånd och olika antaganden om trafikmönster har mycket liten betydelse för den beräknade frekvensen.



Figur 14. Vindkraftverk som utgör risk för drifting allision (figuren representerar Layout 210617, grundalternativet).

Vindförhållandena gör att vindkraftverk längs fartygsstråket Ölands södra grund – Svenska Björn (LEG_1) löper en lite större risk att bli påseglade av ett drivande fartyg, se Figur 14. Risken är dock relativt jämnt fördelad över parken och inget verk bidrar med mer än 1% till den totala frekvensen.

I samtliga fall klassas den beräknade risken som ALARP, se Tabell 9. Notera att längre avstånd till vindkraftverken *inte* är en ändamålsenlig åtgärd för att minska denna risk.

Tabell 9. Beräknad risk för påsegling (drivande fartyg). Frekvensen representerar hur ofta händelsen förväntas inträffa. Typkonsekvensen representerar inte något enskilt fall utan är ett genomsnitt, viktat efter hur stor andel olika fartygstyper utgör av den totala olycksfrekvensen. Färgerna på riskindex indikerar om risken kan anses acceptabel (grön) eller kräver åtgärder (gul). I de fall där risken utgörs av riskbidrag från flera olika händelser i samma kategori men med olika konsekvenser (t.ex. påsegling av vindkraftverk med oljetanker eller passagerarfartyg), beräknas den totala risken för påsegling som summan av de ingående riskbidragen.

Scenario	Frekvens			Typkonsekvens (SI)		Risk (RI)	
	Sannolikhet [per år]	Återkomsttid [år]	Frekvensindex (FI)	Antal omkomna per olyckstillfälle	Ton oljespill per olyckstillfälle	människor	miljö
Påsegling (drivande fartyg)							
Layout 210617 – Grundalternativet	3,5E-02	29	4,5	0,1	27,3	6,6	7,0
Layout 210617 – 90%	3,2E-02	32	4,5	0,1	27,4	6,6	6,9
Layout 210617 – 300 m	3,5E-02	29	4,5	0,1	27,4	6,6	7,0
Layout 210617 – 0,8 M	3,3E-02	30	4,5	0,1	27,3	6,6	7,0
Layout 220121 – Grundalternativet	3,4E-02	29	4,5	0,1	27,4	6,6	7,0
Layout 220121 – 90%	3,4E-02	30	4,5	0,1	27,4	6,6	7,0
Layout 220121 – 300 m	3,4E-02	29	4,5	0,1	27,4	6,6	7,0
Layout 220121 – 0,8 M	3,4E-02	29	4,5	0,1	27,3	6,6	7,0

2,5 M säkerhetsavstånd: Sannolikheten för påsegling med drivande fartyg står i proportion till antalet vindkraftverk som fartyg kan driva in i. Avståndet är av mindre betydelse. Med 2,5 M avstånd minskar antalet turbiner med 20% och sannolikheten för påsegling med drivande fartyg minskar med 24% enligt en enkel kontroll i IWRAP givet oförändrat trafikmönster. Med 2,5 M säkerhetsavstånd erhålls ett riskindex på 6,5 för människor och 6,9 för miljön vilket gör att risken fortsatt klassas som ALARP.

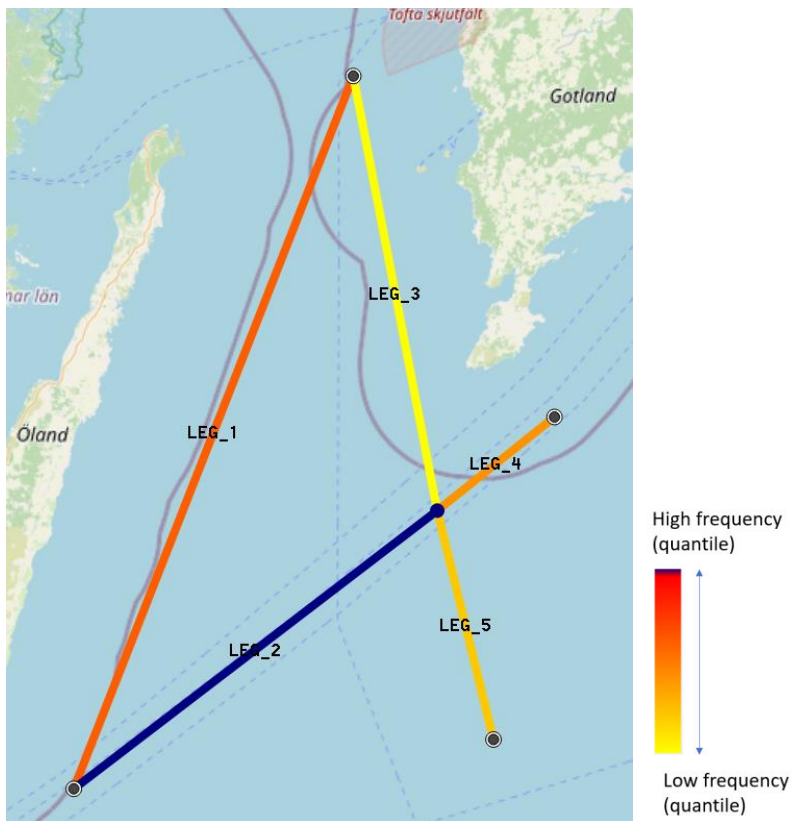
6.3 Fartygskollision

Som framgår av Tabell 5 ger ett förändrat trafikmönster upphov till förändrad sannolikhet för fartygskollisioner kring vindpark Aurora.

Antagen hopträngning och förflyttning av trafiken leder till ökad risk för omkörningskollisioner. Totalt sett är risken högst i stråken med mycket trafik.

Ökningen för det antagna scenariot uppgår till $1,4 \cdot 10^{-3}$ per år att en tillkommande olycka sker, vilket motsvarar en olycka vart 770:e år, jämfört med situationen utan vindpark. Detta klassas som *troligt* till *sällsynt* att det inträffar. Detta innebär ett relativt litet tillskott till den totala beräknade kollisionssannolikheten runt vindparken.

Säkerhetsavstånd har indirekt en betydelse för kollisionssannolikheten eftersom det är utgångspunkt för vilka antaganden om trafikmönster som kan göras.



Figur 15. Legs och nodpunkter med indikerad sannolikhet för fartygskollision (figuren representerar total kollisionssannolikhet vid antagen hopträngning och förflyttning av trafik).

Det är sannolikheten för omkörningskollisioner i främst fartygsstråk Ölands södra udde – Finska viken (LEG_2) som driver risken om trafiken trängs ihop.

Vid antagande om hopträngning i fartygsstråket klassas kollisionsrisken som ALARP oavsett antagande om trafikmönster, se Tabell 9.

Tabell 10. Beräknad risk för fartygskollision. Frekvensen representerar hur ofta händelsen förväntas inträffa inklusive de fartygskollisioner som förväntas även utan anläggande av vindparken. Typkonsekvensen representerar inte något enskilt fall utan är ett genomsnitt, viktat efter hur stor andel olika fartygstyper utgör av den totala olycksfrekvensen.

Färgerna på riskindex indikerar om risken kan anses acceptabel (grön) eller kräver åtgärder (gul). I de fall där risken utgörs av riskbidrag från flera olika händelser i samma kategori men med olika konsekvenser (t.ex. påsegling av vindkraftverk med oljetanker eller passagerarfartyg), beräknas den totala risken för påsegling som summan av de ingående riskbidragen.

Scenario	Frekvens			Typkonsekvens (SI)		Risk (RI)	
	Sannolikhet [per år]	Återkomsttid [år]	Frekvensindex (FI)	Antal omkomna per olyckstillfälle	Ton oljespill per olyckstillfälle	människor	miljö
Kollision, alla typer (absolut risk för olika trafikmönster inklusive kollisionsrisk utan vindpark)							
Oförändrat trafikmönster - Nollalternativet samt vissa andra analysfall, se Tabell 1	1,0E-02	99	4,0	1,4	161,5	7,1	7,2
Antagen hopträngning och förflyttning av trafik	1,1E-02	87	4,1	1,3	161,4	7,2	7,3
Omfattande hopträngning och förflyttning av trafik	2,0E-02	50	4,3	1,3	163,5	7,4	7,5

2,5 M säkerhetsavstånd: Ju större avståndet är mellan vindpark och fartygstrafik, desto mindre inverkan förväntas vindparken ha på trafikmönstret. Vid 2,5 M säkerhetsavstånd förväntas trafikmönstret vara oförändrat relativt nollalternativet. Antalet fartygskollisioner är därmed detsamma oavsett om en vindpark etableras eller ej. Risken för kollisioner, som föreligger oavsett om en vindpark byggs eller ej och således inte är orsakad av vindparken, motsvarar ett riskindex på 7,1 för människor och 7,2 för miljön vilket klassas som ALARP.

7 Resultatsammanfattning och riskreducerande åtgärder

Nedan sammanfattas resultatet av riskvärderingen. Av Tabell 11 och Tabell 12 framgår att värderingen av olika risker för vindparken är densamma oavsett avstånd mellan fartygsstråk och de närmsta vindkraftverken.

Risken för påsegling av vindkraftverk med navigerande fartyg är acceptabel både för Layout 210617⁹ och Layout 220121.

Risken för påsegling av vindkraftverk med drivande fartyg klassas som ALARP både för Layout 210617 och Layout 220121, vilket innebär att risker kan tolereras endast om rimliga åtgärder är vidtagna. I Tabell 11 föreslås möjliga åtgärder för att reducera risken. Ingen detaljerad genomgång av riskreducerande åtgärder och deras rimlighet görs.

Notera att längre avstånd till vindkraftverken inte är en ändamålsenlig åtgärd för att minska risken för påsegling med drivande fartyg. Vindkraftverken närmast fartygsstråken står bara för en liten del av den totala sannolikheten för påseglingshändelser. Fartyg driver i genomsnitt mycket längre än till närmsta vindkraftverk innan allision inträffar och ett ökat säkerhetsavstånd leder följaktligen inte till signifikant färre olyckor. Ju längre sträcka ett fartyg driver, desto mer tid finns för att evakuera passagerare och förbereda miljöräddningsinsatser innan en eventuell olycka inträffar. Att ett fartyg tappar framdrivningsförmågan och börjar driva direkt mot närmsta vindkraftverk utgör således bara en mycket liten andel av påseglingsolyckorna och ett ökat säkerhetsavstånd kommer följaktligen inte resultera i någon signifikant minskning av olycksrisken.

⁹ För Layout 210617 förutsätts att de sydvästgående fartyg som idag passerar närmast vindpark Aurora i fartygsstråk Ölands södra udde – Finska viken passerar med större avstånd från parken jämfört med dagens trafikmönster för att risken ska klassas som acceptabel. I ett osäkerhetsanalysfall där ingen förändring i trafikmönster antas klassas påseglingsrisken med navigerande fartyg för Layout 210617 annars som ALARP.

Tabell 11. Sammanfattning av riskbedömning av påseglingsrisk för olika layouter, samt relaterade riskreducerande åtgärder.

Layout	Risk för påsegling med navigerande fartyg		Risk för påsegling med drivande fartyg	
	människor	miljö	människor	miljö
Layout 210617 – Grundalternativet	acceptabel	acceptabel	ALARP	ALARP
Layout 210617 – 90%	acceptabel	acceptabel	ALARP	ALARP
Layout 210617 – 300 m	Ingen risk		ALARP	ALARP
Layout 210617 – 0,8 M	Ingen risk		ALARP	ALARP
Layout 220121 – Grundalternativet	acceptabel	acceptabel	ALARP	ALARP
Layout 220121 – 90%	acceptabel	acceptabel	ALARP	ALARP
Layout 220121 – 300 m	Ingen risk		ALARP	ALARP
Layout 220121 – 0,8M	Ingen risk		ALARP	ALARP
Exempel på riskreducerande åtgärder	Ingen riskreducerande åtgärd krävs då risken är acceptabel. Fotnot 9 belyser dock osäkerheter i värdering av Layout 210617. Om denna layout blir gällande och det bedöms att riskreducerande åtgärder behöver vidtas föreslås följande: Borttagning av tre vindkraftverk från Layout 210617 närmast fartygsstråket Ölands södra udde – Finska viken, visuell utmärkning, radio- och radarutmärkning, nödstopprutiner för vindturbin, rutiner för oljesanering, krisberedskapsplan i driftorganisationen, turbinutformning och påseglingsskydd.		Rimliga riskreducerande åtgärder behöver vidtas: Nödstopprutiner för vindkraftverk, rutiner för oljesanering, krisberedskapsplan i driftorganisationen, turbinutformning och förberedda planer för bogsering av drivande fartyg och evakuering av passagerare. Räddningsinsatser (sjöräddning, kustbevakning och bogserbåtar) kan kartläggas och vid behov kompletteras med interna resurser för räddningsinsatser i vindparken.	

Risken för fartygskollisioner klassas som ALARP redan med dagens trafik utan vindpark, vilket innebär att risker kan tolereras endast om rimliga åtgärder är vidtagna. Värderingen av risken är densamma även sett till de förändrade trafikmönster som en vindpark kan ge upphov till. Resultatet innebär att risker med dagens trafikmönster såväl som framtida trafikmönster kan tolereras om rimliga åtgärder är vidtagna.

Tabell 12. Sammanfattning av riskbedömning av fartygskollisionsrisk för olika antaganden om trafikmönster, samt relaterade riskreducerande åtgärder.

Trafikmönster	Risk för fartygskollision, totalt	
	människor	miljö
Oförändrat trafikmönster	ALARP	ALARP
Antagen hopträngning och förflyttning av trafik	ALARP	ALARP
Omfattande hopträngning och förflyttning av trafik	ALARP	ALARP
Exempel på riskreducerande åtgärder	Rimliga åtgärder behöver vidtas för att reducera den potentiellt tillkommande risken för fartygskollisioner, främst omkörningskollisioner i fartygsstråk Ölands södra udde – Finska viken: Övervakning, rutiner för oljesanering och krisberedskapsplan i driftorganisationen. Räddningsinsatser (sjöräddning, kustbevakning och bogserbåtar) kan kartläggas och vid behov kompletteras med interna resurser för räddningsinsatser i vindparken.	

2,5 M säkerhetsavstånd: Som framgår av avsnitt 6.1, 6.2 och 6.3 klassificeras risken för påsegling och fartygskollision med 2,5 M säkerhetsavstånd likadant som för de layouter och antaganden som redovisas i Tabell 11 och Tabell 12 (acceptabel risk för påsegling med navigerande fartyg och ALARP för påsegling med drivande fartyg).

8 Osäkerheter och osäkerhetsanalysfall

I följande avsnitt redovisas de källor till osäkerhet avseende data, parametrar, program och modell som har identifierats kopplat till den genomförda analysen.

De flesta osäkerheterna är kända i branschen och hanteras på liknande sätt (exempelvis genom osäkerhetsanalysfall) vilket garanterar en jämförbarhet mellan olika vindparker och analyser. De olyckor som rapporterats för området ligger i linje med de beräknade frekvenserna vilket indikerar att resultatet ligger i rätt härad.

Skillnader i trafikmönster mellan 2020 och 2022 kan noteras i AIS-data. IWRAP-modeller är därtill känsliga för val av parametrar och definition av legs. Storleksordningen på beräknade olycksfrekvenser är dock densamma oavsett trafikdataunderlag och definition av rutter vilket säkerställer en robusthet i resultaten.

Slutsatsen är att även om det finns osäkerheter så är de övergripande resultaten robusta och de framräknade frekvenserna bedöms hamna i rätt intervall även om siffrorna på decimalen får tolkas med viss försiktighet. Osäkerhetsanalysfall har tagits fram med slutsatsen att de flesta antaganden har liten resultatpåverkan. Undantaget är antaganden om framtida trafikmönster som visar sig ha stor betydelse för sannolikheten för att ett manöverdugligt fartyg styr in i ett vindkraftverk (powered allision), som står för en mindre del av det totala resultatet för allision.

8.1 Parametrar

I IWRAP görs många antaganden, bland annat om sannolikheter för mänskligt felhandlande och funktionsfel på fartyg liksom förutsättningar för reparation och nödankring. Gjorda antaganden redovisas sist i detta dokument.

För att få ett tillförlitligt resultat har huvudsakligen de förvalda inställningarna i IWRAP använts. Således ligger expertbedömningar av IALA bakom flera gjorda val vilket borgar för att rätt kompetens och erfarenheter ligger bakom de förvalda inställningarna och därmed minskar osäkerhetsmarginalen. Att använda de förvalda inställningarna innebär också att branschstandard följs vilket tillser att det finns en jämförbarhet mellan olika studier. Där de förvalda inställningarna har frångåtts är detta redovisat (se sist i dokumentet).

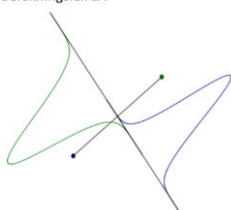
För att verifiera resultatets robusthet har tester gjorts för att studera betydelsen av osäkerheten hos olika antaganden i IWRAP. Flera av parametrarna står i direkt proportion till analysresultatet vilket innebär att osäkerhet kring parametrarna leder till lika stor osäkerhet i resultatet. Slutsatsen är att för de parametrar som har stor betydelse för resultatet (såsom *blackout frequency*) slår påverkan proportionellt på alla layouter. Det innebär att även om den beräknade absoluta risken är förbunden med viss osäkerhet så är det relativa resultatet desto mer tillförlitligt. För de parametrar som har liten betydelse för resultatet är osäkerheten av liten betydelse för resultatet.

8.2 AIS-data

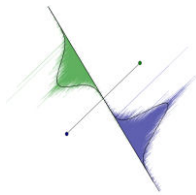
Informationen om fartygstrafiken som analysen bygger på, AIS-data, har hög tidsupplösning (minutskala) och bygger på såväl satellit- som landbaserade rapporter. Osäkerheten i uppgifterna om fartyg och deras positioner bedöms därför vara mycket liten. Den osäkerhet som föreligger är i stället att AIS-data saknar uppgifter om mindre, icke-kommersiell trafik. I huvudsak analyseras olycksrisken för och av handelsfartyg och andra större fartyg och i mindre omfattning studeras olycksrisker avseende fiske- och fritidsbåtar. Fiske- och fritidsbåtars ruttor är svåra att bedöma och förutsäga (Transportstyrelsen; Sjöfartsverket, 2009). Fritidsbåtar och lokala fiskebåtar kan emellertid störa den kommersiella trafiken och därmed utgöra en indirekt risk och kan påverka möjligheten för ett större fartyg att göra en undanmanöver. Ju fler fartyg, desto fler risker helt enkelt. Betydelsen av bristen på data om den privata trafiken bedöms vara liten eftersom det är den tunga trafiken som utgör det primära hotet i navigationsområdet. I projektområdet för vindpark Aurora rör sig förhållandevis få fritids- och fiskebåtar eftersom området ligger så pass långt ute till havs.

Skillnader i trafikmönster mellan 2020 och 2022 kan noteras i AIS-data. Se exempel på skillnad i lateral fördelning mellan Figur 16 och Figur 17 som visar ett överlapp mellan fartygsstråken 2020 och ett tydligt avstånd 2022. Förändringen innebär en minskad sannolikhet för kollision år 2022 jämfört med 2020.

Beräkningsfall 1A



Figur 16. Lateral fördelning AIS-data 2020 (LEG_2) – aktuellt trafikmönster utan vindpark.



Figur 17. Lateral fördelning AIS-data 2022 (LEG_2) – aktuellt trafikmönster utan vindpark.

Storleksordningen på beräknade olycksfrekvenser är dock densamma oavsett val av trafikdata vilket säkerställer en robusthet i resultaten.

8.3 IWRAP-modellen

IWRAP Mk2 är en validerad programvara. Att den Auroraspecifika modellen är korrekt säkerställs genom noggrann resultatgranskning och jämförelse med statistik över faktiska händelser som inträffat i området.

IWRAP-resultat är känsliga för hur rutter definieras (Hörteborn, 2021). Små variationer i antaganden kan ge stor resultatpåverkan. Därför har stor noggrannhet lagts vid att definiera legs så att deras bredd matchar trafikunderlaget.

Resultaten för omkörningskollision och frontalkollision är känsliga för kurvanpassning av de laterala fördelningarna. Noggrann granskning av fördelningsfunktionerna görs därför. Summan av de båda kollisionstyperna är dock mer robust.

Trafik som inte följer etablerade fartygsstråk exkluderas från modellen. Därvid underskattas olycksfrekvensen i beräkningarna för såväl nollalternativet som för de analyserade parklayouterna.

Det som kan konstateras är att trafiken över Aurora i nollalternativet utgör en liten del av den totala trafiken men ändå kan tänkas bidra till olycksrisken eftersom den inte följer etablerade fartygsstråk utan korsar eller ansluter till dessa på oväntade ställen. När parken anläggs förväntas trafiken flytta in i de etablerade fartygsstråken vilket leder till en marginellt högre olycksfrekvens i fartygsstråkens etablerade korsningar, men en lägre olycksfrekvens vid de informella korsningspunkterna.

Osäkerheternas påverkan på resultatet är störst för de beräknade frekvenserna för fartygskollision. Den frekvens som påverkas mest vid etablering av vindparken – allision – är inte lika känslig för antagandena. Att det följer en stor osäkerhet med varje beräknat värde har därför en liten betydelse för slutsatserna avseende allisionsfrekvens.

Resultatet för allision med manöverdugligt fartyg är känsligt för hur modellen har definierats med avseende på bredd på legs. Eftersom denna frekvens ger ett mycket litet bidrag till den totala olycksfrekvensen (och i samtliga fall beräknats vara *mycket till extremt sällsynt*) så är betydelsen av denna osäkerhet mycket liten.

8.4 Framtida trafikflöden

Osäkerheten i antagandet om framtida trafikflöden undersöks genom osäkerhetsanalysfall där risktillskottet för vindkraftsparken vid dagens trafikflöde jämförs med risktillskottet vid 50% mer trafik.

Resultatet kan sammanfattas enligt följande:

- Sannolikheten för allision ökar med 50% när trafiken ökar med 50%
 - Sannolikheten för kollision ökar med 125% när trafiken ökar med 50%
- Detta gäller oavsett om en vindpark etableras eller ej

Slutsatsen är att ökningen av antalet fartygskollisioner till följd av ökade trafikflöden är att vänta oberoende av om vindparken anläggs eller ej. Antalet

händelser där fartyg seglar på vindkraftverk beror på antagandet om framtida trafikvolym där frekvensen är direkt proportionell mot mängden trafik.

Ökningen av framtida godsvolymer kan eventuellt leda till ökad storlek på fartyg i stället för ökning i antal transporter. Genom att konsekvenser har ansatts konservativt tas det höjd för denna osäkerhet i riskuppskattningen.

8.5 Hopträngning av trafik

Osäkerheten i antagandet om trafikmönster efter vindparksetablering undersöks genom att jämföra de beräknade olycksfrekvenserna om trafiken är oförändrad jämfört med om trafiken trängs ihop enligt olika antaganden. Resultatet kan sammanfattas enligt följande:

- Sannolikheten för påsegling med manöverdugligt fartyg minskar om trafiken positionerar sig längre bort från vindparken, vilket är förväntat sett till motivet bakom trafikförflyttningen. Sannolikheten för påsegling med drivande fartyg påverkas dock mycket lite av de olika antagandena och eftersom denna händelse utgör det dominerande bidraget så påverkas den totala sannolikheten för påsegling mycket lite om trafiken trängs ihop
- Sannolikheten för kollision ökar i fartygsstråken om trafiken tränger ihop sig. Om trafikens medelavstånd förskjuts ökar sannolikheten för frontalkollision (eftersom fler fartyg får möte). Ökningen sker från mycket låga nivåer. Om standardavvikelsen minskas så ökar sannolikheten för omkörningskollisioner. Sannolikheten för övriga typer av fartygskollisioner påverkas inte av antagande om hopträngning

Slutsatsen är att olika antaganden om trafikmönster har en liten betydelse för den beräknade sannolikheten för en kollision. Om trafiken närmast parken börjar positionera sig längre ifrån parken minskar visserligen den redan mycket låga sannolikheten för att köra in i ett vindkraftverk (powered allision), men samtidigt ökar sannolikheten för kollision något.

9 Diskussion och slutsatser

Påsegling av vindkraftverk med navigerande fartyg beräknas vara en *mycket till extremt sällsynt* händelse och risken klassas som acceptabel. För Layout 220121 gäller detta oavsett antagande om trafikmönster medan det för Layout 210617 förutsätter att trafiken förflyttas lite bort från parken. Det är huvudsakligen påsegling av de tre vindkraftverken i positioner närmast fartygsstråk Ölands södra udde – Finska viken i sydost som driver risken.

Påsegling av vindkraftverk med drivande fartyg beräknas vara en *trolig till sannolik* händelse som beräknas inträffa cirka vart 30:e år. Givet konservativa analysantaganden (såsom att nödankring alltid misslyckas) klassas risken som ALARP varvid rimliga riskreducerande åtgärder bör vidtas. Notera att längre avstånd till vindkraftverken inte är en ändamålsenlig åtgärd för att minska denna risk.

Om etablering av parken leder till hopträngning och förflyttning av trafik ökar risken för fartygskollisioner. Huvuddelen av kollisionrisken föreligger dock även utan vindpark så påverkan på den totala risken är begränsad.

Nyttan med ett säkerhetsavstånd på 2,5 M från etablerade fartygsstråk leder inte till någon signifikant minskad risk för påsegling eller fartygskollision:

- Risken för påsegling av vindkraftverk med navigerande fartyg är fortsatt acceptabel (försumbar)
- Risken för påsegling av vindkraftverk med drivande fartyg är fortsatt ALARP (inträffandefrekvensen sjunker i motsvarande storleksordning som minskningen i installerad effekt)
- Risken för fartygskollisioner är oförändrad gentemot risken om ingen vindpark byggs. Risken klassas oavsett som ALARP

Sammanfattningsvis bedöms nyttan med ett generellt ökat säkerhetsavstånd vara liten och det är således inte motiverat ur ett riskperspektiv med ett större avstånd än i föreslagna parklayouter. För Layout 210617 rekommenderas enstaka vindkraftverk inte anläggas närmast fartygsstråket Ölands södra udde – Finska viken då dessa är särskilt utsatta för risken för påsegling med manöverdugligt fartyg.

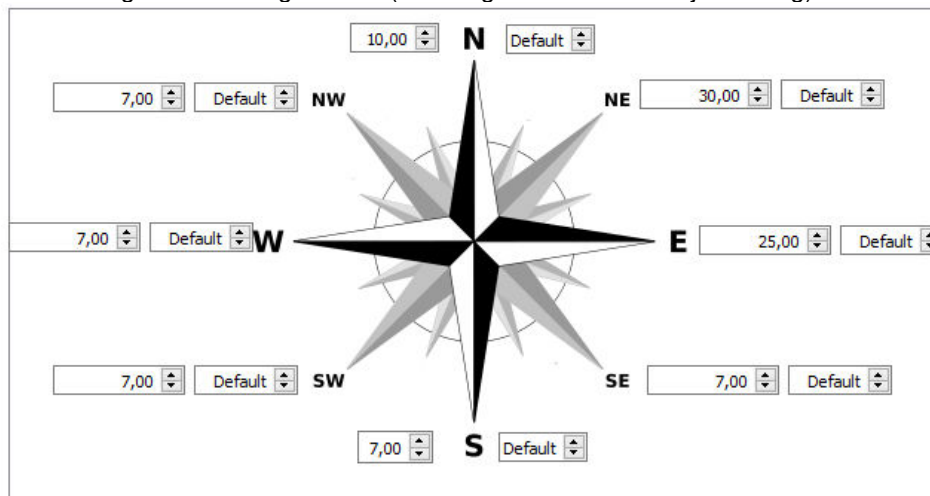
10 Referenser

- Anatec. (2016). *Influence of UK Offshore Wind Farm Installation on Commercial Vessel Navigation: A Review of Evidence*. Anatec Limited.
- Engberg, P. (2019). *IWRAP Mk2*. project44 A/S. Hämtat från https://www.iala-aism.org/wiki/ialawiki/images/5/5a/20191201_lwrap_mk2.pdf
- Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation. (2019). *Allision between VOS STONE and a wind turbine on 10 April 2018 in the Baltic Sea. Investigation Report 118/18*. Hamburg: Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation.
- Hörteborn, A. (2021). *Ship Behaviour and Ship-Bridge Allision Analysis. Thesis for the Degree of Licentiate of Engineering*. Göteborg: Chalmers University of Technology.
- 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. Final Report*. Jersey Maritime Administration.
- MAIB. (2013). *Accident report No 23/2013*. Southampton: MAIB (Marine Accident Investigation Branch).
- Maritime Safety Committee. (2018). *Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for Use in the IMO Rule-Making Process*. London: IMO (International Maritime Organization).
- SSPA. (2022). *Nautisk riskanalys Aurora. RE20201084-01-00-C*. Göteborg: SSPA.
- Sweco. (2023). *Bilaga om säkerhetsavstånd och trafikfördelning*. Göteborg: Sweco.
- Trafikverket. (den 26 september 2022). *Trafikverkets riksintresseanspråk*. Hämtat från Trafikverkets beslutade riksintressen: <https://bransch.trafikverket.se/contentassets/ad2acb473a5049dc932856cc04150c68/forteckning-over-trafikverkets-riksintresseansprak.xlsx>
- Transportstyrelsen; Sjöfartsverket. (2009). *Vägledning vid projektering och riskanalys av vindkraftsetablering utmed svenska kusten*.
- Vattenfall. (2022). *Vattenfall*. Hämtat från Schade aan windpark Hollandse Kust Zuid na aanvaring door vrachtschip Julietta D: <https://group.vattenfall.com/nl/newsroom/persbericht/2022/schade-aan-windpark-hollandse-kust-zuid-na-aanvaring-door-vrachtschip-julietta-d> [2022-02-02]

Antaganden och parametrar i IWRAP

I analysen används IWRAP:s förvalda parametrar och antaganden, med följande justeringar och kompletteringar:

- Trafikens laterala fördelningar i fartygsstråken runt Aurora antas följa en normalfördelning i respektive färdriktning
- Sannolikheten att ett fartyg får blackout höjs till 0,7 per fartygsår för passagerarfartyg samt Ro-Ro-fartyg och till 1,75 per fartygsår för resterande fartygstyper
- Nödankring krediteras ej
- Driftriiktning ansätts enligt nedan (lika lång driftsträcka i varje riktning):



Frekvenser (decimal form)

Tabellen redovisar beräknade resultat för fartygskollision och påsegling av vindkraftverk (allision) och motsvarar Tabell 3 men i decimal form. Beräknad sannolikhet per år för nollalternativet (området utan vindpark) samt för de båda alternativa layouterna inklusive känslighetsanalysfall där vindkraftverken representeras med en diameter på 20 meter.

Analysfall	Nollalternativet	Layout 210617				Layout 220121			
	Ingen park	Grundalter nativet	90%	300 m	0,8 M	Grundaltern ativet	90%	300 m	0,8 M
Allision [per år]	---	0,035	0,032	0,035	0,033	0,034	0,034	0,035	0,034
- varav allision med manöverdugligt fartyg, <i>powered allision</i>	---	0,000014	0,0000018	---	---	0,00000055	0,0000018	---	---
- varav allision med drivande fartyg, <i>drifting allision</i>	---	0,035	0,032	0,035	0,033	0,034	0,034	0,035	0,034
Kollision [per år]	0,010	0,011	0,010	0,020	0,011	0,011	0,010	0,020	0,011
- varav omkörningskollision, <i>overtaking collision</i>	0,010	0,011	0,0096	0,019	0,011	0,011	0,0096	0,019	0,011
- varav frontalkollision, <i>head-on</i>	0,0000075	0,0000075	0,0000075	---	0,0000075	0,0000075	0,0000075	---	0,0000075
- varav korsningskollision, <i>crossing collision</i>	0,00047	0,00047	0,00047	0,00047	0,00047	0,00047	0,00047	0,00047	0,00047
- varav sammanvävnings- kollision, <i>merging collision</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---
- varav svängkollision, <i>bend collision</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Erfarenheter från tidigare olyckor

Tabellen redovisas tidigare inträffade händelser i världen där fartyg drivit eller kört in i vindkraftverk. Identifiering av tidigare olyckor har gjorts genom att söka i databaser, artiklar och haveriutredningar på internet. Syftet är att kartlägga förlopp och tänkbara konsekvenser. Listan gör inga anspråk på att vara fullständig.

Händelse	Beskrivning	Konsekvens människa	Konsekvens miljö
Arbetsfartyg i parken kolliderar med ett vindkraftstorn (MAIB, 2013)	2012-11-21: Personalfartyget Island Panther körde in i en ej upplyst del av en turbin vid Sheringham Shoal vindkraftpark i en fart av 12 knop. Det var natt och hårt väder och befälet förlitade sig inte på radar pga risken för störningar.	Både personal och passagerare fick skador som inte var livshotande (hjärnskakning, bruten arm, skador av krossat glas, käkskador, skador på bröst och rygg).	Skada på för och skrov men inga utsläpp.
Arbetsfartyg i parken kolliderar med ett vindkraftstorn (Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation, 2019)	2018-04-10: Servicefartyget Vos Stone kolliderade med en turbin under konstruktionsfasen av vindkraftparken Arkona Becken Südost i Östersjön. Orsaken anges vara ett test av nödstyrssystemet som ledde till förlorad kontroll över fartyget.	Tre besättningsmedlemmar ombord på fartyget fick mindre skador.	Skada på fartyg och plattform men inga utsläpp.
Arbetsfartyg i parken kolliderar med ett vindkraftstorn (Jersey Maritime Administration, 2020)	2020-04-23: Servicefartyget Njord Forseti kör i en fart av 20 knop in i fundamentet till en vindturbin vid Borkum Rifgrund vindkraftpark i Nordsjön. Befälhavaren uppges ha justerat VHF och därvid varit distraherad från sin primära uppgift i strid mot regel 5 i COLREG.	Två passagerare evakuerades till sjukhus, och en tredje genomgick senare medicinsk undersökning. Samtliga lämnade sjukhuset inom ett dygn.	Skada på skrov men inga utsläpp.
Fraktfartyg förlorar framdrivningsförmåga och driver in i ett fundament (Vattenfall, 2022)	2022-01-31: Bulkfartyget Julietta D drev in i ett monopilefundament till en planerad vindturbin i vindkraftparken Hollandse Kust Zuid, och stötte även i en jacket till en plattform i parken. Fartyget hade drivit i flera timmar efter en kollision med ett annat fartyg.	Fartyget hade evakuerats på sina 18 passagerare med helikopter innan sammanstötningen varvid ingen kom till skada i vindkraftparken. Personal skadades dock i samband med räddning och bogsering.	Fartygets var skadat sedan den tidigare kollisionen och tog in vatten men inga utsläpp har rapporterats.
Navigerande fartyg seglar på vindkraftverk (olycksutredning ej publicerad)	2023-04-05: Fraktfartyget Petra L. körde in i ett vindkraftverk. Preliminära uppgifter anger att fartyget befann sig på fel kurs och körde in i ett vindkraftverk. Olycksutredning pågår.	Inga skadade rapporteras.	Ett hål på 3 meter x 5 meter i skrovet men inga rapporterade utsläpp.

Together with our clients
and the collective
knowledge of our 18,500
architects, engineers and
other specialists, we co-
create solutions that
address urbanisation,
capture the power of
digitalisation, and make our
societies more sustainable.

Sweco – Transforming
society together