

Detta är en rapport som har tagits fram på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten och innebär inte något ställningstagande från Havs- och vattenmyndighetens sida.

Havs- och vattenmyndigheten
Datum: 2018-02-06

Omslagsbild: Från rapport
ISBN 978-91-87967-84-9

Havs- och vattenmyndigheten
Box 11 930, 404 39 Göteborg
www.havochvatten.se

SSPA Sweden AB, rapport Nr: RE20178454-01-00-B, 2017-11-03
Projektledare: Björn Forsman, Författare: Nelly Forsman

Sjöfartsanalyser i havsplaneringen

Konsekvenser av möjlig omdirigering av fartygstrafik kring tre planerade vindbruksområden: Södra Skåne, Långgrund utanför Norrköping/Oxelösund och Campsgrund i Gävlebukten

Björn Forsman och Nelly Forsman, SSPA Sweden AB

Havs- och vattenmyndighetens rapport 2017:35

Förord

Havs- och vattenmyndigheten har i uppdrag att ta fram förslag på statliga havsplaner som ska visa den mest lämpliga användningen i olika havsområden. Planeringen bygger på ett omfattande underlag inklusive särskilt tillsatta utredningar i frågor där planeringsrelevant kunskap saknas. Denna studie utreder och redovisar konsekvenserna av möjliga omdirigeringar i fartygstrafiken kring tre planerade vindbruksområden avseende bränsleförbrukning, emissioner, tidsåtgång samt olycksrisker. Utredningen omfattar tre områden vid södra Skåne, Gävlebukten och Långgrund utanför Norrköping/Oxelösund. Utredningens syfte är att öka förståelsen för de konsekvenser som en framtida förändring av sjöfartens rörelser skulle kunna medföra. Utredningen har tagits fram av SSPA Sweden AB som ansvarar för rapportens innehåll.

Göteborg, februari, 2018

Björn Sjöberg

Chef för Avdelningen för havs- och vattenförvaltning

Sammanfattning

I sitt uppdrag att ta fram havsplaner identifierar Havs- och vattenmyndigheten (HaV) bl.a. ytor för; *användningsområde sjöfart*. I vissa fall måste dessa anpassas till andra identifierade användningsområden, såsom exempelvis *energiproduktion* och planerade vindbruksprojekt. På uppdrag av HaV har SSPA analyserat möjliga omdirigeringsalternativ för sjöfarten kring tre olika planerade vindbruksområden genom att jämföra dagens sjötrafik och konsekvenserna av olika omdirigeringsalternativ vad avser bränsleförbrukning och -kostnader, tidsåtgång, avgasemissioner samt olycksrisker.

AIS-registreringar från 2016 och kompletterande fartygsdata används för att beräkna fartygens framdrivningsmotstånd, effektbehov samt bränsleförbrukning. Inverkan av vattendjupet på framdrivningsmotståndet beaktas särskilt och detaljerade djupdata hämtas från EMODnet. Bedömning av om och hur omdirigeringarna påverkar grundstötnings- och kollisionsrisker görs med ledning av resultat framtagna med beräkningsprogrammet IWRAP Mk2. De tre analyserade områdena omfattar:

- Södra Skåne – För trafikflödet med ca 16 000 fartygspassager per år mellan Falsterborev och Bornholmsgattet utreds omdirigering till en något sydligare rutt. Härigenom ökas avståndet till ett planerat vindkraftsområde söder om Trelleborg.
- Långgrund utanför Norrköping/Oxelösund – Ca 850 fartyg per år passerar idag på olika rutter genom ett planerat vindkraftsområde och omdirigering till ett stråk söder om vindkraftsområdet utreds.
- Gävlebukten – Ett vindkraftsområde utreds vid Campsgrund och omdirigeringsförslaget innebär att ca 1 400 fartygspassager samlas till ett stråk norr om grundet.

För södra Skåne visar konsekvensberäkningarna för omdirigeringen på en mycket liten förbrukningsökning; ca 0,13 % och en förlängd passagetid av endast ca 1 minut. Grundstötnings sannolikheten ökar inte nämnvärt av omdirigering jämfört med nuläget. Beräkningarna indikerar en liten ökning av kollisioner vid omkörningar men i praktiken bedöms ändå en föreslagen ny TSS bidra till ökad säkerhet och minskad kollisionsrisk för omdirigeringsalternativet.

För Långgrund innebär omdirigeringen att ett fåtal fartyg får upptill 45 % längre distans, men totalt ökar förbrukningen med 13 % för trafik som berörs av omdirigeringen. Grundstötningsriskerna påverkas inte av omdirigeringen men IWRAP-beräkningarna indikerar en liten ökning av kollisionsrisker. Beräknad ökning kan delvis förklaras av förlängd distans. Nuvarande lokalisering av ankringsplats B innebär att omdirigerat trafikflöde kan komma att passera nära ankarliggare och omlokalisering bör övervägas.

För Gävle innebär omdirigeringen förlängd distans av ca 1,3 nm, men medför ändå en minskning av den totala bränsleförbrukningen av ca 3,1 %, till följd av minskad inverkan av grunt vatten. Ökade marginaler till Campsgrund och grunda kustområden medför något mindre grundstötningsrisker, men beräkningarna indikerar något ökade kollisionsrisker genom att flera trafikflöden samlas. Farledsutrymmet kring det omdirigerade trafikflödet bedöms dock var tillräckligt för att säkerställa god kollisionssäkerhet.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
1 Inledning	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Syfte	8
1.3 Omfattning.....	8
1.3.1 Södra Skåne.....	9
1.3.2 Långgrund.....	9
1.3.3 Gävlebukten	10
1.4 Genomförande och metodik	11
2 Trafikanalys	12
2.1 Södra Skåne	12
2.1.1 Nulägesbild av sjötrafiken - passagestatistik.....	13
2.1.2 Omdirigering	16
2.2 Långgrund	17
2.2.1 Nulägesbild av sjötrafiken – Passagestatisk och ankarliggare.....	18
2.2.2 Omdirigering	22
2.3 Gävlebukten.....	23
2.3.1 Nulägesbild av sjötrafiken – Passagestatistik Campsgrund	23
2.3.2 Omdirigering	28
2.4 Finngrunden.....	29
2.4.1 Passagestatistik väster om Finngrunden.....	29
2.4.2 Passagestatistik öster om Finngrunden	31
3 Konsekvensberäkningar - metodik	33
3.1 AIS- och fartygsdata	33
3.2 Vattendjup och bottentopografi.....	33
3.3 Rutter och hastighetsvillkor	34
3.4 Framdrivningsmotstånd på djupt vatten - ITTC 78.....	35
3.5 Motståndsökning på grunt vatten – empiriskt underlag SWABE	35
3.6 Motståndsökning på grunt vatten – teoretiska CFD-beräkningar	36
3.7 Beräkning av energibehov.....	37
3.8 Bränsletyper och specifik bränsleförbrukning.....	38
3.9 Emissionsberäkningar – specifika emissionsfaktorer	38
3.10 Bränslekostnader och externa emissionskostnader.....	39
3.11 Grundstötnings- och kollisionsrisker	40
4 Resultatredovisning	42
4.1 Södra Skåne	43
4.1.1 Bränsleförbrukning och -kostnader.....	43
4.1.2 Emissionsuppskattningar och externa kostnader	43
4.1.3 Tidsåtgång	43
4.1.4 Grundstötnings- och kollisionsrisker	44
4.2 Långgrund utanför Norrköping/Oxelösund	46

4.2.1	Bränsleförbrukning och -kostnader.....	46
4.2.2	Emissionsuppskattningar och externa kostnader	46
4.2.3	Tidsåtgång	47
4.2.4	Grundstötnings- och kollisionsrisker.....	47
4.3	Gävlebukten.....	49
4.3.1	Bränsleförbrukning och -kostnader.....	49
4.3.2	Emissionsuppskattningar och externa kostnader	49
4.3.3	Tidsåtgång	50
4.3.4	Kollisions- och grundstötningsrisker	50
5	Slutsatser	52
5.1	Bränsleförbrukning, distanser och emissioner	52
5.1.1	Södra Skåne – miljö/kostnader.....	52
5.1.2	Långgrund – miljö/kostnader.....	52
5.1.3	Gävle – miljö/kostnader.....	52
5.2	Kollisions- och grundstötningsrisker	52
5.2.1	Södra Skåne - risker	52
5.2.2	Långgrund - risker	53
5.2.3	Gävle - risker	53
6	Referenser	55

1 Inledning

Med utgångspunkt i Havsplaneringsförordningen (SFS 2015:400) arbetar Havs- och vattenmyndigheten (HaV) för närvarande med att ta fram havsplaner för Sverige. Planerna skall bl.a. identifiera ytor för; användningsområde sjöfart och i vissa fall anpassa dessa i förhållande till andra användningsområden såsom exempelvis energiproduktion och planerade vindbruksprojekt.

Havsplaneringsuppdraget omfattar svensk ekonomisk zon samt territorialhav från 1 nm¹ utanför den svenska baslinjen och indelas i tre regionalt skilda områden; Västerhavet, Östersjön och Bottniska viken.

För att komplettera befintligt planeringsunderlag har HaV anlitat SSPA för att utreda konsekvenserna av, och jämföra dagens sjötrafik med, olika omdirigeringsalternativ i tre olika områden; Södra Skåne och Långgrund utanför Norrköping/Oxelösund (Havsplan Östersjön) samt Gävlebukten (Havsplan Bottniska viken).

1.1 Bakgrund

HaVs uppdrag är att samordna svensk havsplanering och föreslå hur olika samhällsintressen såsom skydd av känsliga havsmiljöer, områden för energiproduktion och sjöfartens effektivitetskrav kan tillgodoses med minsta möjliga konflikter. I vissa områden med potentiella intressekonflikter kan omdirigering av fartygstrafik aktualiseras, och SSPA har i tidigare utredningar undersökt vilka konsekvenser sådana åtgärder kan medföra vad gäller tidsåtgång, bränsleförbrukning, emissioner och olycksrisker.

Tidigare uppdrag har bl.a. omfattat omdirigering från dagens rutt söder om Gotland vid Hoburgs bank (Forsman, 2017), liksom trafiken norr om Gotland vid Salvorev samt konsekvenser av ett nytt ruttsystem för trafiken genom Kattegatt mellan Skagen och Öresund (SSPA, 2017). För samtliga konsekvensberäkningar har inverkan av begränsat vattendjup bedömts vara betydelsefull för konsekvensernas omfattning, och en särskild beräkningsmetodik har utvecklats för att specifikt beakta dessa effekter.

1.2 Syfte

Denna studie syftar till att utreda och beräkna konsekvenserna av möjliga förändringar i fartygstrafiken för tre utvalda områden. Studien ska ge HaV ett objektivt och välunderbyggt underlag för att motivera och förankra alternativt förkasta eventuella förslag till omdirigering av fartygstrafik, som kan komma att presenteras i de havsplaneringsdokument som nu utarbetas.

1.3 Omfattning

Studien omfattar följande tre geografiska områden; södra Skåne, Gävlebukten och Långgrund utanför Norrköping/Oxelösund, för vilka konsekvenserna av omdirigeringar av sjöfarten beräknas och jämförs med dagens fartygsrörelser. Konsekvensberäkningar av omdirigeringar i respektive område omfattar;

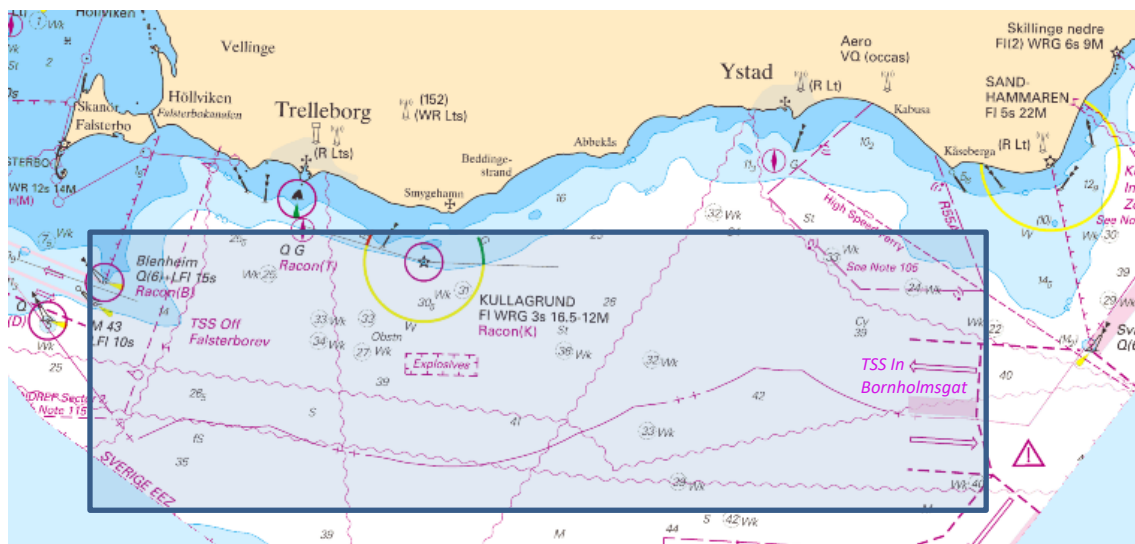
¹ nm, nautisk mil. 1 nm = 1 852 m.

bränsleförbrukning och -kostnader, tidsåtgång, avgasemissioner av koldioxid (CO_2), svaveloxid (SO_x/SO_2), kväveoxider (NO_x/NO_2) och partiklar (PM/PM_{10}). samt grundstötnings- och kollisionsrisker. För de kvantitativa beräkningarna beaktas bl.a. inverkan av begränsat vattendjup. För Långgrund omfattas även påverkan på ankringsbehoven i området. Delutredning Gävlebukten omfattar även redovisning av fartygstrafiken kring Finngrund i form av fartygstyper, trafikfrekvenser och fartygens destinationer.

1.3.1 Södra Skåne

Delutredning södra Skåne avgränsas geografiskt i väst-östlig riktning till området mellan två trafiksepareringsområden, TSS (*Traffic Separation Scheme*); *TSS Off Falsterborev* i väster och *TSS In Bornholm gat* i öster. Trafik som korsar passagelinjer vid de båda TSS:erna samt trafik som har start- eller destinationshamn längs den svenska kuststräckan mellan de båda TSS:erna omfattas av analysen.

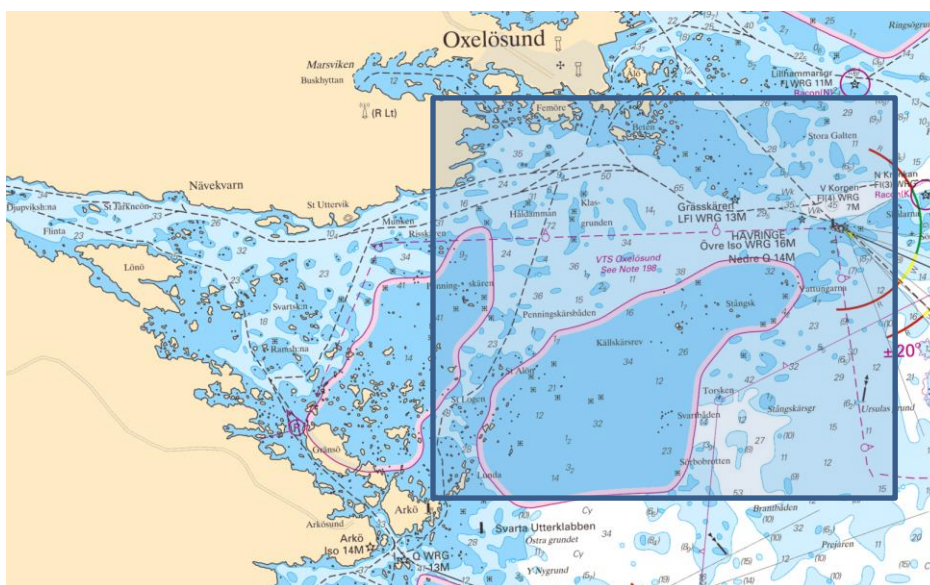
Figur 1.1 visar ungefärligt område inom vilket fartygsrörelser analyseras.



Figur 1.1. Aktuellt analysområde; södra Skåne. [© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

1.3.2 Långgrund

Utredning Långgrund avgränsas geografiskt till området utanför Norrköping/Oxelösund, primärt analyseras trafiken förbi Långgrund, se Figur 1.2.

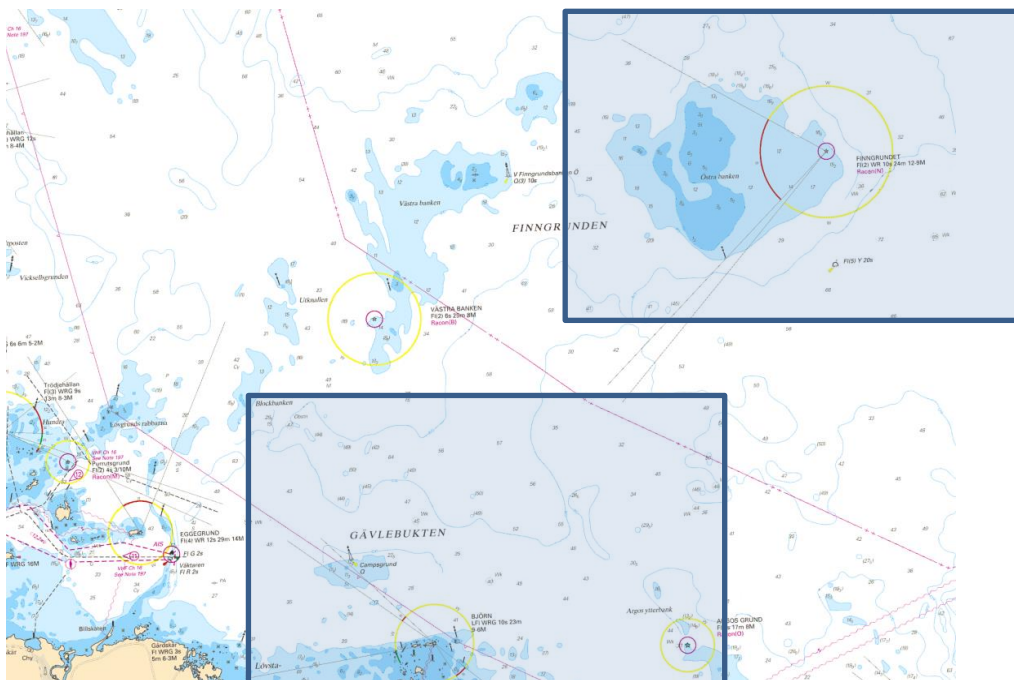


Figur 1.2. Aktuellt analysområde; Långgrund. [© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

Utredningen omfattar ett (alternativ 1) av havsplanens två alternativ samt en jämförelse med dagens fartygsrörelser.

1.3.3 Gävlebukten

Delutredning Gävlebukten avgränsas geografiskt primärt till området kring Campsgrund. Områdets yttre rand definieras av ett antal passagelinjer. Sjötrafikanalysen omfattar dock även trafiken som passerar över/mellan samt direkt väster och öster om Finngrundens samt runt Storgrundens, se Figur 1.3. Även detta område definieras med ett antal passagelinjer.



Figur 1.3. Aktuellt analysområde; Gävlebukten. [© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

1.4 Genomförande och metodik

SSPA har tillgång till detaljerad trafikstatistik från AIS (*Automatic Identification System*) samt andra fartygsdatabaser. AIS-data för trafiken i områdena under 2016 har använts för att analysera och representera den nuvarande trafiken i området. För nuvarande trafikbild beräknas bränsleförbrukning, tidsåtgång samt emissioner. Beräkningsmetoder för detta, som även tar hänsyn till inverkan från begränsat vattendjup på fartygsmotstånd, har utvecklats genom tidigare projekt och är baserade på modellförsök och fullskalemätningar. Emissionsberäkningarna utgår från den beräknade bränsleförbrukningen och använder vedertagna emissionsfaktorer för uppskattningar av emissioner till luft från sjötrafiken.

Detaljerad utformning och sträckning av omdirigeringsalternativ för fartygstrafiken har stämts av med representanter från HaV innan konsekvensberäkningarna genomförts. Beräkningar där den nuvarande trafiken dirigeras om till alternativa rutter har därefter genomförts för att prediktera bränsleförbrukning, tidsåtgång samt emissioner. Dessa resultat jämförs med resultat för nuvarande fartygstrafik och därmed kan konsekvenserna av en omdirigering kvantifieras.

För varje delområde genomförs, för så väl trafiken på nuvarande rutter som för trafik på de förslagna omdirigerade rutterna, även beräkningar av grundstöttnings- och kollisionrisker. Dessa beräkningar genomförs med programvaran IWRAP Mk2 som rekommenderas av IALA². IWRAP Mk2 använder AIS-data för att beräkna sannolikheten för kollisioner och grundstötningar. Beräkningsresultaten används för att göra jämförande bedömningar mellan nulägesanalysen och olika omdirigeringsalternativ, samt för att identifiera kritiska punkter med avseende på kollisions- och grundstöttningsrisker.

² IALA, International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities.

2 Trafikanalys

Trafiken till sjöss regleras genom de av IMO införda internationella sjövägsreglerna COLREG³. Dessa innebär i grova termer att högertrafik gäller och att fartyg vid möte på korsande kurser är väjningspliktigt för fartyg som kommer från styrbord (visar röd lanterna) samt att upphinnande fartyg också har väjningsplikt.

Förutom de allmänna regler som ges av COLREG, regleras dagens sjötrafik även av ett antal platsspecifika, internationellt överenskomna ruttsystem (*Ship's routing systems*). Dessa omfattar bl.a. trafiksepareringssystem (TSS), rekommenderade leder, djupvattenleder (*DW route*) och förbudsområden (*Areas to be Avoided, AtbA*). De flesta ruttsystem är rekommendationer men kan, genom IMO-beslut göras obligatoriska (se SOLAS Kapitel V regel 1 till 10).

De områden och fartygsstråk som i kommande havsplaner identifieras som intresseområden för sjöfart är inte tvingande utan utgör områden där sjöfartens intresse prioriteras framför annan användning. På samma sätt gäller för andra intresseområden att dessa prioriteras i vissa områden vilket medför att sjöfarten hänvisas till andra områden.

Analysen av nuvarande trafikmönster i de tre delområdena baseras på AIS-data från 2016. För varje delområde definieras passagelinjer för att kunna identifiera och kvantifiera en representativ bild av sjötrafiken i aktuella området. Nedan redovisas nuvarande fartygsrörelser i respektive område och föreslagna rutförändringar.

Den sjötrafikanalys som redovisas i detta kapitel baseras på registrerade AIS-data och omfattar alla fartygstyper som har AIS utrustning klass A. Fritidsbåtar och andra båtar/fartyg som utrustats med AIS utrustning av klass B ingår således inte. Här redovisad sjötrafikbild omfattar alla kategorier av fartygstyper enligt de koder som anges av *ship type number* medan de konsekvensberäkningar som redovisas i kapitel 3 och efterföljande resultatredovisning endast omfattar handelsfartyg av huvudkategorierna; *cargo*, *tanker* och *passenger* med *ship type number* 60-89.

Krav på AIS-utrustning klass A gäller alla större handelsfartyg som följer den av IMO beslutade SOLAS⁴-konventionen och konsekvensanalyserna omfattar därmed alla lastfartyg av storlek 500 brutto eller mer samt passagerarfartyg från 300 brutto och större.

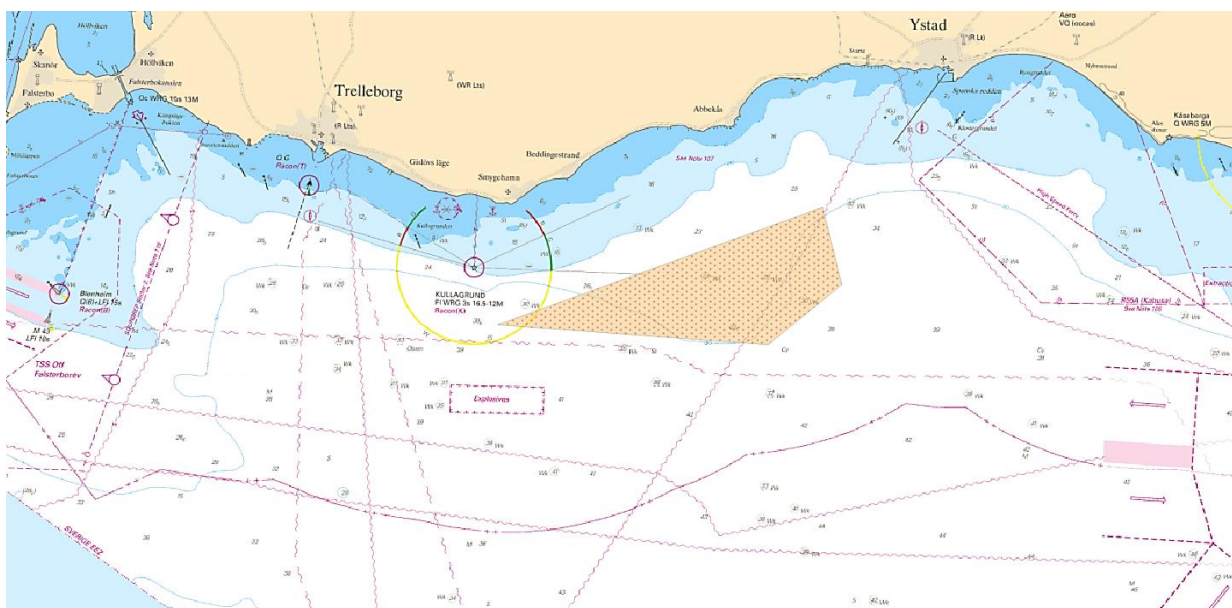
2.1 Södra Skåne

Söder om Skåne går ett viktigt trafikstråk med sjötrafik mellan Öresund och Bornholmsgattet och berörd delsträcka är mellan *TSS Off Falsterborev* och *TSS In Bornholmogat*. I utkast till havsplanen finns ett område angivet som energiområde, motsvarande det som utpekats som riksintresse för vindbruk, söder om Trelleborgs och Skurups kommuner i Skåne, se Figur 2.1.

En vindkraftpark i detta område bedöms enligt HaV kräva ett skyddsavstånd på 2 nm till det stora sjötrafikstråket söder om Skåne och innebär då att fartygstrafik behöver omdirigeras till en sydligare rutt än idag.

³ COLREG, IMO Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972.

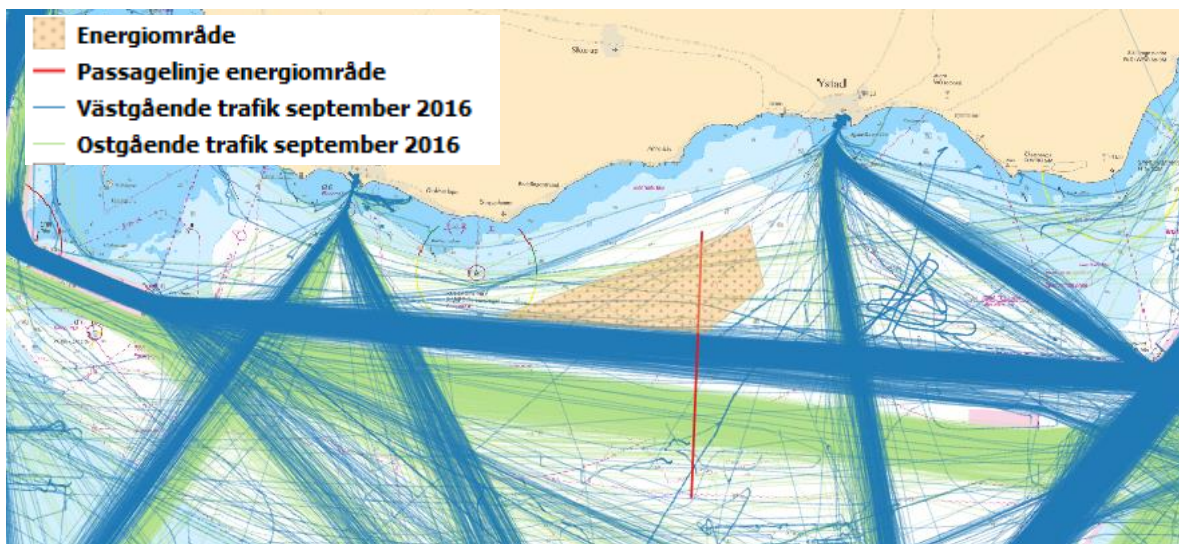
⁴ SOLAS, IMO International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974.



Figur 2.1. Mellan TSS:erna (rosa), söder om Skåne planeras ett energiområde/vindbruk (prickat) som medför att fartygstrafiken mellan TSS:erna behöver omdirigeras till en sydligare rutt.
[© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

2.1.1 Nulägesbild av sjötrafiken - passagestatistik

Figur 2.2 visar väst-(blå) respektive ostgående (grön) fartygsrörelser söder om Skåne. Figuren är baserad på AIS-data för alla typer av fartyg från september 2016 och flödena antas representera en nulägesbild av sjötrafiken i området.

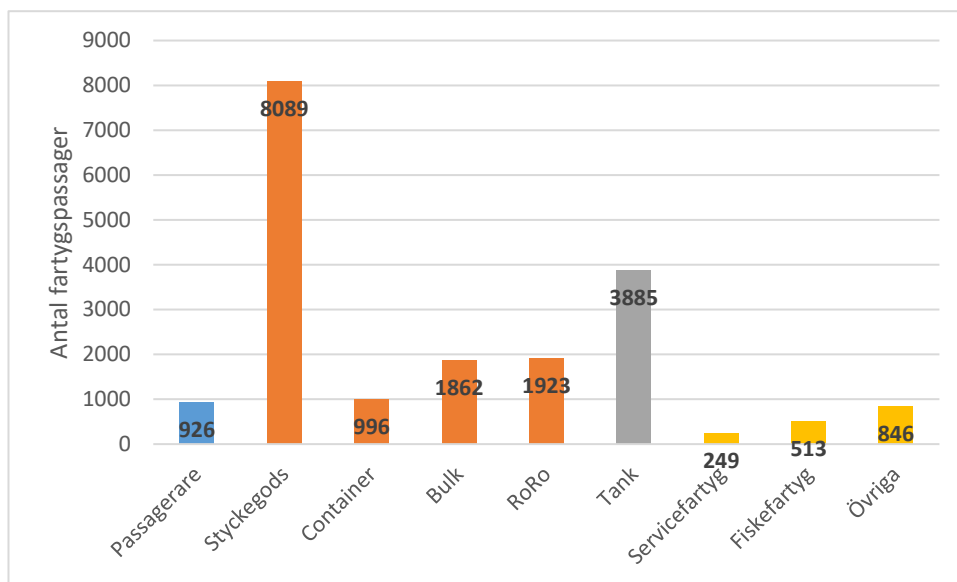


Figur 2.2. Nulägesbild av sjötrafiken söder om Skåne baserad på AIS-data från september 2016.
[© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

Av figuren framgår att trafiken går i ett brett stråk mellan de befintliga TSS:erna. En liten del av de registrerade västgående fartygrörelserna sker genom det angivna energiområdet.

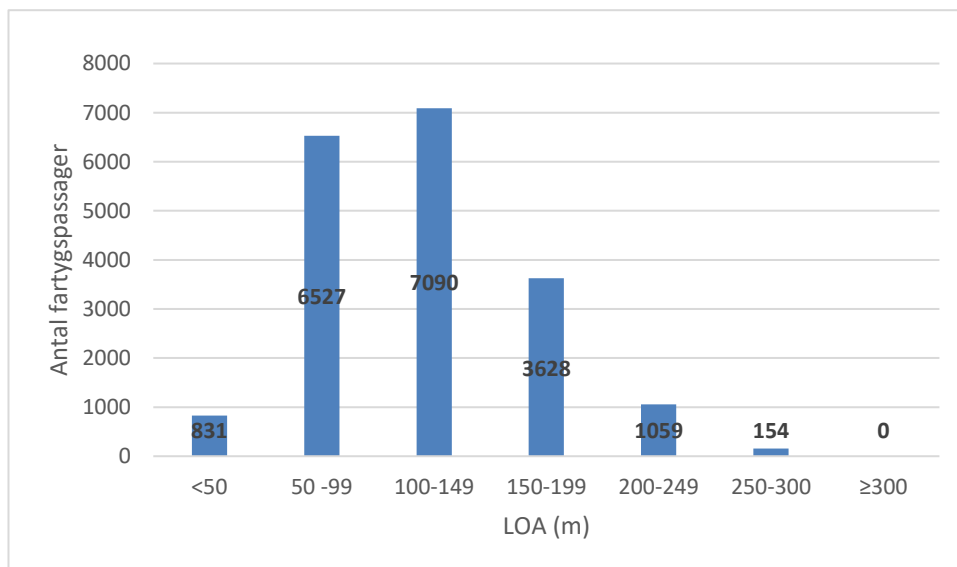
För att identifiera trafiken som kan komma att påverkas av en omdirigering till en sydligare rutt, analyseras trafikflödet över den med röd färg markerade passagelinjen, som sträcker sig över dagens rutt samt energiområdet.

Det totala antalet passager över linjen år 2016 var 19 300. Figur 2.3 visar antalet passager för olika fartygstyper.



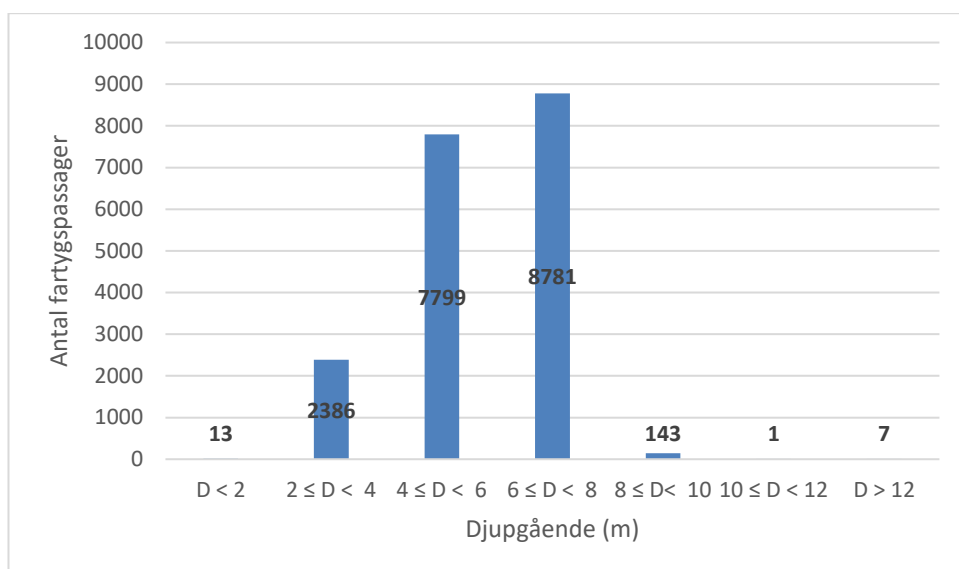
Figur 2.3. Antalet fartygspassager söder om Skåne år 2016 fördelat på olika fartygstyper.

Det längsta fartyget som passerade under 2016 var ett kryssningsfartyg med längd 294 m. Storleksfördelningen av fartyg utifrån längd framgår av Figur 2.4.



Figur 2.4. Antalet fartygspassager söder om Skåne 2016, fördelat på fartygslängd (LOA - Length over all).

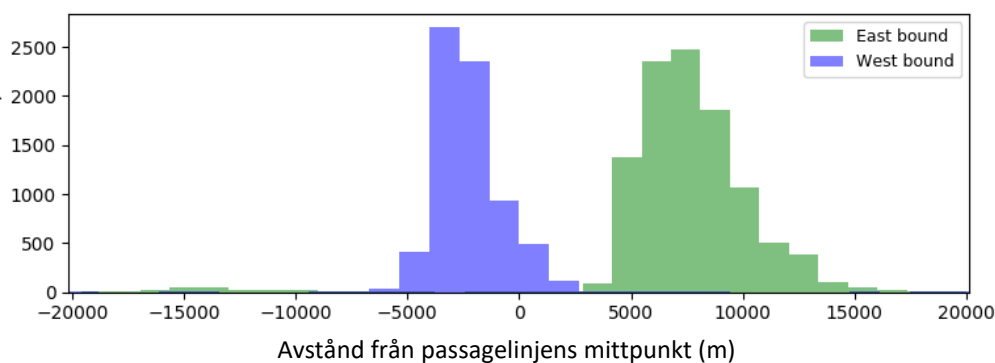
De flesta fartygen har ett djupgående mellan 6 och 8 m, se Figur 2.5. Det finns dock 152 registrerade passager med djupgående 8 m eller större. Det kan noteras att maximalt djupgående genom Öresund via Flintrännan anges till 7,2 m (SjöV, 2017) och på danska sidan via Drogden till 7,7 m.



Figur 2.5. Antalet fartygspassager söder om Skåne under 2016 fördelat på fartygens djupgående.

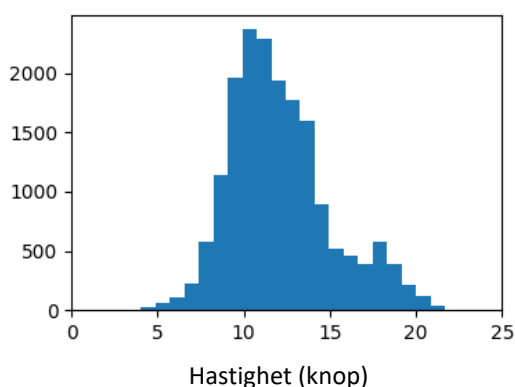
Trafiken söder om Skåne är tydligt separerad i väst- respektive ostgående, där de ostgående har en sydligare rutt. Detta beror till stor del på de två befintliga TSS:erna *Off Falsterborev* och *In Bornholmgat*, som styr trafiken på två separerade rutter. Figur 2.6 visar den laterala fördelningen av trafiken över passagelinjen vid energiområdet.

Den laterala trafikfördelningen indikerar en viss förskjutning av flödesprofilen mot norr vilket innebär en något kortare väg mellan Öresund och Bornholmsgattet.



Figur 2.6. Lateral fördelning av trafiken över passagelinjen vid planerat energiområdet söder om Skåne.

De flesta fartyg som passerar i området håller en hastighet på mellan 9 och 12 knop, se Figur 2.7.

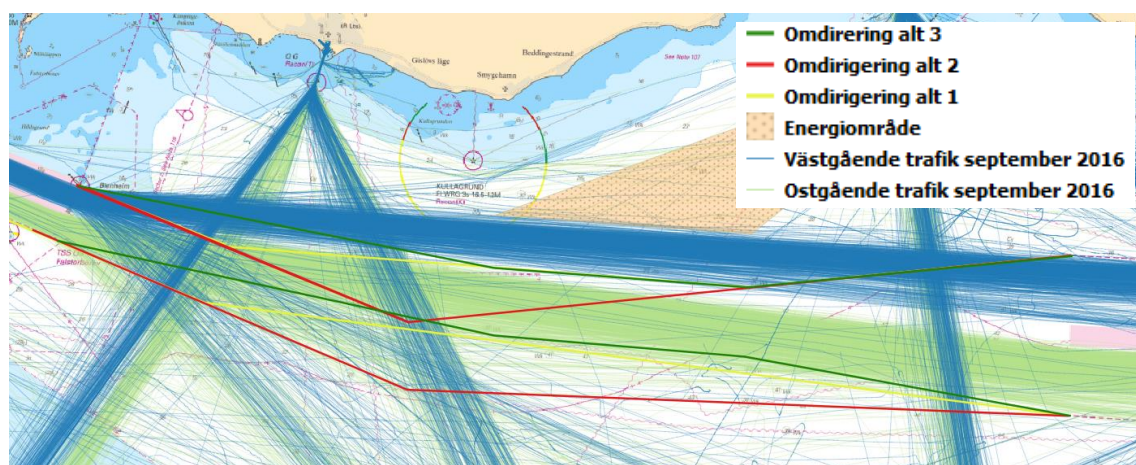


Figur 2.7. Histogram av registrerade passagehastigheter för trafiken över passagelinjen vid planerat energiområde söder om Skåne.

2.1.2 Omdirigering

Under förarbetet med havsplanen har HaV kommit fram till att det behövs ett skyddsavstånd på 2 nm mellan det i planen angivna energiområdet (riksintresse för vindbruk) och det stora fartygsstråket med sjötrafik mellan *TSS Off Falsterborev* och *TSS In Bornholmsgat*. Bedömningen baseras bl.a. på säkerhetskrav som innebär att stora fartyg skall kunna gira ut ur trafikstråket för att vända i nödsituationer exempelvis i samband med ”man över bord”-händelser.

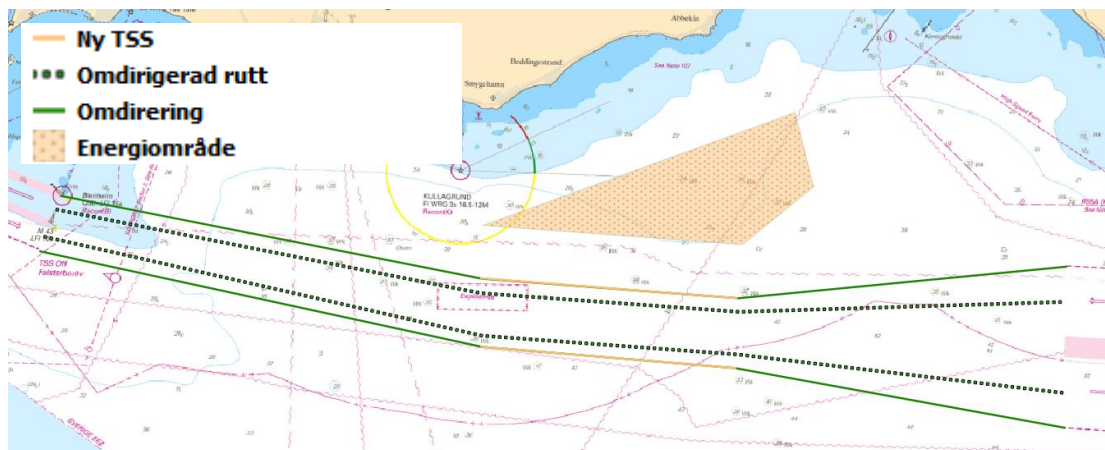
Detta medför att fartygstrafiken måste dirigeras om till en sydligare rutt, jämfört med dagens trafikmönster, mellan *TSS Off Falsterborev* och *TSS In Bornholmsgat*. För att åstadkomma detta och säkerställa att ett avstånd på 2 nm upprätthålls, kan en ny TSS införas mellan de två befintliga. Alternativt skulle detta kunna uppnås genom att *TSS Off Falsterborev* förlängs och vinklas nedåt (alternativ 1). En förlängning av befintlig TSS medför dock att korsningen med det nord- sydgående flödet mot Trelleborg blir problematiskt och denna lösning bedöms därför mindre lämplig. Ett annat alternativ (2) som utretts innebär att en mindre, vinklad TSS införs sydväst om vindkraftområdet. Denna TSS förläggs så att antalet girpunkter minimeras. Detta alternativ innebär dock en relativt stor förlängning av fartygsrutten samt att korsningen med trafik på andra rutter kompliceras. Den lösning som bedöms mest lämplig är också den som medför minst förlängning på rutten och innebär att en ny rak TSS förläggs 2 nm söder om vindkraftsområdet och löper utmed hela området, se Figur 2.8.



Figur 2.8. Alternativa omdirigeringsrutter söder om Skåne. [© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

Figur 2.9 visar det omdirigeringsalternativ som antagits vara mest lämpligt, alternativ 3, och som ligger till grund för konsekvensberäkningarna. Den nordliga gränsen av TSS:en definieras av en separationslinje 2 nm söder om vindkraftsområdet och löper utmed hela området. Bredden av separationszonen mellan trafikflödesfälten i respektive riktning antas motsvara den i *TSS Off Falsterborev*. Möjligheterna för trafik norr om föreslagen ny TSS kan begränsas av en s.k. kusttrafikzon eller eventuellt regleras genom särskild avlysning kring en framtida eventuell vindkraftpark i området.

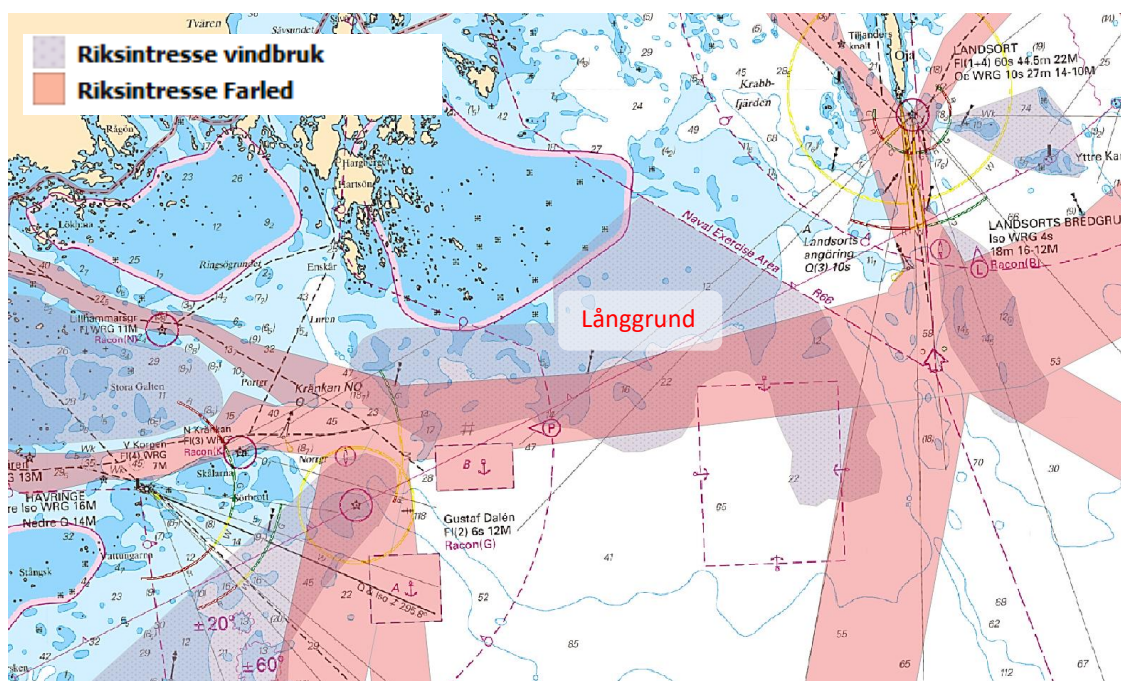
De definierade omdirigeringsrutterna för ost- och västgående trafik är förlagda med start- respektive slutpunkter i mitten av de respektive TSS-områdenas avgränsningar mot aktuellt område. Trafikstyrningen och omdirigeringen skulle dock kunna förbättras något genom att vinklarna i de båda befintliga TSS:erna justeras något för att bättre anpassas till föreslagen ny TSS. Det antas dock inte ligga inom ramen för detta havsplaneringsuppdrag att förslå denna typ av justeringar av TSS:er och de har följaktligen ej beaktats i föreliggande rapport. Eventuella finjusteringar av vinklarna i befintliga TSS:er bedöms inte heller påverka presenterade konsekvensberäkningar nämnvärt.



Figur 2.9. Omdirigering av trafiken söder om Skåne genom införandet av ny TSS söder om energiområdet.
[© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

2.2 Långgrund

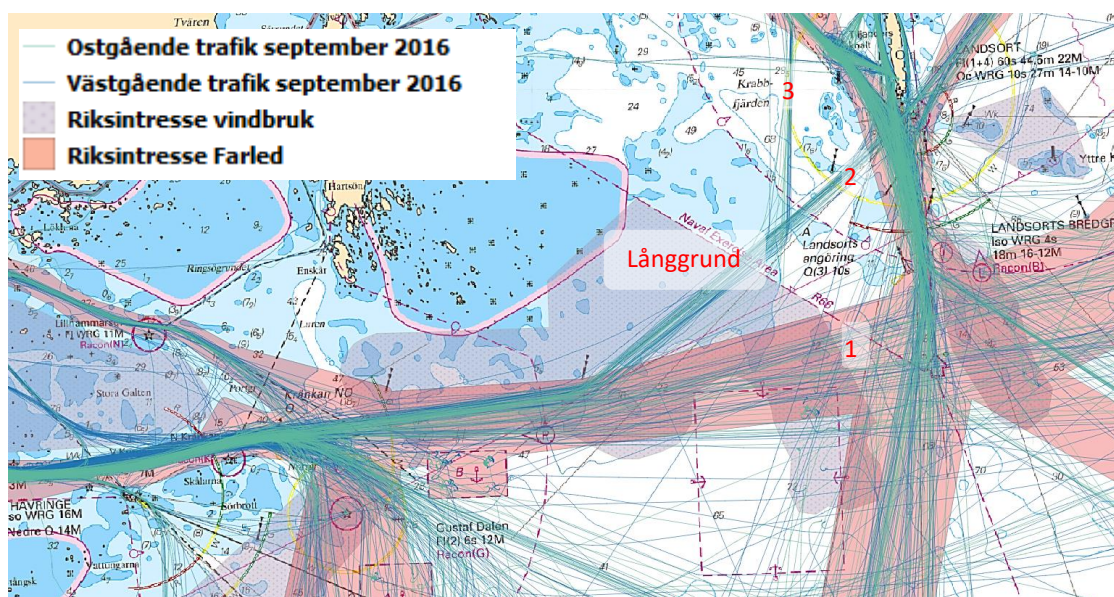
Utanför Långgrund, öster om Norrköping och söder om Oxelösund går ett viktigt sjöfartstråk i nord-sydlig riktning. Detta stråk samt stråket in till Oxelösund utgör idag riksintresse för sjöfart/farled, se Figur 2.10. Området vid Långgrund utgör riksintresse för vindbruk och i havsplanens alternativ 1 för Långgrund, är energi huvudanvändning vilket medför att fartygstråken behöver omdirigeras.



Figur 2.10. Dagens riksintresse för sjöfart (rött) samt områden utpekade som riksintresse för vindbruk (lila) i området vid Långgrund utanför Norrköping/Oxelösund. [© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

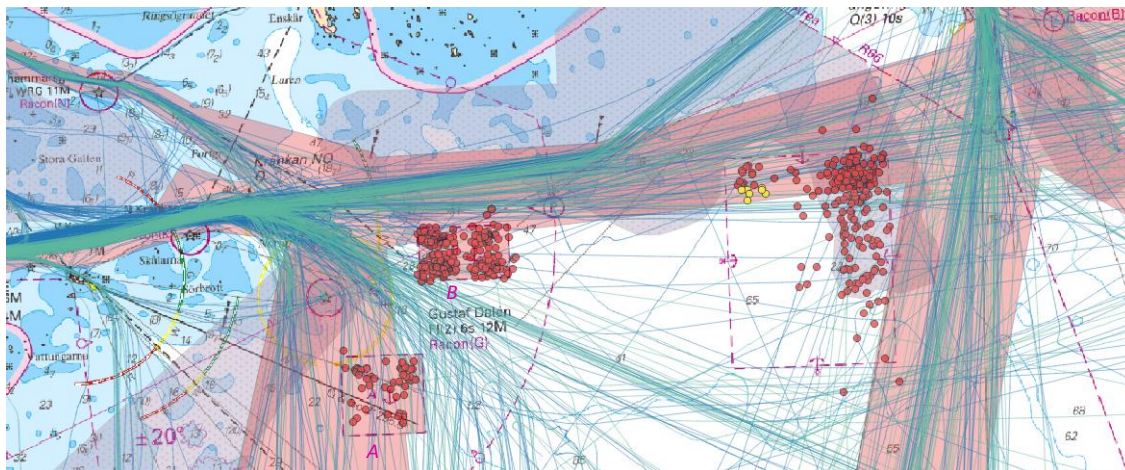
2.2.1 Nulägesbild av sjötrafiken – Passagestatistik och ankarliggare

I dag går trafiken i ett brett stråk som utgör riksintresse farled i nordostlig-västlig sträckning utanför Oxelösund genom det område som utgör riksintresse vindbruk, se Figur 2.11. Utöver detta finns det även två mindre trafikflöden som går genom riksintresset för vindbruk vid Långgrund. Trafikflödena genom vindbruksområdet är numrerade med 1, 2 och 3 i Figur 2.11.



Figur 2.11. Nulägesbild av fartygstrafiken vid Långgrund baserat på AIS-data från september 2016. Tre olika flöden, markerade med 1, 2 och 3, passerar genom riksintresseområdet för vindbruk.
[© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

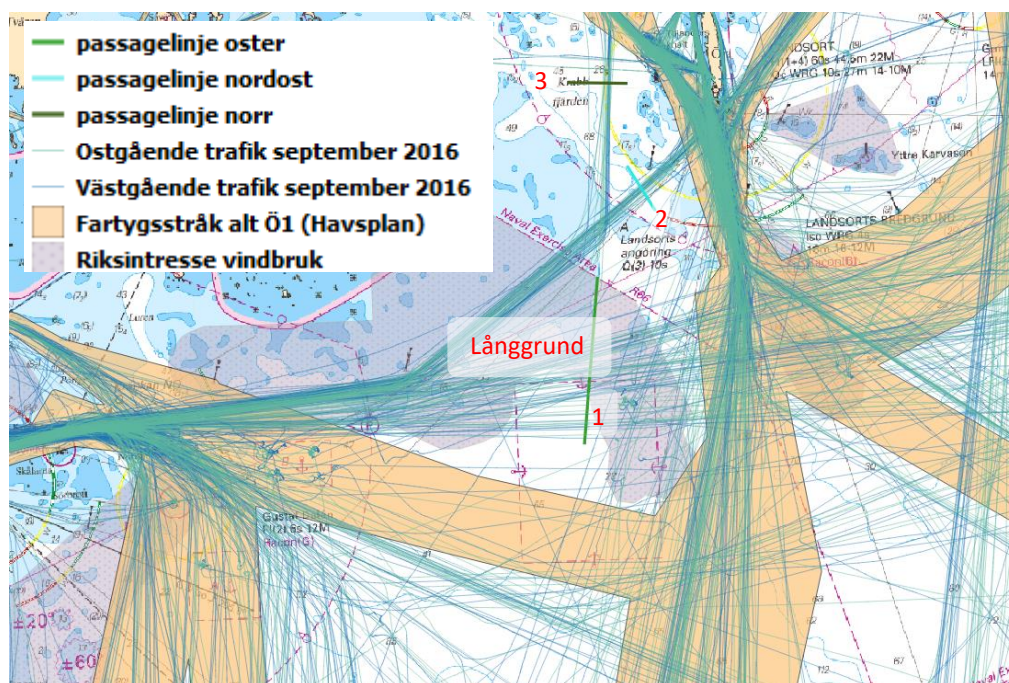
AIS-data har även använts för analys av hur markerade ankringsområden nyttjas. I Figur 2.12 har alla identifierade ankringar (enligt kriterium; fart < 1 knop under minst 1 timme) identifierats och markerats med röda punkter.



Figur 2.12. Identifierade ankringar under 2016. [© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

Antalet ankringar är störst i ankringsruta B med 254 registreringar under 2016. I ruta A registrerades 50 ankringar och i det större östliga ankringsområdet registrerades 219 ankringar, främst i områdets nordöstra del.

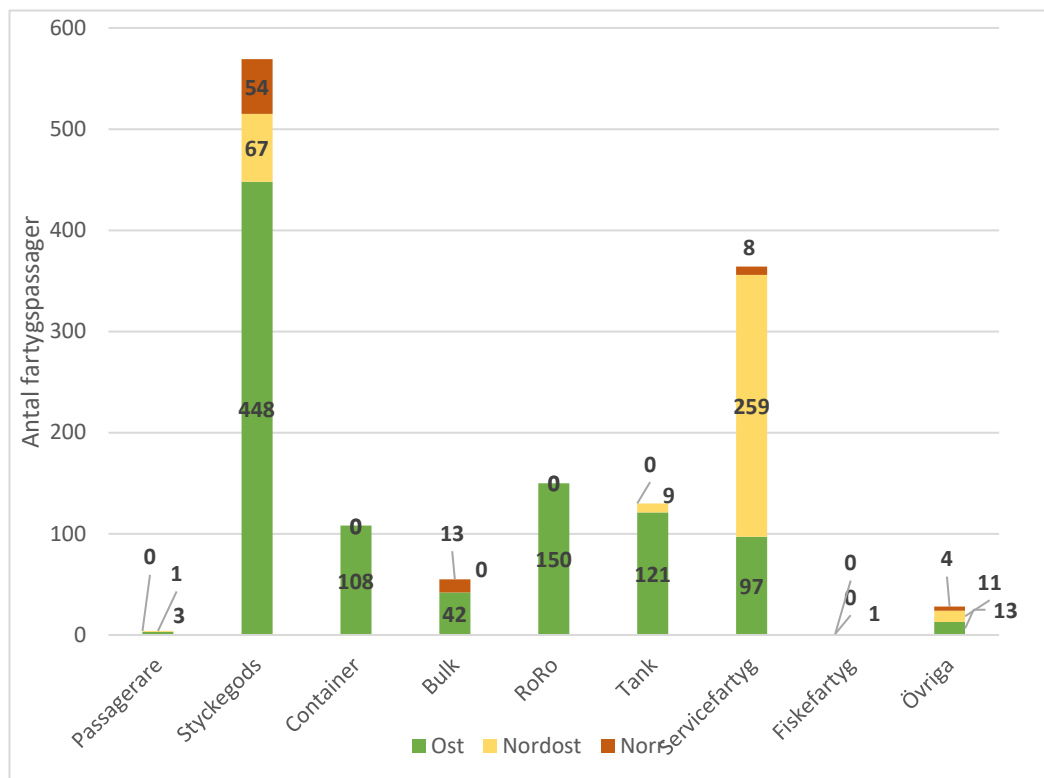
För att kvantifiera de trafikflöden som påverkas av en omdirigering i enlighet med alternativ 1 i havsplanen har tre passagelinjer definierats, en för varje trafikflöde, se, Figur 2.13.



Figur 2.13 Passagelinjer för respektive flöden som går genom vindbruksområdet vid Långgrund.

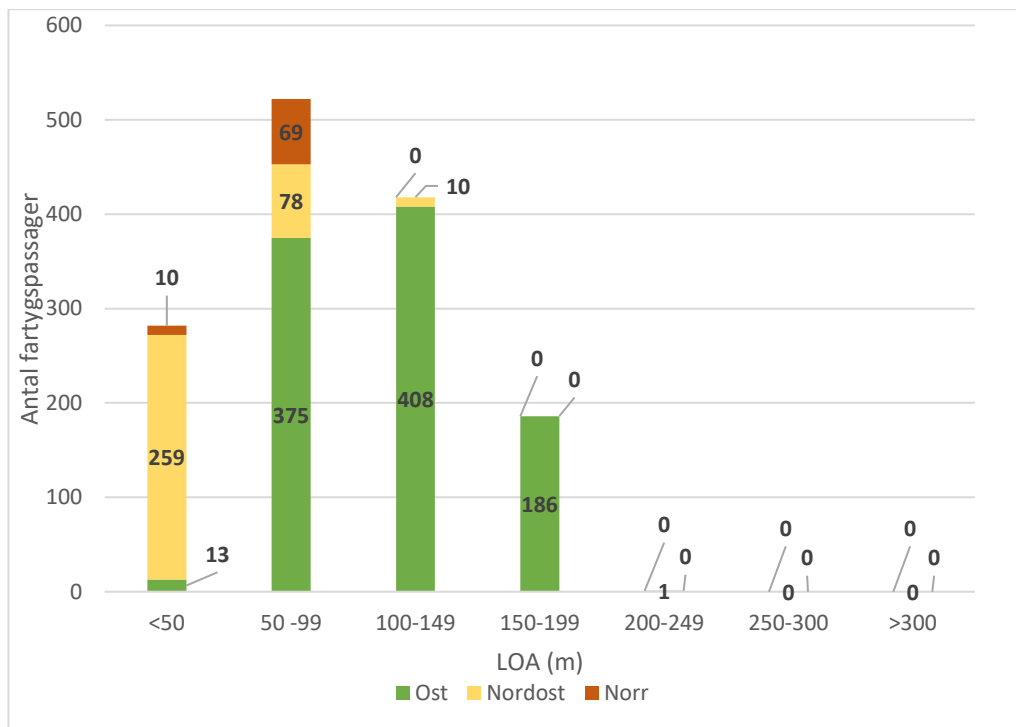
Det totala antalet fartygrörelser över de tre linjerna år 2016 var 1 409, av dessa skedde 983 över den östliga passagelinjen, dvs. trafikflöde 1. Som framgår av Figur

2.14 utgörs trafiken i huvudsak av styckegodsartyg. Över den nordostliga linjen (markerad 2) utgör servicefartyg den största delen, i detta fall huvudsakligen tre bogserbåtar.



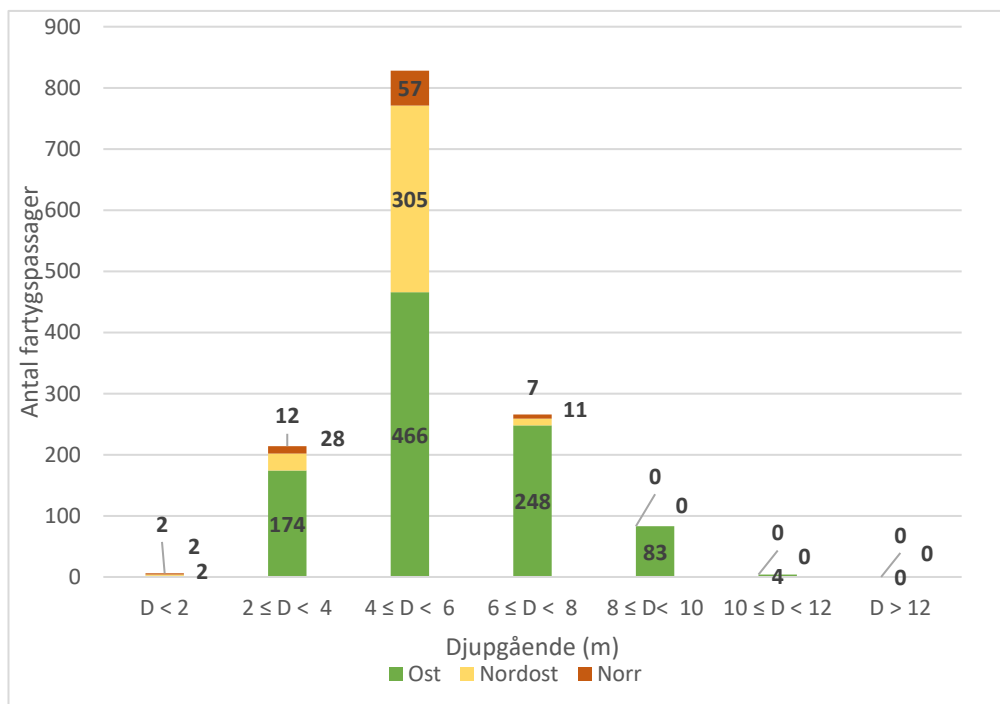
Figur 2.14 Antalet fartygspassager 2016 över tre passagelinjer vid Långgrund; ost, nordost och norr, fördelat på olika fartygstyper.

Av Figur 2.15 framgår att de flesta fartygen över den ostliga linjen är mellan 100 och 149 m. Endast en passage av fartyg med en längd överstigande 200 m registrerades under 2016. Över de andra två passagelinjerna dominerar små fartyg. Bogserbåtarna över den nordostliga linjen är alla 33 m.



Figur 2.15 Antalet fartygspassager 2016 över tre passagelinjer vid Långgrund; ost, nordost och norr, fördelat på längd (LOA).

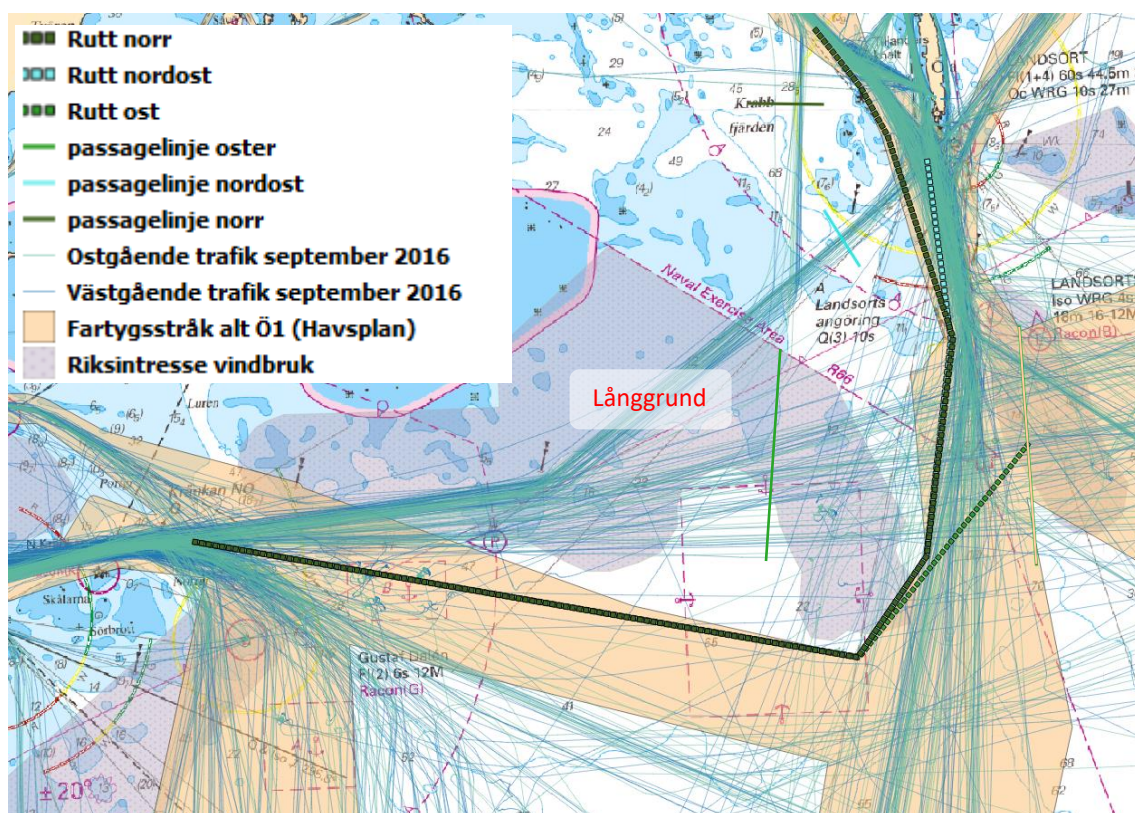
Av Figur 2.16 framgår att de flesta fartygen har ett djupgående på mellan 4 och 6 m.



Figur 2.16 Antalet fartygspassager 2016 över tre passagelinjer vid Långgrund; ost, nordost och norr, fördelat på djupgående.

2.2.2 Omdirigering

Alternativ 1 för Långgrund i havsplanen innebär att energi blir huvudanvändning vid Långgrund och att sjötrafiken dirigeras om till en rutt söder om energiområdet. Figur 2.17 visar det i havsplanen utpekade fartygsstråket alternativ 1. De omdirigerade rutterna som används för konsekvensberäkningarna är förlagda för att utgöra den kortaste vägen samtidigt som de passerar på rätt sida av sjömärken. Detta innebär att trafiken som idag går över den norra passagelinjen kommer att få den längsta förlängningen, detta trafikflöde utgör dock det minsta av de tre flödena som dirigeras om. Västgående och östgående trafik förläggs till samma omdirigerade rutter eftersom det inte går att urskilja någon skillnad beroende på kurs för de nuvarande trafikflödena.

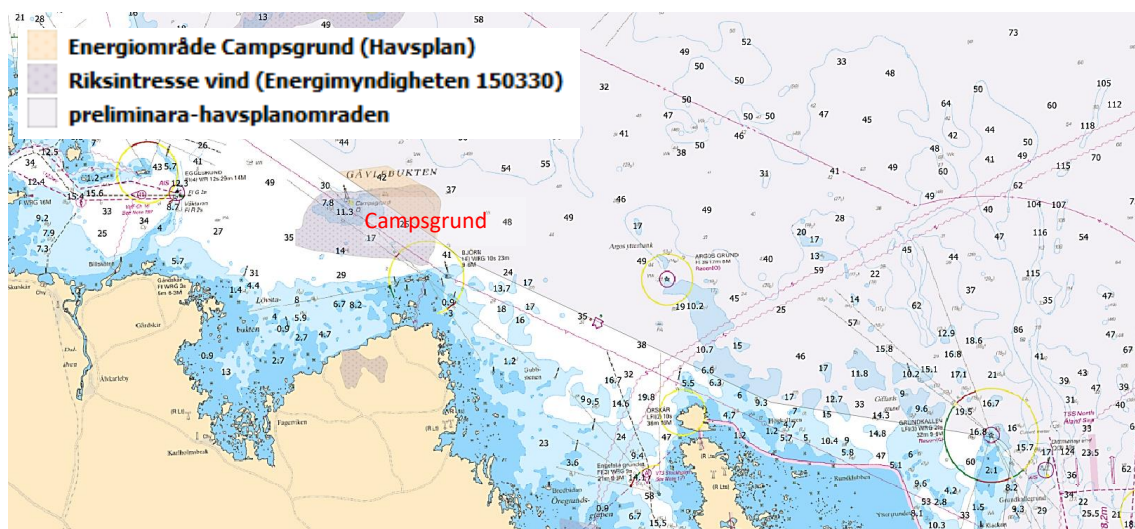


Figur 2.17. Trafikflödena över de tre passagelinjerna dirigeras om till rutter inom havsplanens fartygsstråk alternativ 1 (Ö1), dvs. söder om området för energianvändning. [© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

Omdirigeringen innebär att trafiken kommer att öka genom den i sjökortet markerade ankringsrutan B samt genom södra delen av det större markerade ankringsområdet öster om ruta B.

2.3 Gävlebukten

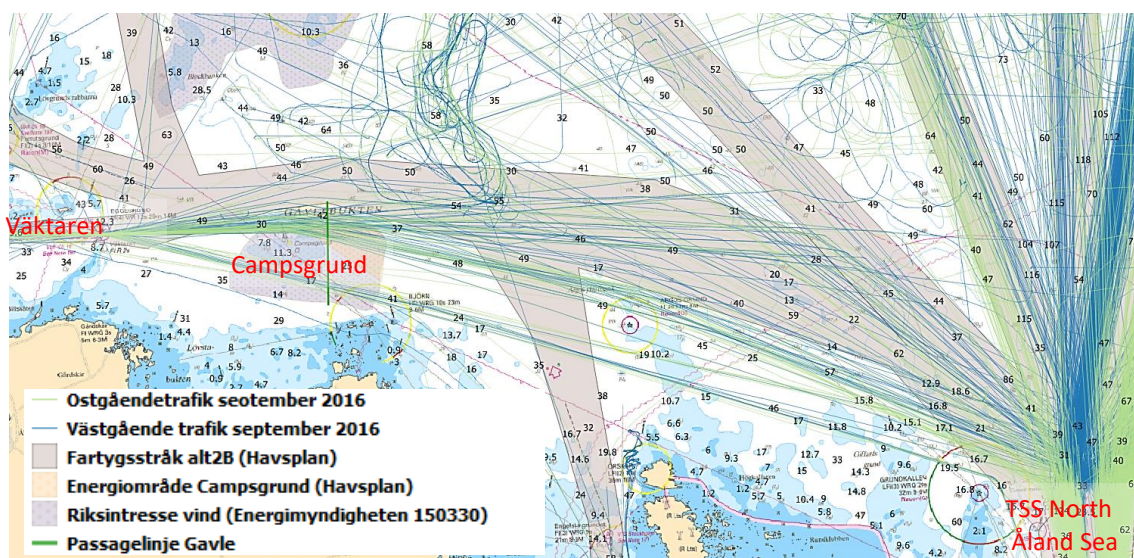
Vid Campsgrund utanför Gävle kan fartygen idag gå antingen tvärs över grundet (minsta vattendjup anges i sjökort SE534 till 8,2 m och i sjökort SE53 till 7,8 m), eller i en nordlig båge runt grundet. Det finns dock intresse att etablera vindkraft på Campsgrund och området är även utpekad som riksintresse för vindbruk. En sådan prioritering av användning innebär att fartygstrafiken i området måste gå i en nordlig båge runt grundet, se Figur 2.18.



Figur 2.18. Vid Campsgrund utanför Gävle finns planer på en vindkraftpark.
[© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

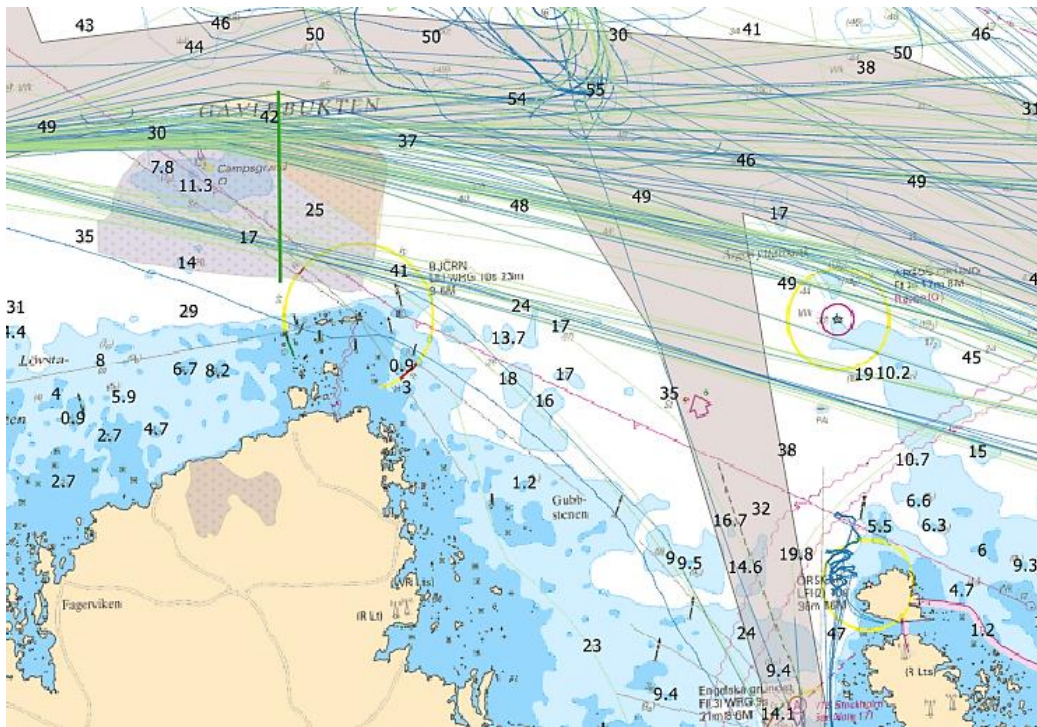
2.3.1 Nulägesbild av sjötrafiken – Passagestatistik Campsgrund

Figur 2.19 visar en nulägesbild av fartygstrafiken i området. Av denna framgår att en del av fartygstrafiken korsar det område som pekats ut som riksintresse för vindbruk. Av figuren framgår också att det i huvudsak är fartyg på en rutt mellan TSS North Åland Sea i öster och inseglingsleden till Gävle i väster (Allmän farled 621, Väktaren - Gävle, SJÖFS 2013:4), som kan komma att påverkas av en vindkraftsetablering.



Figur 2.19. Nulägesbild av fartygstrafiken vid Campsgrund baserat på AIS-data från september 2016. Fartygstrafiken som korsar energiområdet behöver omdirigeras till det i havsplanen angivna fartygsstråket norr om grundet. [© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

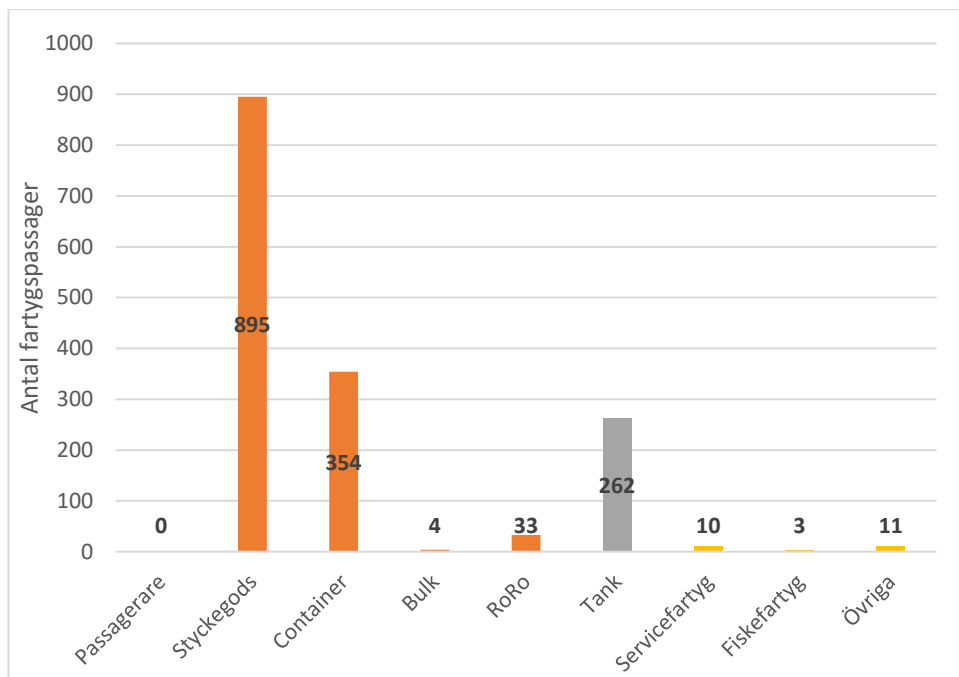
Av Figur 2.20 framgår att ett fåtal fartyg trafikerar Gävle via en västligare rutt genom Öregrundsgrepen (Farled 591, SJÖFS 2013:4). Under 2016 var det totalt 64 fartyg som nyttjade denna rutt och som passerade inom området för riksentresse vind vid Campsgrund. Av de 64 passagera var det 43 som var handelsfartyg, samtliga av dessa var relativt små med en maximal längd av 100 m. Den omdirigering som krävs för att dessa fartyg ska följa det i havsplanen angivna fartygsstråket blir liten. Konsekvenserna av en omdirigering av denna trafikandel bedöms därför vara försumbara i jämförelse med omdirigeringen av trafiken mellan TSS North Ålands Sea och Gävle där det totalt under 2016 registrerades 1 572 passager.



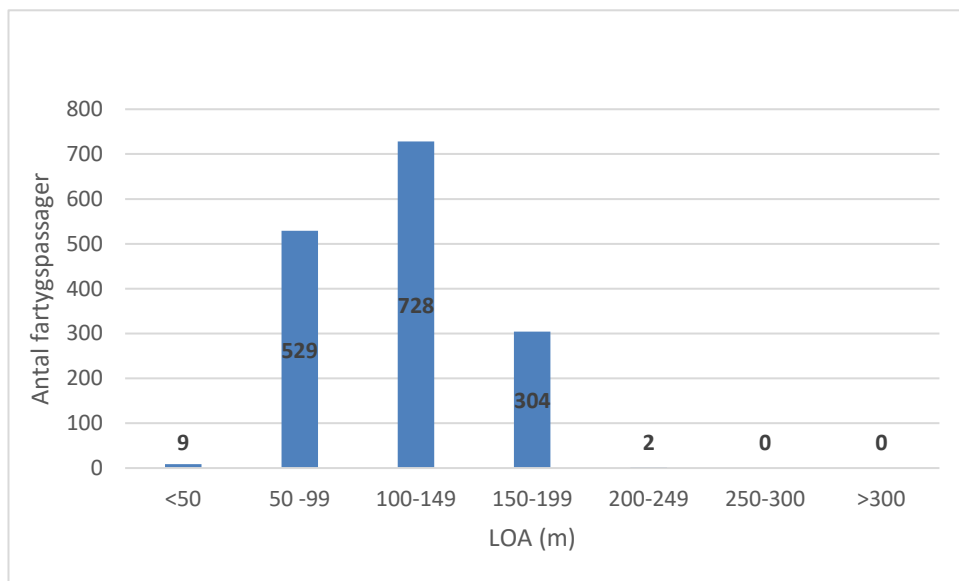
Figur 2.20. AIS-data från september 2016 visar endast enstaka fartygspassager på den västliga ruten via Öregrundsgrepen. [© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

För att kartlägga trafiken som kan komma att påverkas av en omdirigering analyseras den trafikandel som under 2016 passerade över den i Figur 2.20 definierade passagelinjen vid Campsgrund.

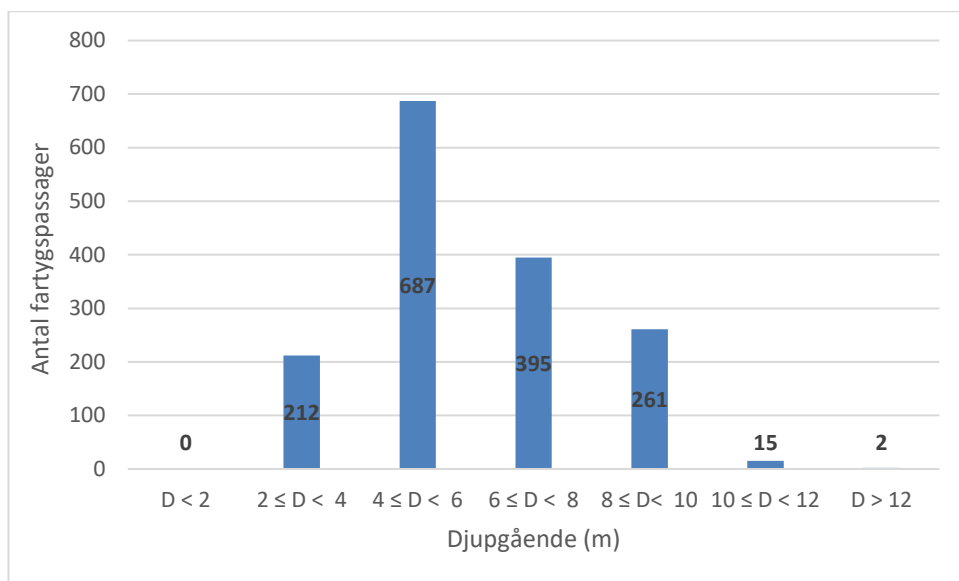
Figur 2.21 visar hur de under 2016 totalt 1 572 registrerade passagera över linjen, fördelar sig mellan olika fartygskategorier. Figur 2.22 och Figur 2.23 visar antalet fartygspassager över Campsgrund fördelat på längd respektive djupgående. Av dessa framgår att de flesta fartygen har längd på mellan 100 och 150 m samt ett djupgående på 4-6 m.



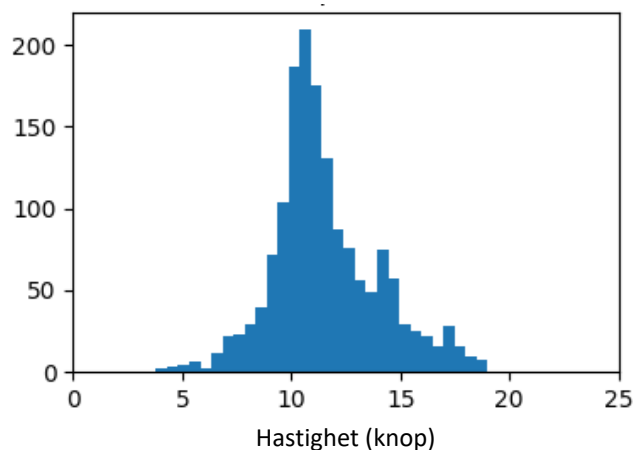
Figur 2.21. Antalet fartygspassager över Campsgrund år 2016 fördelat på olika fartygstyper.



Figur 2.22. Antalet fartygspassager över Campsgrund år 2016 fördelat på fartygslängd (LOA - Length over all).



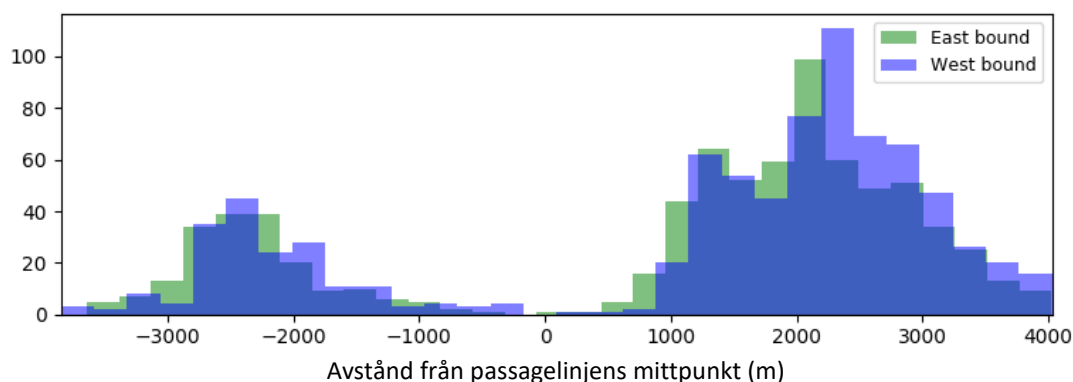
Figur 2.23. Antalet fartygspassager över Campsgrund år 2016 fördelat på fartygens djupgående.



Figur 2.24. Histogram av registrerade passagehastigheter för trafiken över passagelinjen vid planerat energiområde vid Campsgrund.

Histogrammet i Figur 2.24, med fördelning av passagehastigheterna, visar att de flesta fartygen passerar vid en hastighet av omkring 11 knop.

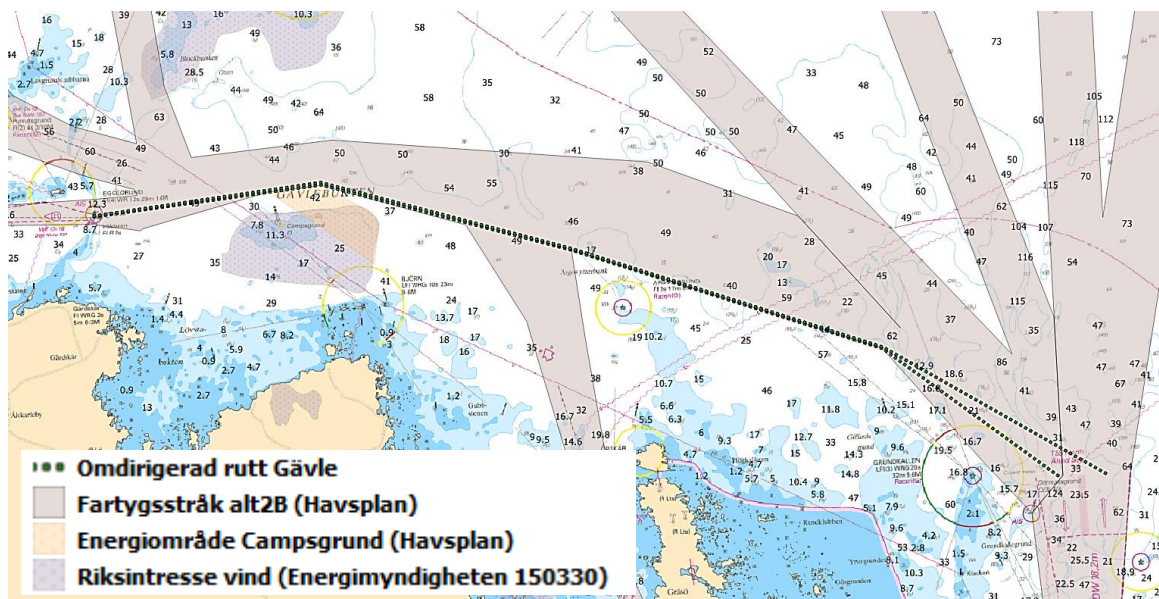
Av Figur 2.25 framgår att trafiken går i två stråk över Campsgrund, den största delen norr om den grundaste punkten och linjens mittpunkt. Av histogrammet går dock inte urskilja separata stråk med övervägande väst- eller ostgående fartygstrafik.



Figur 2.25. Lateral fördelning av trafiken över passagelinjen vid Campsgrund.

2.3.2 Omdirigering

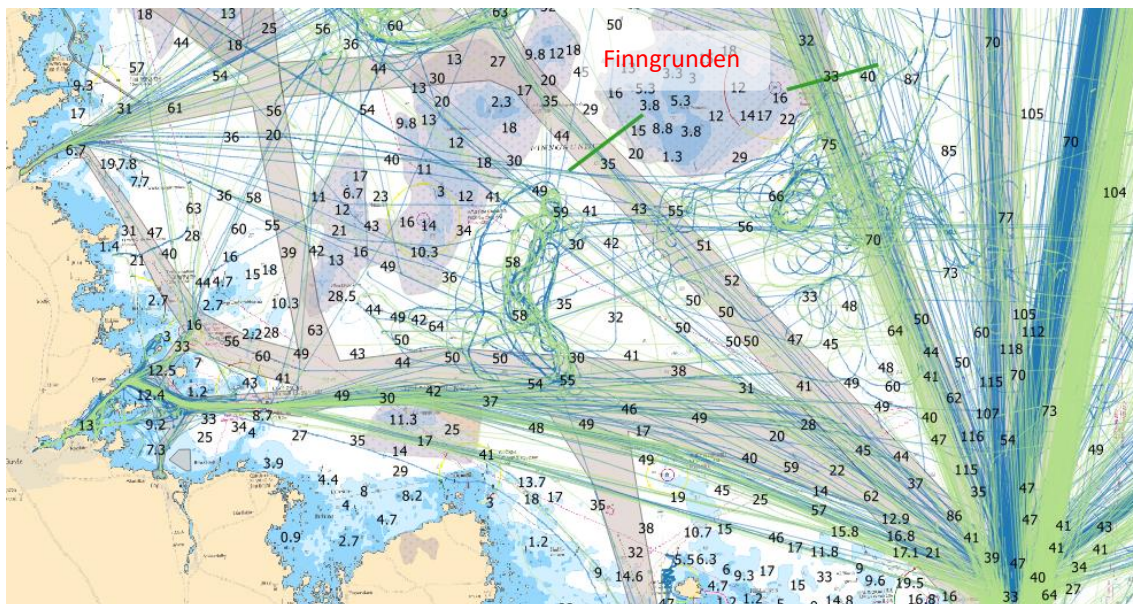
I havsplanen föreslås energi bli huvudanvändning vid Campsgrund. Detta innebär att fartygstrafiken behöver dirigeras till en rutt norr om grundet, se Figur 2.26. Två rutter har definierats, en för västgående trafik och en för ostgående trafik. Dessa skiljer sig dock endast åt vid den östliga ändpunkten vid *TSS North Åland Sea*. I övrigt är de båda rutterna förlagda som den kortaste rutten inom det utpekade fartygstråket.



Figur 2.26. Fartygstrafiken omdirigeras till fartygstråket som går norr om Campsgrund. En omdirigerad rutt för västgående trafik samt en rutt för ostgående trafik definieras. [© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

2.4 Finngrunden

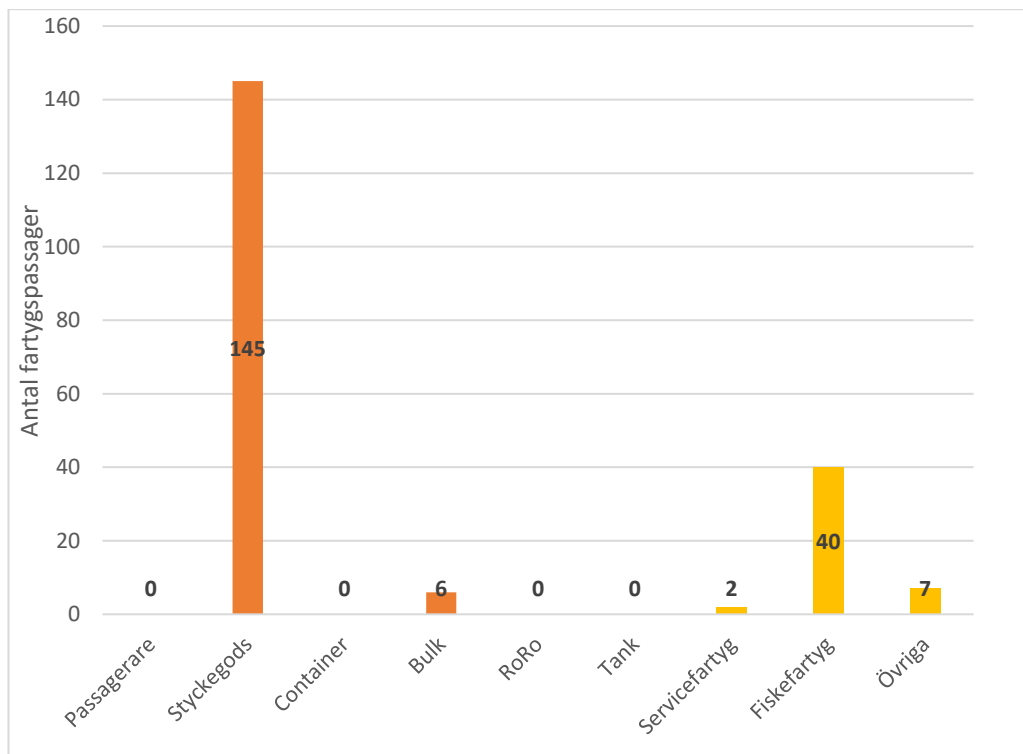
För Finngrunden, nordost om Gävle, utreds för närvarande ingen omdirigering av sjötrafiken, men en översiktlig bild av dagens fartygstrafik i området redovisas, se Figur 2.27. Två passagelinjer har definierats, en på den västra sidan av grundet och en på den östra sidan.



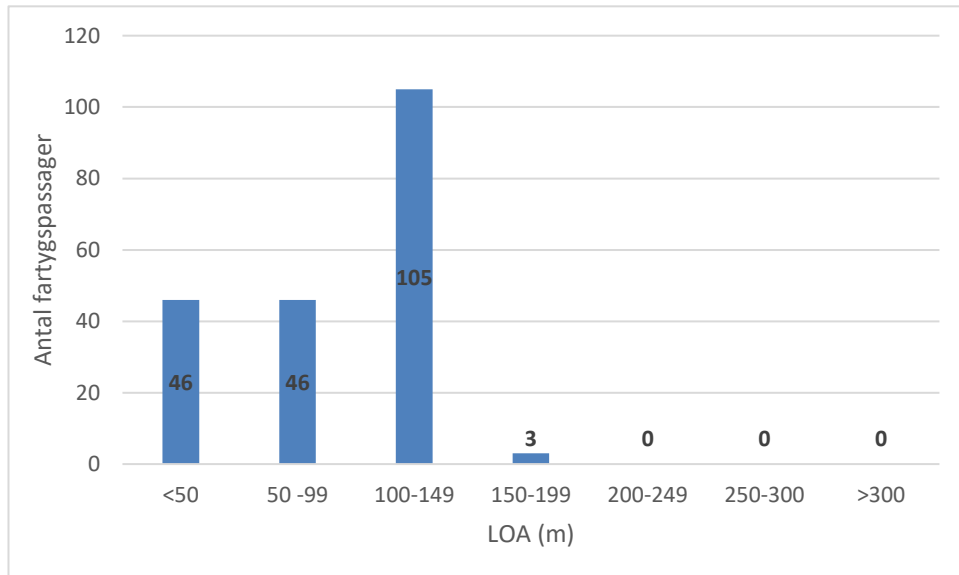
Figur 2.27. Nulägesbild av fartygstrafiken vid Finngrunden baserat på AIS-data från september 2016. [© Sjöfartsverket tillstånd nr 17-03229]

2.4.1 Passagestatistik väster om Finngrunden

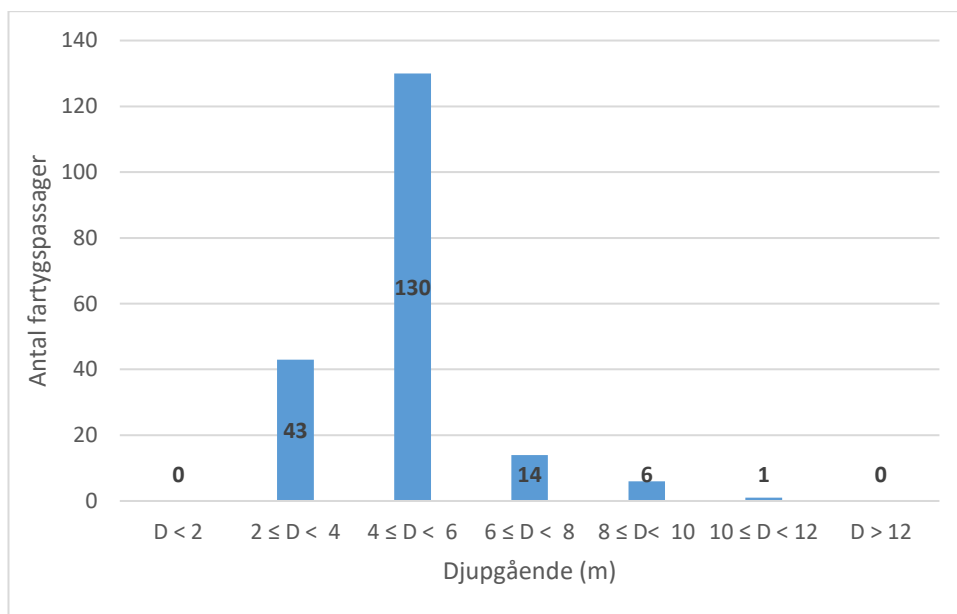
Totalt antal passager under år 2016 var 200. Den största delen av denna trafik är fartyg på väg till eller från Hudiksvall. Framförallt rör det sig om styckegods-fartyg med längd på 100-150 m samt ett djupgående på 4-6 m, se Figur 2.28, Figur 2.29 samt Figur 2.30. Av de 200 passagera utgjordes 53 av passagera med fartyget *Dalarna*, ett 100 m långt styckegods-fartyg.



Figur 2.28. Antalet fartygspassager väster om Finngrundens under 2016 fördelat på olika fartygstyper.



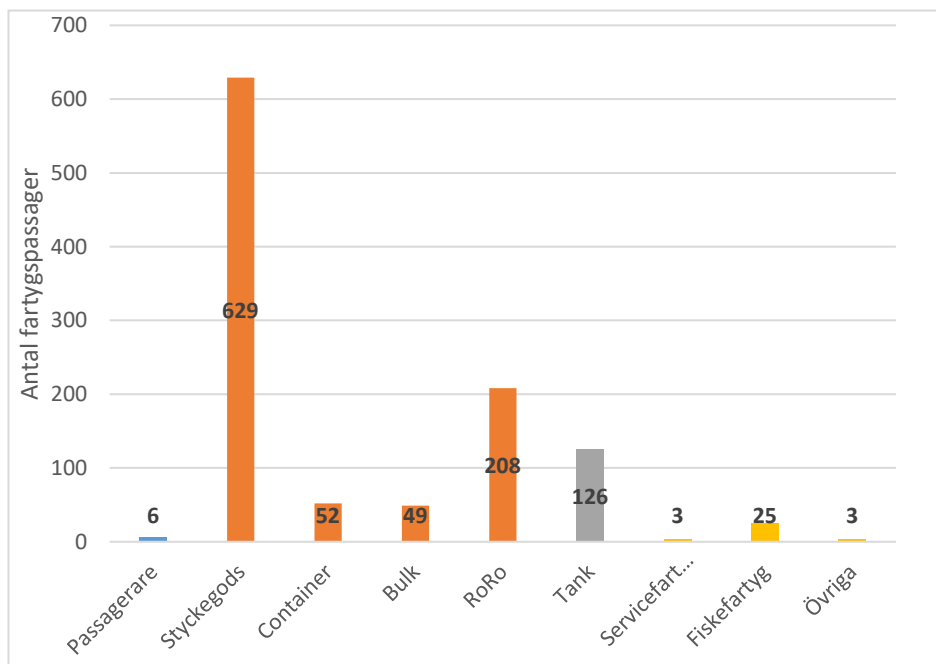
Figur 2.29. Antalet fartygspassager väster om Finngrundens under 2016 fördelat på olika fartygslängd.



Figur 2.30. Antalet fartygspassager väster om Finngrundet under 2016 fördelat på djupgående.

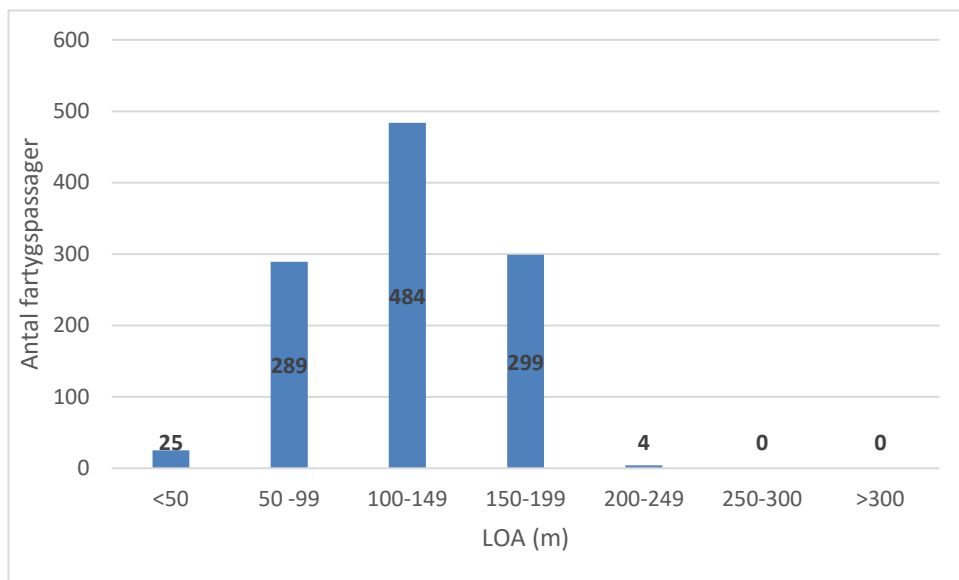
2.4.2 Passagestatistik öster om Finngrundet

Totalt antal passager öster om Finngrundet år 2016 var 1 101. Det är framförallt fartyg på en rutt mellan Sundsvall och *TSS North Ålands Sea* som passerar i stråket öster om Finngrundet. Trafik till och från Ljusne hamn passerar också öster om Finngrundet. Styckegodsartygen dominerar stråket men även RoRo-trafik samt tankfartyg passerar, se Figur 2.31.

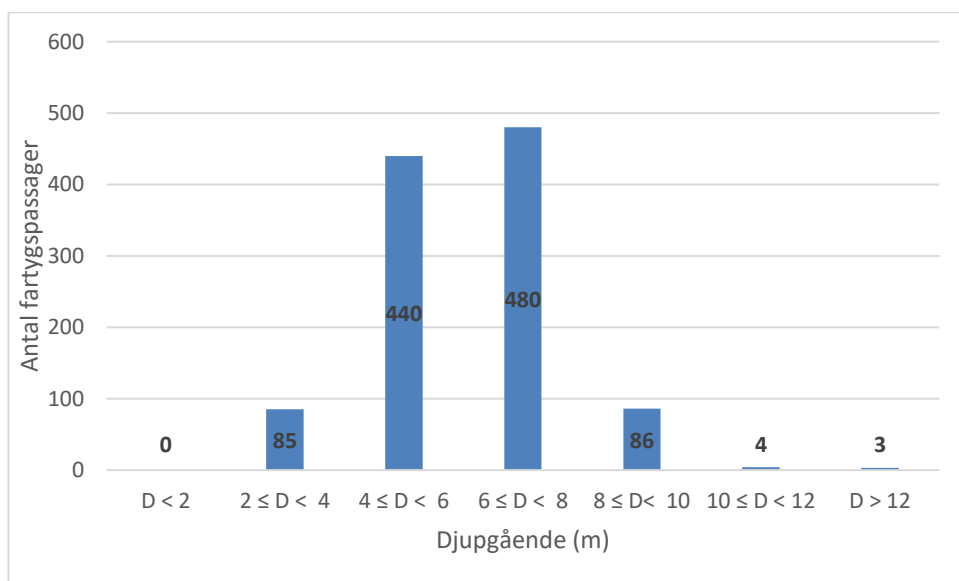


Figur 2.31. Antalet fartygspassager öster om Finngrundet under 2016 fördelat på olika fartygstyper.

Av Figur 2.32 framgår att de flesta fartygen är 100-150 m långa men att även fartyg i storleken 150-200 m är vanliga på denna rutt. Figur 2.33 visar att de flesta fartygen som passerar har ett djupgående på 6-8 m.



Figur 2.32. Antalet fartygspassager öster om Finngrund under 2016 fördelat på olika fartyglängd.



Figur 2.33. Antalet fartygspassager öster om Finngrund under 2016 fördelat på djupgående.

3 Konsekvensberäkningar - metodik

3.1 AIS- och fartygsdata

SSPA samlar, genom avtal med Sjöfartsverket (SjöV), all AIS-information från svenska vatten i en databas. Filtrering av data görs så att varje fartygsresa kan identifieras och lagras i vektorformat och stora datamängder kan därmed processas och analyseras relativt snabbt.

AIS-registreringarna tillsammans med kompletterande fartygsdata från separat fartygsdatabas används för att, för varje registrerad fartygsrörelse mellan start- och slutpunkterna i de analyserade sjötrafikområdena, beräkna dess; framdrivningsmotstånd, effektbehov samt bränsleförbrukning vid aktuellt vattendjup och hastighet. Start- och slutpunkterna definieras av de punkter mellan vilka rutterna skiljer sig åt mellan dagens rutt och de analyserade alternativa rutterna. Dessa punkter avgränsar även själva analysområdet för vilket konsekvensberäkningarna gäller och kan jämföras.

För ett fåtal fartyg saknas vissa uppgifter i AIS-registreringarna som gör att framdrivningsmotstånd och bränsleförbrukning inte kan beräknas med tillräckligt hög noggrannhet. I dessa fall har fartyget antagits ha förbrukningsdata motsvarande genomsnittsvärdet för den analyserade fartygspopulationen.

I beräkningarna för grunt vatten ingår förutom fartygens rutt, hastighet samt huvuddimensioner som erhålls från AIS-registreringarna plus kompletterande uppgifter från en annan fartygsdatabas, även den s.k. blockkoefficienten, c_b . Genom regressionsanalys i SSPAs modellförsöksdatabaser har varje fartyg som registrerats i AIS-statistiken också associerats med en viss blockkoefficient som nyttjas vid bestämning av framdrivningsmotståndet. För ett mindre antal fartyg har blockkoefficienten, c_b inte kunnat beräknas utifrån regression av modellförsöksresultaten. Ett antaget värde, $c_b = 0,75$, har då använts.

Uppgifter om de passerande fartygens djupgående har hämtats från AIS-registreringarna. I enstaka fall då dessa uppgifter saknats eller är uppenbart felaktiga, har djupgående hämtats från fartygsdatabasen och då tagits som medelvärde av djupgående vid fullast- och ballastkonditionerna.

De i kapitel 4 redovisade konsekvensberäkningarna omfattar endast handelsfartyg av huvudkategorierna; *cargo*, *tanker* och *passenger* (*ship type number* 60-89), som passerar längs de aktuella analyserade trafikstråken. Eventuella handelsfartyg som klassas som *High Speed Craft*, HSC (*ship type number* 40), omfattas inte av analysen men bedöms inte heller trafikera aktuella stråk. Enstaka handelsfartyg som är mindre än de gränser som SOLAS anger för när AIS-utrustning krävs (300 brutto för passagerarfartyg respektive 500 brutto för övriga fartyg), kan ingå i de analyserade fartygspopulationerna.

3.2 Vattendjup och bottenpografi

Framdrivningsmotståndet påverkas, förutom av fartygets skrovform och hastighet, även av vattendjupet. För noggrann motståndsberäkning, som även beaktar effekter

av grunt vatten, används därför djupdata från EMODnet⁵, som ger en mer detaljerad beskrivning av bottenpografin än sjökortets djupsiffror. Vid beräkning av inverkan av grunt vatten har vattendjupet längs de aktuella rutterna interpolerats fram genom att botten beskrivs av sammanhängande lutande triangulära ytor med djup som ges av data från i ett rutnät med cellstorlek som transformerats till 100 x 100 m.

Alla konsekvensberäkningar görs med antagandet att normalvattenstånd råder då fartygen passerar längs rutten.

3.3 Rutter och hastighetsvillkor

För varje område genomförs tre beräkningar av bränsleförbrukning samt tidsåtgång;

- i) en nulägesberäkning baserad på faktiskt registrerade AIS-data från 2016,
- ii) en referensberäkning där AIS-data från 2016 projiceras på en ideal rutt för de existerande fartygsstråken samt
- iii) en beräkning för omdirigeringen där AIS-data från 2016 projiceras på en ideal rutt i nya omdirigerade fartygsstråk.

Referensberäkningen möjliggör en mer rättvis jämförelse med resultaten för den omdirigerade rutten eftersom båda dessa förläggs som den kortaste rutten i de givna fartygsstråken. Genom att jämföra referensberäkningen och nulägesberäkningen kan även en s.k. ”vingelfaktor” uppskattas, dvs. hur mycket den faktiska trafiken avviker från den ideala rutten. Denna procentuella vingelfaktor kan sedan appliceras på den omdirigerade ideala rutten för att erhålla en mer trolig förbrukning och tidsåtgång som beaktar att den verkliga fartygsstrafiken inte helt följer de rätlinjiga segmenten mellan girpunkterna som definierar den ideala rutten.

Beräkningarna för den omdirigerade rutten genomförs för två olika villkor vad avser hastigheten. Först görs beräkningar med villkoret att fartyghastigheten är konstant och oförändrad jämfört med medelvärdet av hastigheten som loggas av AIS-registreringen under fartygets verkliga passage längs rutten (*oförändrad hastighet*).

I flera fall innebär de olika analyserade omdirigeringsalternativen att distansen blir längre vilket i så fall kan tänkas kompenseras av en något högre hastighet för att ankomsttiden skall hållas oförändrad (*oförändrad ETA*). Vid beräkning för fallet med oförändrad ETA ökar bränsleförbrukningen mer än i proportion till distansökningen, och i praktiken är det inte aktuellt att kompensera för oförändrad ETA under en kort andel av resan. Om hastighetsökningen för att nå oförändrad ETA slås ut under hela resan från avgångs- till destinationshamn krävs en mindre hastighetsökning och den totala förbrukningsökningen blir också mindre. De i denna studie aktuella distansförändringarna är små i förhållande till de totala fartygsresorna och eftersom fartygen ofta håller sig till vissa intrimmade pådragslägen och hastigheter bedöms det här i första hand vara relevant att jämföra förbrukningskonsekvenserna under villkoret *oförändrad hastighet*.

⁵ EMODnet, European Marine Observation and Data Network, <http://www.emodnet-hydrography.eu/>

3.4 Framdrivningsmotstånd på djupt vatten - ITTC 78

Framdrivningsmotståndet R , för fartyg i djupt stilla vatten beräknas enligt ITTC⁶ 78 (ITTC, 1978) samt med *Denny-Mumford's* metod (Papanikolaou, 2014) för beräkning av våt yta S .

R : Resistance beräknas enligt:

$$R = \frac{1}{2} \rho * v^2 * S * C_T, \text{ där}$$

ρ : Water density

v : Speed

S : Wetted surface

C_T : Resistance coefficient

Motståndskoefficienten C_T beräknas enligt följande:

$$C_T = C_F * (1 + k) + dC_F + C_A + C_{AA}$$

Där delkoefficienterna C_F , k , dC_F , C_A och C_{AA} betecknar:

- C_F , motstånd på grund av friktion mellan skrov och omgivande vattenmassa. Beräknas som en funktion av Reynoldstalet Re .
- k , formfaktorn som bestämmer det totala viskösa motståndet, bestäms utifrån regressionsformler baserade på SSPAs databas av provade fartygsskrov.
- dC_F , korrektion för ytskrovlighet på skrovet. Ett standardvärde på $150 \mu m$ används här i enlighet med rekommendationer i ITTC 78.
- C_A , korrelationskorrektion enligt ITTC 78.
- C_{AA} , luftmotstånd relaterat till fartygets fart över grund. Extern vind inkluderas ej.

3.5 Motståndsökning på grunt vatten – empiriskt underlag SWABE

Effekter av grunt vatten på fartygets framdrivningsmotstånd uppskattas enligt regressionsmodeller framtagna i JIP:en (*Joint Industry Project*) SWABE (*Shallow Water And Bank Effects*), som genomfördes i SSPAs provningslaboratorier under 2008 och 2009. Resultaten från JIP:en är konfidentiella men finns delvis presenterade i (Allenström et al. 2009).

Generellt kan sägas att motståndet på grunt vatten varierar som en funktion av förhållandet vattendjup/djupgående samt fartygets hastighet. Motståndsökningar relativt motståndet för framdrivning i djupt vatten kan vara högst påtagliga, i vissa fall över 100 %. Det totala motståndet beräknas genom att beräknat motstånd i djupt vatten korrigeras med faktor för inverkan av grunt vatten:

$$R_{tot} = R * R_{sh}$$

där faktorn R_{sh} anger inverkan av grunt vatten.

⁶ ITTC, International Towing Tank Conference, NGO ansvarig för hydrodynamiska prognoser för fartyg.

3.6 Motståndsökning på grunt vatten – teoretiska CFD-beräkningar

Ett fartygs motstånd i vattnet delas normalt upp i de två huvudkomponenterna visköst motstånd och vågmotstånd. Det viskösa motståndet beror på vattnets viskositet vilket får till följd att det byggs upp ett gränsskikt i vattnet kring skrovet. Detta kallas också för friktionsmotstånd. Den andra komponenten, vågmotståndet orsakas av att fartygets undervattens kropp tränger undan vatten och orsakar hastighetsvariationer i vattnet vilket i sin tur genererar vågor.

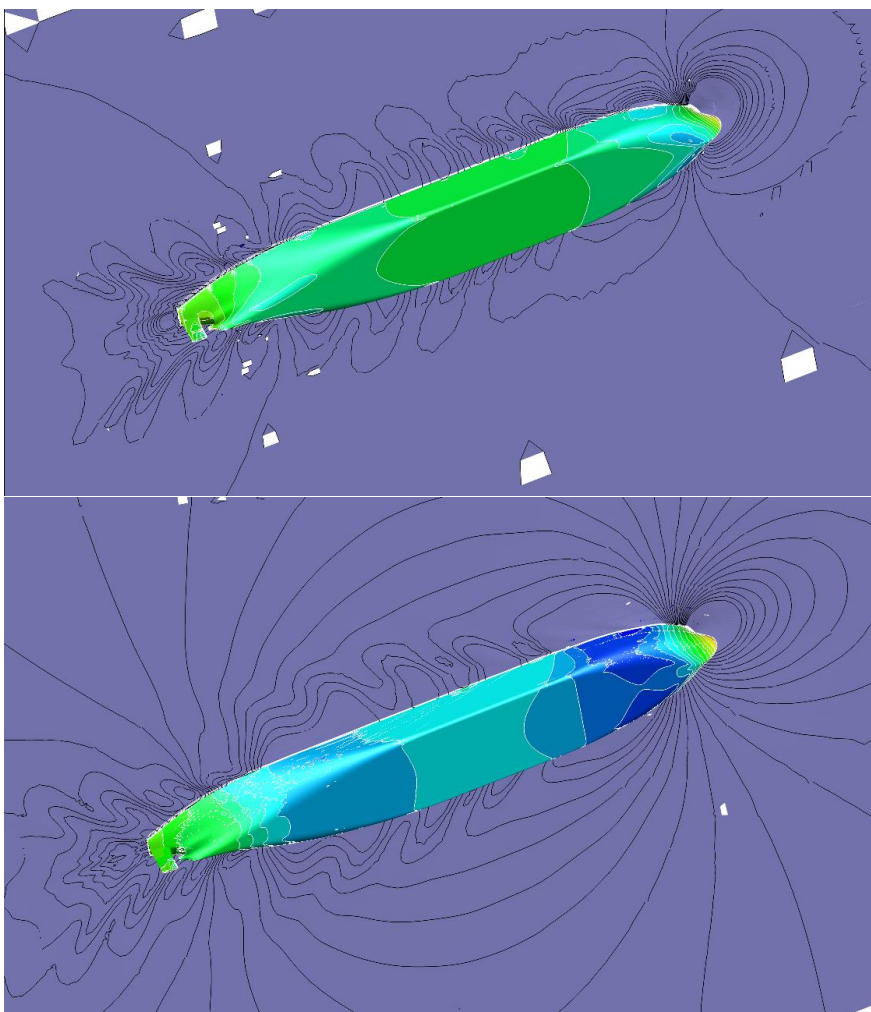
När ett fartyg kommer in på grunt vatten påverkas de båda motståndskomponenterna vilket för de flesta fartyg innebär ökat motstånd (för riktigt snabba fartyg kan dock grunt vatten ge ett minskat motstånd). När fartyget går på grunt vatten kan inte vattnet strömma fritt under fartygets botten utan tvingas att strömma mer runt fartygets sidor vilket innebär större hastighetvariationer på vattnet och därmed större vågor och ökat vågmotstånd. Vattnet under fartygets botten accelereras vilket ger en trycksänkning under fartyget som också gör att fartyget går djupare i vattnet (*squat*), vilket innebär att motståndet ökar ytterligare.

Även det viskösa motståndet påverkas. De ökade tryckvariationerna i akterskeppet kan orsaka att det uppstår avlösning, dvs. att strömningen släpper från skrovet vilket resulterar i ökat motstånd.

I Figur 3.1 nedan visas exempel på CDF-simuleringar (*Computational Fluid Dynamics*) som SSPA har gjort med ett tankfartyg på djupt respektive grunt vatten. Tankfartyget har en längd på 320 m och går i 14 knop. I exemplet är vattendjupet 120 % av fartygets djupgående. Fartyget är sett snett underifrån. I figuren illustreras trycket över fartygskrovet med en färgskala. Vågorna visas som konturlinjer runt fartyget.

Av figuren framgår att i fallet med grunt vatten (nedre del av figuren) blir tryckvariationerna mycket större än i fallet med djupt vatten (övre del av figuren). Resultatet av tryckvariationerna ses på våghöjdskonturerna där fallet med grunt vatten ger betydligt högre vågor och därmed ökat vågmotstånd. Den tydliga trycksänkningen ses också på fartygets botten. Motståndet ökar från fallet med djupt vatten till grunt vatten med ca 100 %.

Exemplet är valt för att tydliggöra effekterna av grunt vatten snarare än att visa på en typisk driftsituation för fartygstypen.



Figur 3.1. Tryckfördelning och våghöjdskonturer för tankar på djupt (överst) och grunt vatten. I exemplet är vattendjupet 120 % av fartygets djupgående. (Illustration: SSPA Sweden AB)

3.7 Beräkning av energibehov

Det beräknade motståndet omräknas till en erforderlig släpenergi som behövs för en given distans enligt:

E_h : Hull energy

D : Distance

$$E_h = R * d$$

För att få fram det verkliga energibehovet måste även totalverkningsgraden beaktas. Den bestäms utifrån produkten av propeller-, skrov- och transmissionsverkningsgraden och är i här redovisade beräkningar antagen vara 0,6, baserat på tabellvärden enligt (MAN, u.d) och (Kristensen, u.d).

För att uppskatta bränsleförbrukning och avgasemissioner måste även fartygets motors verkningsgrad beaktas. Praktiskt taget alla de registrerade fartygspassagera sker med fartyg som drivs av marina dieselmotorer av varierande storlek och vars verkningsgrader kan variera beroende på typ, storlek, ålder, driftsförhållande mm.

För den här aktuella fartygsflottan bedöms värdet 0,4 vara ett representativt värde. Multipliserat med den ovan antagna verkningsgraden för propeller, skrov och transmission blir den totala verkningsgraden då 0,24. Det totala energibehovet för framdrivning kan då beräknas enligt nedan.

$$E: \text{Total energy}$$

$$\eta: \text{Total efficiency} = 0.24$$

$$E = \frac{E_h}{\eta}$$

3.8 Bränsletyper och specifik bränsleförbrukning

Beräknade data om framdrivningsmotstånd och energibehov har kombinerats med data om verkningsgrad och bränsletyp samt specifik bränsleförbrukning för respektive motortyp. Med hjälp av etablerade empiriska data för specifika emissionsfaktorer (Brynolf, 2014) har därefter även de totala emissionerna av olika avgaskomponenter uppskattats kvantitativt. I uppskattningen antas hälften av förbrukningen på den analyserade sträckan utgöras av MGO (*Marine Gas Oil*) och hälften av tjockare oljekvaliteter eller blandningar som uppfyller SECA-kravet om högst 0,1 % svavelinnehåll. De senare benämns nedan ULSFO (*Ultra Low Sulphur Fuel Oil*). Den antagna fördelningen mellan dessa kvaliteter baseras på uppgifter om levererade proportioner från Stena Oil, som är en av de största bunkerleverantörerna i Sverige. Att denna fördelning kan bedömas vara rimlig styrks även av senare intervju- och enkätundersökningar som genomförts med andra bunkerleverantörer och rederirepresentanter.

3.9 Emissionsberäkningar – specifika emissionsfaktorer

För den analyserade sjötrafiken har totala årliga kvantiteter av energibehov, bränsleförbrukning (i ton och SEK) beräknats. Dessa redovisas tillsammans med beräknade emissioner från motsvarande trafik som omdirigerats till de analyserade alternativa rutterna. Specifika emissionsfaktorer varierar för olika typ, inställning och ålder av motor samt för typ av bränsle och måste därför uppskattas som genomsnittsvärden för den analyserade trafiken. Emissionsfaktorer enligt Tabell 1 har använts för beräkning av de respektive emissionskomponenterna:

Tabell 1. Sammanställning av bränsleegenskaper och specifika emissionsfaktorer som använts för jämförande emissionsuppskattningar.

Bränsletyp Emissionsfaktorer	MGO	Källa/Kommentar	ULSFO	Källa/Kommentar
Energiinnehåll	43 MJ/kg	(Andersson, 2016)	40,5 MJ/kg	
Kolinnehåll	87,4 %	(MEPC, 66/21)	84,9 %	(MEPC, 66/21)
Koldioxid, CO ₂	73 g/MJ MGO	(MEPC, 66/21)	77 g/MJ ULSFO	(MEPC, 66/21)
Koldioxid, CO ₂	3,14 ton/ton MGO	(Brynolf, 2014)	3,12 ton/ton ULSFO	HFO (Brynolf, 2014)
Kvävedioxid, N ₂ O	0,15 kg /ton MGO	(Brynolf, 2014)	0,14 kg/ton ULSFO	HFO (Brynolf, 2014)
Svaveloxid, SO _x (SO ₂)	2,0 kg/ton MGO	0,1 % svavel (Brynolf, 2014)	2,0 kg/ton ULSFO	(Brynolf, 2014)
Kväveoxider, NO _x (NO ₂)	64,5 kg/ton MGO	(Brynolf, 2014)	64,8 kg/ton ULSFO	(Brynolf, 2014)
Partiklar, PM (PM ₁₀)	0,47 kg/ton MGO	(Brynolf, 2014)	2,84 kg/ton ULSFO	HFO med 0,1 % eller skrubber för uppfyllnad av SECA (Brynolf, 2014)

3.10 Bränslekostnader och externa emissionskostnader

För uppskattning och jämförelse av bränslekostnaderna för de olika analyserade alternativen, används även ett indikativt värde för bränslepriset. Priset för de angivna bränsletyperna varierar kraftigt och snabbt och det finns inget entydigt värde för 2015 eller 2016. Prisvariationerna mellan MGO och ULSFO är dock relativt små och prisutvecklingen över tid är snarlik. Det valda värdet som anges i Tabell 2 bedöms rimligt för att göra grova bedömningar av konsekvenser för de totala bränslekostnaderna vid användning av de alternativa omdirigerade rutterna.

Tabell 2. Uppskattade referensvärden för bränslekostnaden 2016.

Bränslepris MGO	Källa/Kommentar	Bränslepris ULSFO	Källa/Kommentar
3 800 SEK/ton	Göteborg 30 juni 2016 (Ship_and_bunker, 2017)	3 500 SEK/ton	Rotterdam 30 juni 2016 (Ship_and_bunker, 2017)

För uppskattning av samhällskostnader orsakade av utsläpp av växthusgaser från transporter i Sverige används vanligen kalkylvärdena framtagna av den myndighetsövergripande samrådsgruppen ASEK⁷ där såväl Trafikverket och Sjöfartsverket ingår (ASEK6.0, 2016). ASEKs kalkylvärden för växthusgaser är tillämpliga för landtransporter såväl som för sjötransporter.

För utsläpp av övriga luftförorenade avgaskomponenter saknar dock ASEK kalkylvärden för sjötransporter. Därför används istället värden från Ricardo-AEA, som ger etablerade Europeiska riktlinjer inklusive specifika kalkylvärden för sjötransporter i Östersjön, (Ricardo, 2014).

Den växthusgas som främst är av intresse är koldioxid, CO₂ men dieselmotorer ger även viss emission av lustgas (dikväveoxid, N₂O), som är en omkring 265 gånger

⁷ ASEK Arbetsgruppen för samhällsekonomiska kalkyl- och arbetsmetoder inom transportområdet

starkare växthusgas (IPCC, 2014). Så länge CO₂ genereras av fossila bränslen är N₂O-emissionen dock av underordnad betydelse eftersom mängderna enligt beräkningarna är avsevärt lägre än övriga komponenter.

De totala emissionerna av kväveoxider NO_x och partiklar PM har uppskattats utifrån beräknad totalförbrukning av de respektive bränsletyperna med de emissionsfaktorer som anges i kapitel 3.9. Emissioner av svaveloxid SO_x är beräknade baserat på att det använda bränslet har en svavelhalt av 0,1 % i enlighet med SECA-reglerna.

Externa kostnader för klimatpåverkan och luftföroreningar har beräknats med hjälp av faktorer hämtade från ASEK respektive Ricardo (omräknade till SEK enligt 9,69 SEK/EUR), se Tabell 3 nedan.

Tabell 3. Nyttjade kalkylvärden för omräkning från emissionsmängder till externa kostnader

Växthusgaser		Luftförorening Ricardo-AEA, Baltic Sea		
CO ₂ eq Ricardo-AEA	CO ₂ ASEK 6.0	NO _x	PM	SO ₂
870 SEK/ton	1 104 SEK/ton	45 540 SEK/ton	133 720 SEK/ton	50 870 SEK/ton

3.11 Grundstötnings- och kollisionrisker

För att bedöma om och hur omdirigeringarna kan komma att påverka sannolikheten för grundstötningar och kollisioner mellan fartyg används programmet IWRAP Mk2 (*IALA Watereay Risk Assessment Program*).

Genom att läsa in AIS-data genereras densitetsplottar som visar fartygstrafiken för de aktuella områdena. Utifrån densitetsplotten modelleras det aktuella området genom att fartygstråk, s.k. *legs*, samt *waypoints* (nodpunkter) definieras för att likna det aktuella sjötrafikmönstret. Stråken går mellan två waypoints, och till varje waypoint kan flera stråk knytas för att definiera var fartygstråk 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 trafikstråkens närområde beräknas också längs definierade djupkurvor och landkonturer.

Den matematiska modellen baseras på en probabilistisk modell där geometriska villkor definierar ett antal s.k. kollisions-/grundstötningskandidater. Antalet kandidater multipliceras med empiriskt bestämda s.k. *causation factors* som representerar sannolikheten att en farlig kurs, orsakad av tekniska eller mänskliga fel, inte skall korrigeras i tid och därmed leda till kollision eller grundstötning. Olika *causation factors* används för olika typer av kollisions- och grundstötningsscenarion vilka karaktäriseras enligt nedan:

- Kollision (mellan två fartyg) – beroende på var de uppstår separeras mellan:
head-on – kollision mellan mötande fartyg
overtaking – kollision vid omkörning i samma trafikstråk
crossing – kollision vid korsande fartygsstråk
merging – kollisioner i nodpunkter där trafikstråk sammanstrålar eller
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.

Kollisioner mellan fiskefartyg eller andra fartyg som inte följer de identifierade fartygsstråken, kan också beräknas av IWRAP och benämns då *area collision*. Denna typ av kollisioner ingår dock ej i här redovisad analys.

De redovisade numeriska värdena för kollisions- och grundstötningssannolikheter är beräknade med de standardvärden (default) som finns för de olika *causation factors* och resultaten har inte korrelerats eller jämförts med faktiskt registrerad incidentstatistik. 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 incidentrisker och de som kan förväntas uppstå efter planerade omdirigeringar av sjötrafiken i området.

Det bör även noteras att de analyserade områdenas karaktär är mycket olika vad gäller trafikintensitet och farledernas komplexitet vilket också försvårar jämförelser mellan områdena. IWRAP är främst utprovat för farleder i yttre kustområden och tenderar i vissa fall att överskatta olyckssannolikheten i inre skärgårdsområden med smala och slingrande farleder.

4 Resultatredovisning

Samtliga beräknade resultat redovisas i strukturerad tabellform nedan för respektive geografiskt område. Kvantitativa värden redovisas under följande underrubriker:

- Bränsleförbrukning och kostnader
- Emissionsuppskattningar och externa kostnader
- Tidsåtgång
- Grundstöttnings- och kollisionsrisker

Underrubriken Grundstöttnings- och kollisionsrisker redovisar resultat från beräkningar med IWRAP och omfattar även tre figurer per område som visar:

- Densitetsplott – en nulägesbild av trafiken med alla fartygsspår under 2016 där röd färg markerar områden med tätast trafik, gul färg anger minde tät trafik och vita linjer är enskilda fartygs spår i glestrafikerade områden. IWRAP-modelleringen av trafiken med legs, waypoints och lateralfördelningsprofiler framgår också, men framgår tydligare av efterföljande figurer utan densitetsplottar.
- Kollisions- och grundstötningssannolikhet i nuläget. IWRAP-beräkningsresultat återges av relativa färgskalor.
- Kollisions- och grundstötningssannolikhet med föreslagen omdirigering av sjötrafiken. IWRAP-beräkningsresultat återges av relativa färgskalor.

IWRAP-illustrationerna över kollisions- och grundstötningssannolikhet visar vilka grundområden/ben/waypoints som är mest utsatta. I färgskalan som återges i figurenas högermarginal representerar blå det som är mest utsatt och gul det som är minst. Det finns också fall där grundområden/ben/waypoints är ofärgade, vilket innebär att inget frekvensvärde har beräknats. Exempelvis så görs inga beräkningar för ändpunkter, waypoints vid analysmodellens yttre rand (modellens ursprungliga svarta waypoints syns).

Notera att färgskalan är relativ inom varje IWRAP-beräkning, dvs en viss färg kan vara kopplad till olika absolutbelopp på frekvenser i olika körningar. Inom varje körning representeras sannolikheterna av tre separata (mycket snarlika) färgskalor: en för grundstötningar på grundområden, en för fartyg-fartygkollisioner på ben (*overtaking*, *head-on*, och *area*⁸) och en för fartyg-fartygkollisioner i waypoints (*crossing*, *merging*, och *bend*). Detta betyder att illustrationerna inte kan användas för jämförelser mellan dessa tre frekvensgrupper. De kan inte heller användas för jämförelser mellan olika körningar. Vidare är angivna färger längs modellens ben (legs) normerade i förhållande till längden av respektive ben.

Densitetsplottar och beräkningsresultat från IWRAP omfattar motsvarande sjötrafikurval som för trafikanalysen i kapitel 2. Övriga tabellerade resultat omfattar endast handelsfartyg av huvudkategorierna *cargo*, *tanker* och *passenger* med *ship type number* 60 – 89 och antalet registrerade turer under 2016 anges för respektive område.

⁸ Fartygskollisioner med fiskefartyg, fritidsbåtar mm. (s.k. Area) inkluderas inte i föreliggande studie.

4.1 Södra Skåne

Totalt antal turer: 16 214

Varav turer med approximerade med medelförbrukning: 27

4.1.1 Bränsleförbrukning och -kostnader

Tabell 4. Södra Skåne, bränsleförbrukning och -kostnader för de olika nuläges- och omdirigeringsalternativen.

	Bränsleförbrukning (ton)		Bränsle-kostnader (Mkr)	Relativ förbrukning (%)		Längd (km)	
	MGO	ULSFO		AIS	referens	Ost- västgående	
Nuläge (AIS)	11 158	11 158	89,26	100,00	100,56	73,0	71,7
Referens (ideal rutt) - samma hastighet	11 095	11 095	88,76	99,43	100,00	72,8	71,5
Omdirigering - oförändrad hastighet	11 109	11 109	88,87	99,56	100,13	73,1	71,9
Omdirigering - oförändrad ankomsttid	11 125	11 125	89,00	99,70	100,27	73,1	71,9

4.1.2 Emissionsuppskattningar och externa kostnader

Tabell 5. Södra Skåne, emissionsuppskattningar och externa kostnader för de olika nuläges- och omdirigeringsalternativen.

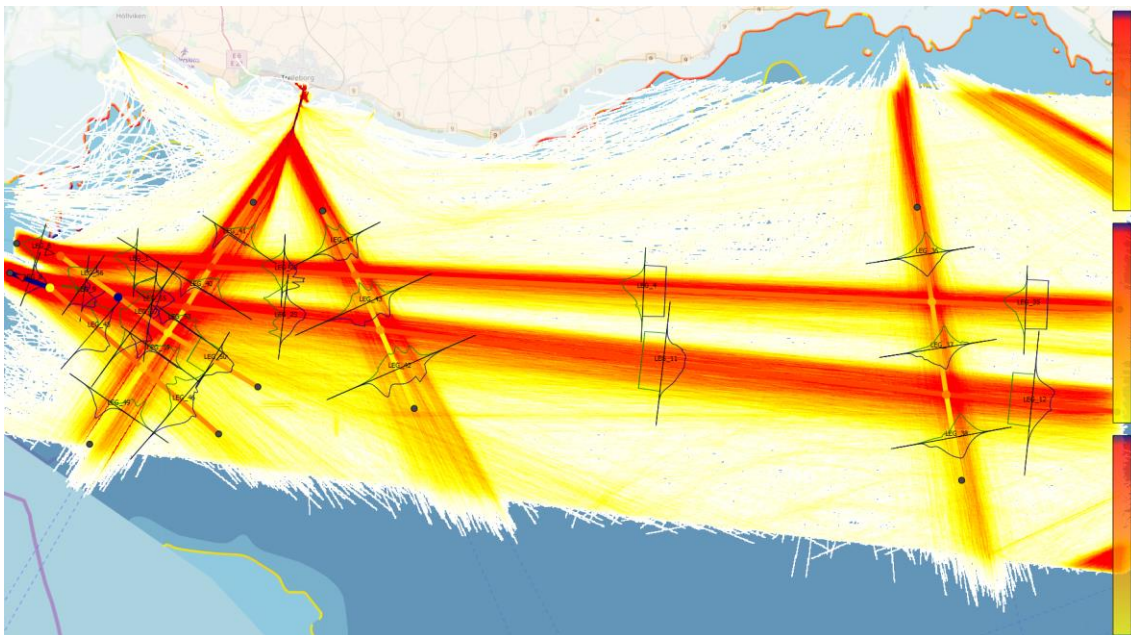
	CO2 (ton)	N2O (ton)	NOx (ton)	PM10 (ton)	SO2 (ton)	Kostnad luftför-oreningar (Mkr)	Kostnad klimatpåverkan (CO2-eq), (Mkr)	
							Ricardo	ASEK
Nuläge (AIS)	69 821	3,26	1 443	36,91	43,79	72,9	61,6	80,6
Referens (ideal rutt) - samma hastighet	69 424	3,24	1 435	36,70	43,54	72,4	61,3	80,1
Omdirigering - oförändrad hastighet	69 512	3,24	1 436	36,75	43,60	72,5	61,4	80,2
Omdirigering - oförändrad ankomsttid	69 613	3,25	1 438	36,80	43,60	72,7	61,5	80,3

4.1.3 Tidsåtgång

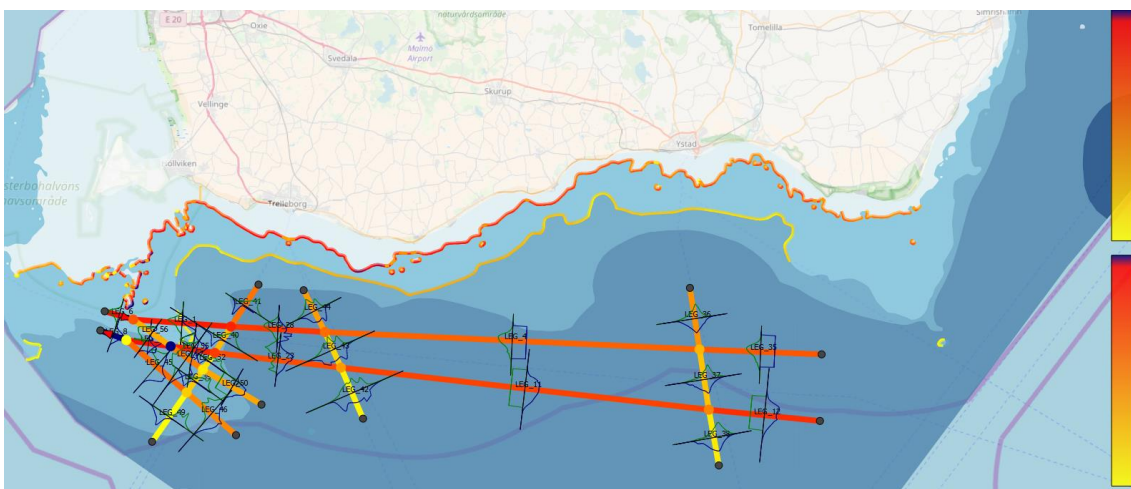
Tabell 6. Södra Skåne, tidsåtgång för de olika nuläges- och omdirigeringsalternativen.

	Tidsåtgång vid 12 knop (hh:min)	Relativ tidsåtgång (%)	
		AIS	referens
Nuläge (AIS)	03:15	100,00	100,25
Referens (ideal rutt) - samma hastighet	03:15	99,75	100,00
Omdirigering - oförändrad hastighet	03:16	100,21	100,46
Omdirigering - oförändrad ankomsttid	-	100,00	100,25

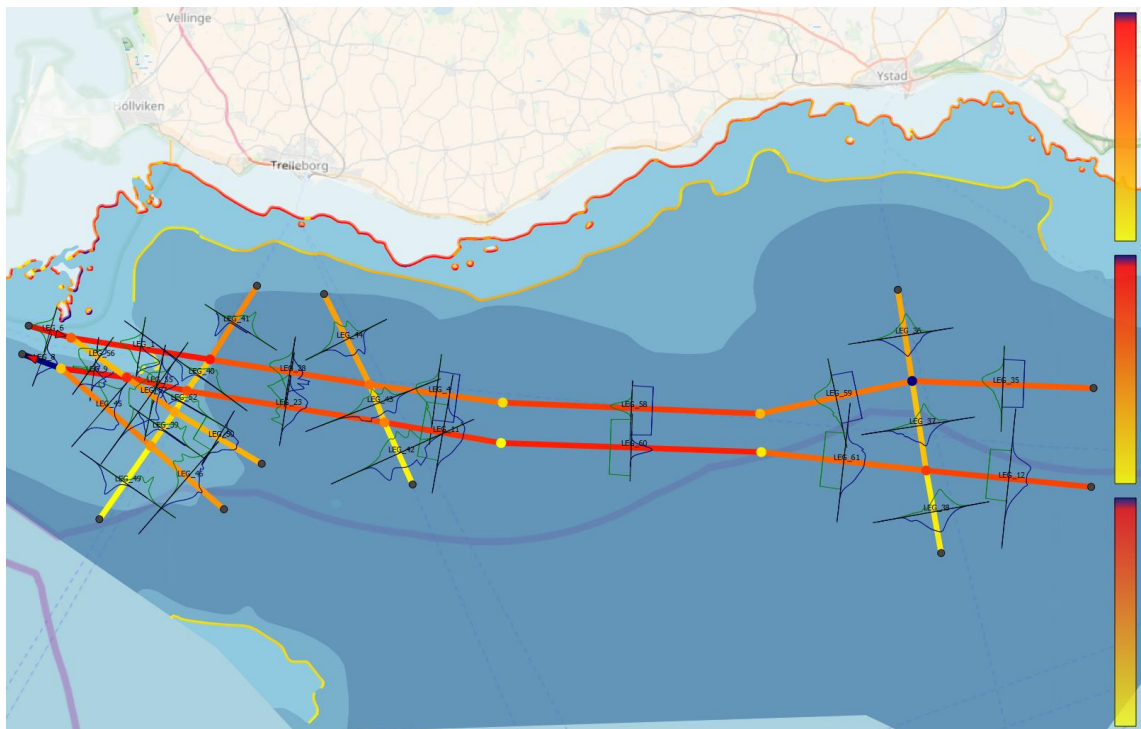
4.1.4 Grundstötnings- och kollisionsrisker



Figur 4.1. Södra Skåne, densitetsplott. Nulägesbild av trafiken med alla fartygsspår under 2016



Figur 4.2. Södra Skåne. Kollisions- och grundstötningssannolikhet i nuläget enligt IWRAP-modellen.



Figur 4.3. Södra Skåne, Kollisions- och grundstötningssannolikhet med föreslagen omdirigering av trafiken.

Tabell 7. Södra Skåne, grundstötnings- och kollisionsrisker för nuläges- och omdirigeringsalternativet

	Nuläge	Omdirigering	Enhet
Powered Grounding	121	109	Förväntad återkomstperiod (år)
Drifting Grounding	15	16	Förväntad återkomstperiod (år)
Total Groundings	13	14	Förväntad återkomstperiod (år)
Overtaking	597	510	Förväntad återkomstperiod (år)
Head-on	13 520	10 040	Förväntad återkomstperiod (år)
Crossing	1 183	1 262	Förväntad återkomstperiod (år)
Merging	11 420	2 971	Förväntad återkomstperiod (år)
Bend	1,40E+08	10 710	Förväntad återkomstperiod (år)
Total Collisions	373	305	Förväntad återkomstperiod (år)

4.2 Långgrund utanför Norrköping/Oxelösund

Totalt antal turer: 849 varav

Nordlig rutt: 37

Varav turer med approximerade med medelförbrukning: 2

Nordostlig rutt: 104

Varav turer med approximerade med medelförbrukning: 6

Ostlig rutt: 708

Varav turer med approximerade med medelförbrukning: 8

4.2.1 Bränsleförbrukning och -kostnader

Tabell 8. Långgrund, bränsleförbrukning och -kostnader för de olika nuläges- och omdirigeringsalternativen.

	Bränsleförbrukning		Bränsle-kostnad (Mkr)	Relativ förbrukning (%)		Rutt- längd (km)		
	MGO(ton)	ULSFO (ton)		AIS	referens	Nordlig	nordostlig	ostlig
Nuläge (AIS)	178	178	1,43	100,00	101,70	30,29	29,06	28,06
Referens (ideal rutt) - samma hastighet	175	175	1,40	97,89	100,00	30,26	27,91	27,32
Omdirigering - oförändrad hastighet	198	198	1,58	110,85	113,25	43,96	38,80	30,81
Omdirigering - oförändrad ankomsttid	265	265	2,12	148,39	151,60	43,96	38,80	30,81

4.2.2 Emissionsuppskattningar och externa kostnader

Tabell 9. Långgrund, emissionsuppskattningar och externa kostnader för de olika nuläges- och omdirigeringsalternativen.

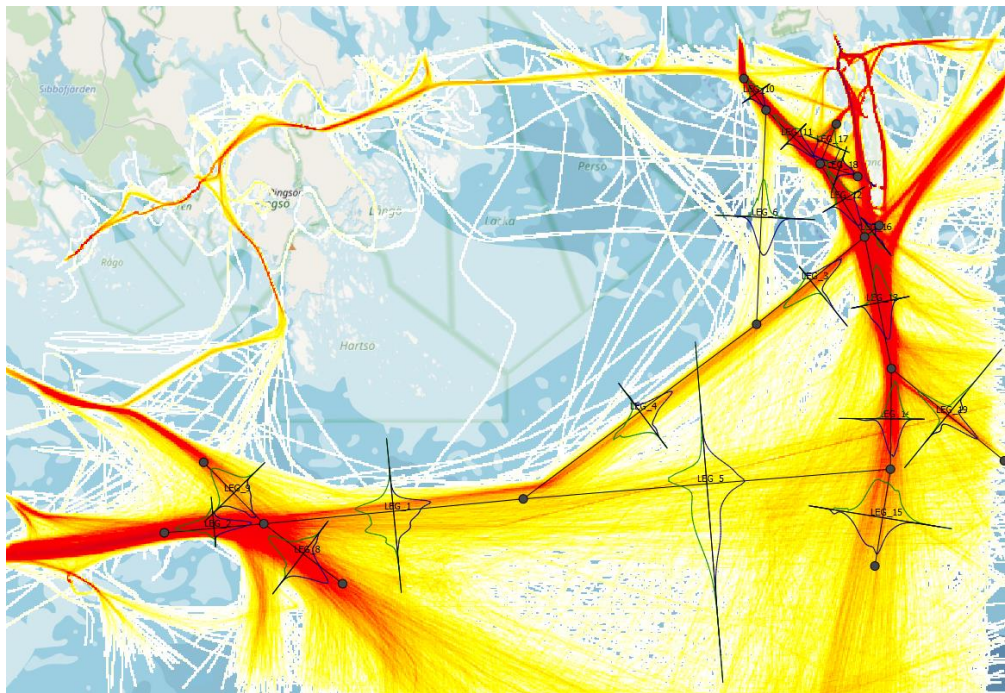
	CO ₂ (ton)	N ₂ O (ton)	NO _x (ton)	PM ₁₀ (ton)	SO ₂ (ton)	Kostnad luftföroreningar (Mkr)	Kostnad klimatpåverkan (CO ₂ -eq), (Mkr)	
							Ricardo	ASEK
Nuläge (AIS)	1 117	0,052	23,08	0,59	0,70	1,17	0,99	1,29
Referens (ideal rutt) - samma hastighet	1 093	0,051	22,59	0,58	0,69	1,14	0,97	1,26
Omdirigering - oförändrad hastighet	1 238	0,058	25,58	0,65	0,78	1,29	1,09	1,43
Omdirigering - oförändrad ankomsttid	1 657	0,077	34,24	0,88	1,04	1,73	1,46	1,91

4.2.3 Tidsåtgång

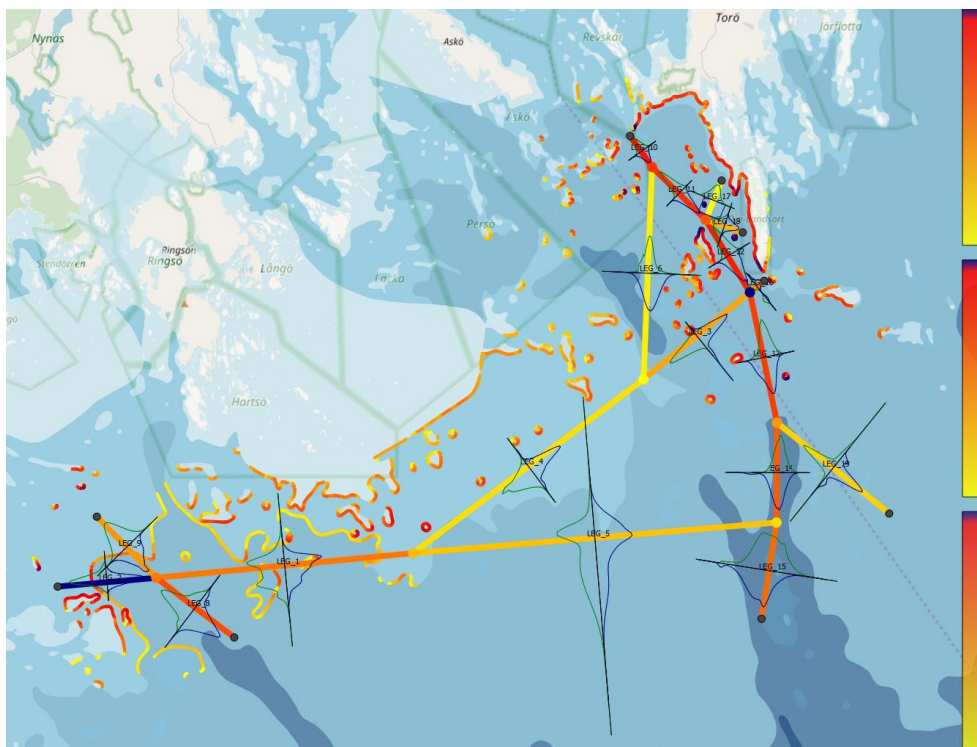
Tabell 10. Långgrund, tidsåtgång för de olika nuläges- och omdirigeringsalternativen.

	Tidsåtgång vid 12 knop (min)			Relativ tidsåtgång (%)					
	Nordlig	Nord- ostlig	Ostlig	Nordlig		Nordostlig		Ostlig	
				AIS	Ref	AIS	Ref	AIS	Ref
Nuläge (AIS)	82	78	76	100,0	100,1	100,0	104,1	100,0	102,7
Referens (ideal rutt) - samma hastighet	82	75	74	99,9	100,0	96,0	100,0	97,4	100,0
Omdirigering - oförändrad hastighet	119	105	83	145,1	145,3	133,5	139,0	112,0	112,8
Omdirigering - oförändrad ankomsttid	-	-	-	100,0	100,1	100,0	104,1	100,0	102,7

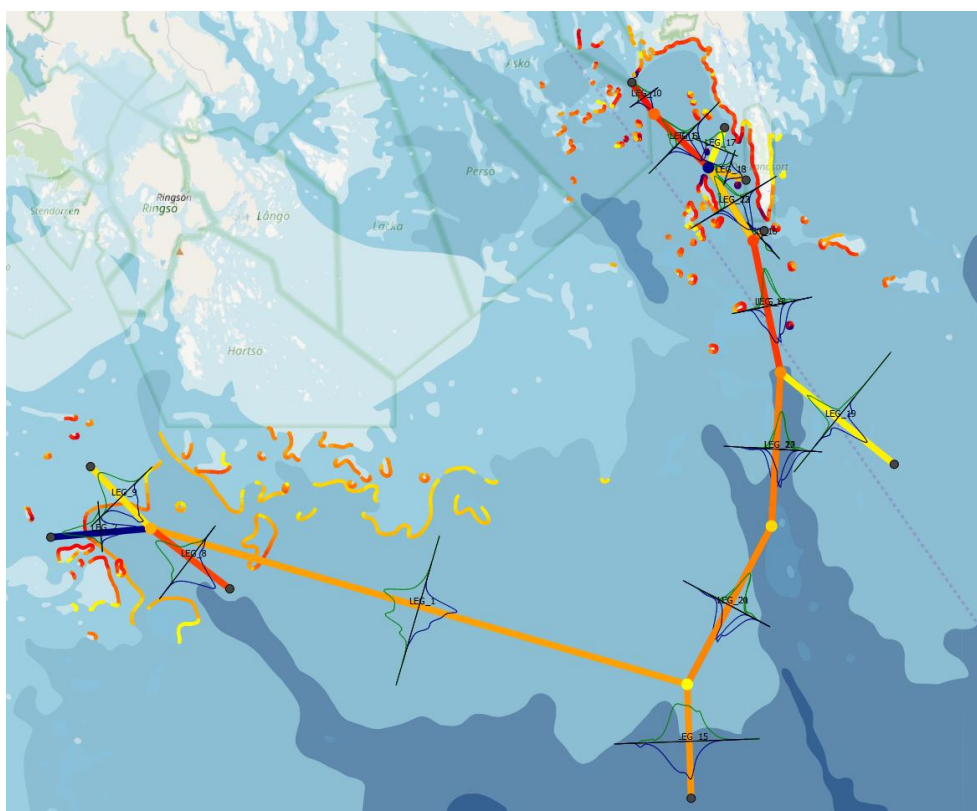
4.2.4 Grundstötnings- och kollisionsrisker



Figur 4.4. Långgrund, densitetsplott. Nulägesbild av trafiken med alla fartygsspår under 2016.



Figur 4.5. Långgrund, Kollisions- och grundstötningssannolikhet i nuläget enligt IWRAP-modellen.



Figur 4.6. Långgrund, Kollisions- och grundstötningssannolikhet med föreslagen omdirigering av trafiken.

Tabell 11. Långgrund, grundstötnings- och kollisionsrisker för nuläges- och omdirigeringsalternativet.

	Nuläge	Omdirigering	Enhet
Powered Grounding	10	9	Förväntad återkomstperiod (år)
Drifting Grounding	34	41	Förväntad återkomstperiod (år)
Total Groundings	8	8	Förväntad återkomstperiod (år)
Overtaking	6 154	5 081	Förväntad återkomstperiod (år)
Head-on	1 317	1 132	Förväntad återkomstperiod (år)
Crossing	8 047	8 189	Förväntad återkomstperiod (år)
Merging	18 060	1 219	Förväntad återkomstperiod (år)
Bend	1 182	808	Förväntad återkomstperiod (år)
Total Collisions	514	307	Förväntad återkomstperiod (år)

4.3 Gävlebukten

Totalt antal turer: 1 427

Varav turer med approximerade med medelförbrukning: 9

4.3.1 Bränsleförbrukning och -kostnader

Tabell 12. Gävlebukten, bränsleförbrukning och -kostnader de olika nuläges- och omdirigeringsalternativen.

	Bränsleförbrukning (ton)		Bränsle-kostnad (Mkr)	Relativ förbrukning (%)		Längd (km)	
	MGO	ULSFO		AIS	referens	Ost-	västgående
Nuläge (AIS)	1 032	1 032	8,26	100,00	99,14		
Referens (ideal rutt) - samma hastighet	1 041	1 041	8,33	100,88	100,00	78,58	82,17
Omdirigering - oförändrad hastighet	1 009	1 009	8,07	97,71	96,86	81,16	84,32
Omdirigering - oförändrad ankomsttid	984	984	7,87	95,37	94,54	81,16	84,32

4.3.2 Emissionsuppskattningar och externa kostnader

Tabell 13. Gävlebukten, emissionsuppskattningar och externa kostnader för de olika nuläges- och omdirigeringsalternativen.

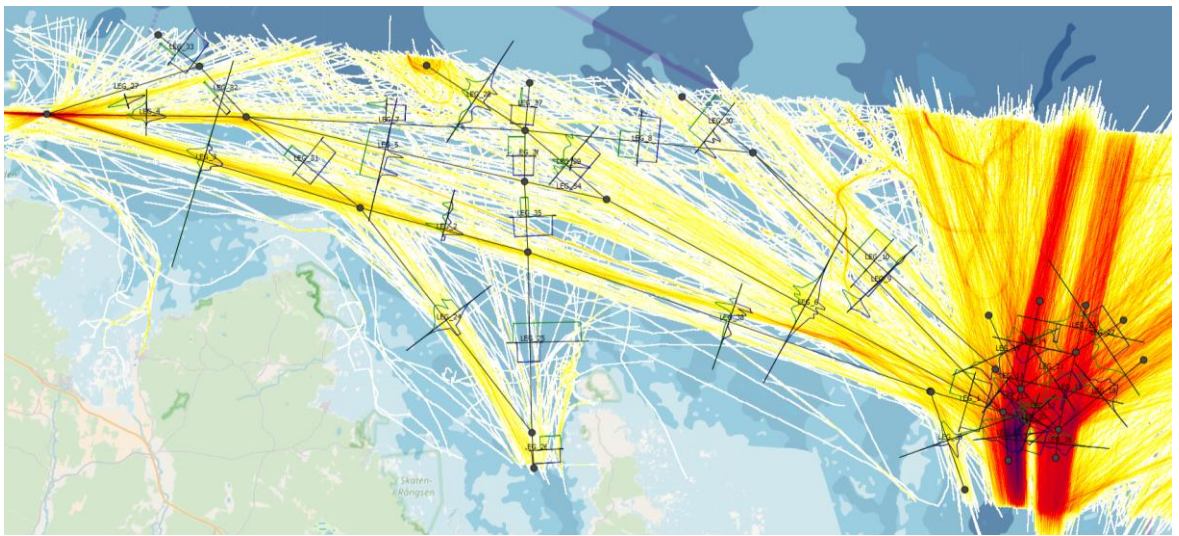
	CO ₂ (ton)	N ₂ O (ton)	NO _x (ton)	PM ₁₀ (ton)	SO ₂ (ton)	Kostnad luftföroreningar (Mkr)	Kostnad klimatpåverkan (CO ₂ -eq), (Mkr)	
							Ricardo	ASEK
Nuläge (AIS)	6 459	0,30	133,5	3,4	4,1	6,74	5,70	7,45
Referens (ideal rutt) - samma hastighet	6 515	0,30	134,6	3,4	4,1	6,80	5,75	7,52
Omdirigering - oförändrad hastighet	6 311	0,29	130,4	3,3	4,0	6,59	5,57	7,28
Omdirigering - oförändrad ankomsttid	6 160	0,29	127,3	3,3	3,9	6,43	5,44	7,11

4.3.3 Tidsåtgång

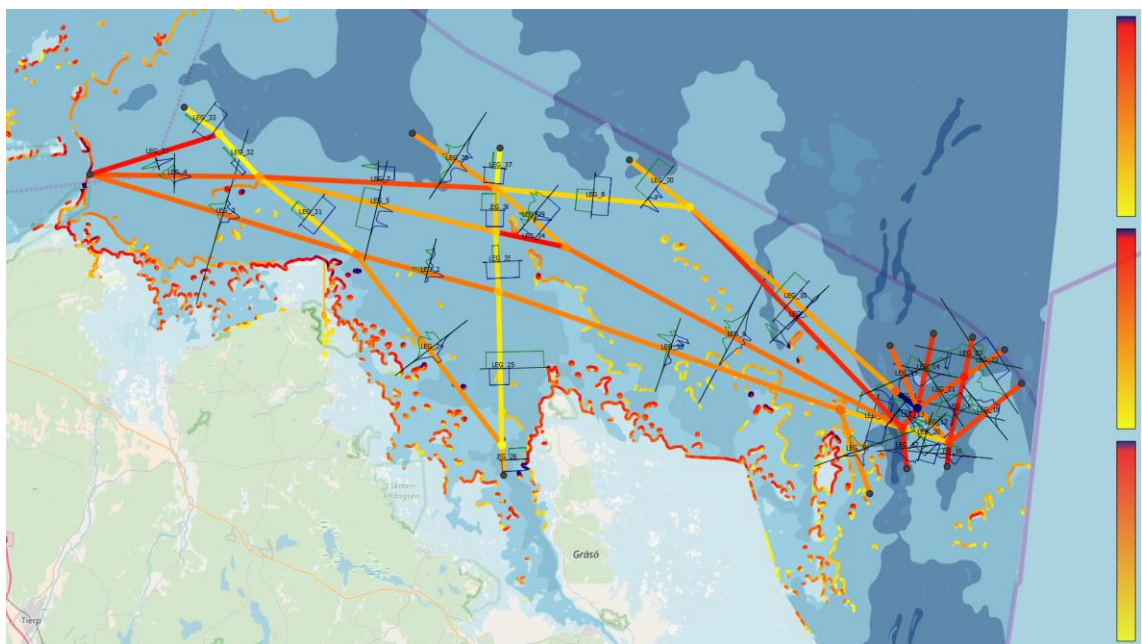
Tabell 14. Gävlebukten, tidsåtgång för de olika nuläges- och omdirigeringsalternativen.

	Tidsåtgång vid 12 knop (hh:min)	Relativ tidsåtgång (%)	
		AIS	ref
Nuläge (AIS)	03:38	100	102,72
Referens (ideal rutt) - samma hastighet	03:37	97,35	100
Omdirigering - oförändrad hastighet	03:43	100,21	102,94
Omdirigering - oförändrad ankomsttid	-	100	102,72

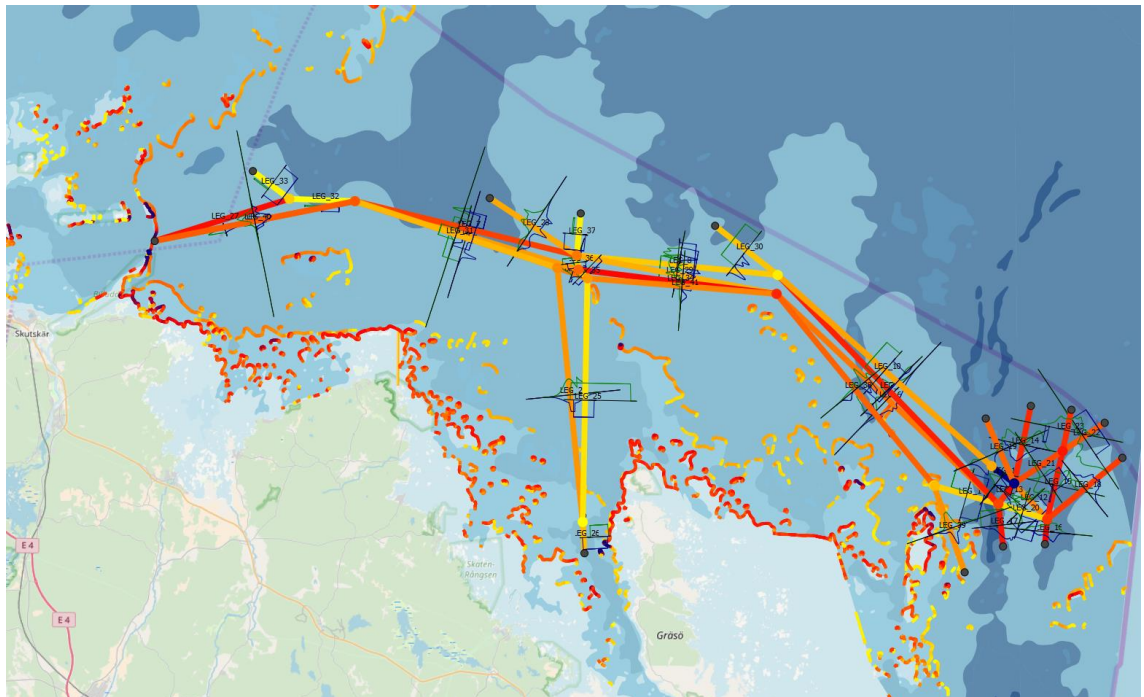
4.3.4 Kollisions- och grundstötningsrisker



Figur 4.7. Gävlebukten, densitetsplott. Nulägesbild av trafiken med alla fartygsspår under 2016.



Figur 4.8. Gävlebukten, Kollisions- och grundstötnings sannolikhet i nuläget enligt IWRAP-modellen.



Figur 4.9. Gävlebukten, Kollisions- och grundstötningssannolikhet med föreslagen omdirigering av trafiken.

Tabell 15. Gävlebukten, grundstötnings- och kollisionsrisker för nuläges- och omdirigeringsalternativet.

	Nuläge	Omdirigering	Enhet
Powered Grounding	48	56	Förväntad återkomstperiod (år)
Drifting Grounding	126	139	Förväntad återkomstperiod (år)
Total Groundings	35	40	Förväntad återkomstperiod (år)
Overtaking	9 687	7 947	Förväntad återkomstperiod (år)
Head-on	3 889	2 989	Förväntad återkomstperiod (år)
Crossing	20 150	15 970	Förväntad återkomstperiod (år)
Merging	279 300	109 100	Förväntad återkomstperiod (år)
Bend	5,19E+06	837 600	Förväntad återkomstperiod (år)
Total Collisions	2 417	1 875	Förväntad återkomstperiod (år)

5 Slutsatser

5.1 Bränsleförbrukning, distanser och emissioner

5.1.1 Södra Skåne – miljö/kostnader

Denna omdirigering omfattar ett mycket stort flöde men den procentuella förändringen mellan nuläget och omdirigeringen är marginell och mindre än den registrerade ”vingelfaktorn”. Genomsnittlig passagetid för fartygen ökar med omkring 1 minut för omdirigeringsalternativet.

Omdirigeringen omfattar totalt 16 214 fartyg men förbrukningsökningen mellan nuvarande idealrutt och omdirigeringsalternativet är mycket liten; 0,13 %. Detta motsvarar en total årlig bränslekostnadsökning av 110 000 kr och ökade externa kostnader för luftföroreningar och klimatpåverkan om 200 000 kr.

5.1.2 Långgrund – miljö/kostnader

Denna omdirigering omfattar tre mindre sjötrafikflöden och berör totalt 849 fartyg varav det minsta flödet (37 fartyg) får en betydande distansökning, upp till 45 % i omdirigeringsalternativet.

Den totala ökningen av årlig bränsleförbrukning för de tre omdirigerade rutterna är 13 % vilket motsvarar en total bränslekostnadsökning av 180 000 kr per år. De totala externa kostnaderna för luftföroreningar och klimatpåverkan ökar med 320 000 kr per år.

5.1.3 Gävle – miljö/kostnader

Denna omdirigering omfattar ett sjötrafikflöde om 1 427 fartyg med upp till 200 m längd. Omdirigeringen innebär en förlängning av distansen med omkring 1,3 nm, men medför ändå en minskning av den totala bränsleförbrukningen med omkring 3,1 % tack vare att inverkan av grunt vatten minskar vid omdirigeringen till den alternativa, något djupare ruten norr om Campsgrund.

Bränsleförbrukningsminskningen motsvarar en årlig kostnadsminskning av 260 000 kr och de totala externa kostnaderna för luftföroreningar och klimatpåverkan minskar med 450 000 kr.

Huvuddelen av sjötrafiken vid Finngrundens nyttjar stråket öster om Finngrundens och omfattar främst trafik på väg till eller från Sundsvall. Trafikstråket väster om Finngrundens nyttjas företrädesvis av trafik till eller från Hudiksvall och passagefrekvensen är omkring en femtedel av den öster om Finngrundens.

5.2 Kollisions- och grundstötningsrisker

5.2.1 Södra Skåne - risker

Grundstötningsrisken domineras av *drifting grounding* som exempelvis kan uppstå vid blackout då fartyg driver in mot grunt vatten. Trots att de analyserade stråken ligger relativt långt från grunda kustområden och friliggande grund, bidrar den höga passagefrekvensen till kort återkomstperiod.

För *powered grounding* indikeras en viss minskning av förväntad återkomstperiod för det analyserade omdirigeringsalternativet. Sammantaget för båda grundstötningstyperna påverkas inte de beräknade grundstötningssannolikheterna nämnvärt för omdirigeringsalternativet i jämförelse med nuläget.

Kollisionsrisken domineras av scenarion typ *overtaking* medan risken för typ *head-on* är liten, vilket beror på att de mötande trafikflödena är tydligt separerade. Sammantaget indikerar dock beräkningarna en liten ökning av kollisionsriskerna och därmed förkortad återkomstperiod för kollisioner i omdirigeringsalternativet. Detta förklaras av att beräkningsmodellen för omdirigeringsalternativet innefattar fyra nya girpunkter i ändpunkterna av den föreslagna nya TSS:en, samt att trafikflödets laterala fördelning förtätas något genom den nya TSS:en.

Generellt sett anses TSS:er bidra till ökad säkerhet och minskade kollisionsrisker och det bedöms inte troligt att den föreslagna omdirigeringen och nya TSS:en i praktiken skulle kunna ge en försämring av kollisionssäkerheten. Bredden av de markerade trafikfälten i den nya och i befintliga TSS:er bedöms vara tillräcklig för säker trafik med identifierat trafikflöde. För kollisionstypen *crossing*, som kan framstå som uppenbar för de korsande trafikflödena från Trelleborg och Ystad, indikerar IWRAP-beräkningarna inte någon förändring av kollisionssannolikheten för omdirigeringsalternativet.

5.2.2 Långgrund - risker

IWRAP-beräkningarna för Långgrund omfattar ett trafikflöde av storleksordningen en tjugondel av det vid södra Skåne, men indikerar ändå en relativt kort förväntad återkomstperiod för grundstötning. Detta bedöms bero på att de analyserade stråken är mer komplexa med flera smala passager och intilliggande grundområden. Beräknade sammanvägda grundstötningssvårighetsvärden är lika för nuläge och omdirigeringsalternativet.

Kollisionstyperna *bend*, *head-on* och *merging* påverkar den sammanvägda återkomstperioden för kollisioner i området. Beräkningarna indikerar en något högre risk och därmed något kortare återkomstperiod för omdirigeringsalternativet, vilket delvis kan förklaras av att de totalt tillryggalagda distanserna är något längre för omdirigeringsalternativet. Den farledsdel, *leg*, som ligger längst i väster och som är gemensam för båda alternativen, utmärker sig som dominerade vad gäller kollisionstyperna *head-on* och *overtaking*.

Den idag relativt flitigt frekventerade ankringsruta B, kommer om föreslagen omdirigering genomförs, att hamna i ett tättrafikerat stråk vilket skulle kunna leda till ökade kollisionsrisker. Om så är möjligt, bedöms det välmotiverat att flytta den markerade ankringsplatsen till en plats mer avskild från det omdirigerade trafikstråket. Även det större markerade ankringsområdet öster om ruta B, kan behöva justeras både med avseende på överlapp med utpekade vindkraftsområde samt närheten till omdirigerad trafik. Det kan noteras att det enligt sjökortet finns oren botten och stora vattendjup nära markerat område, vilket kan komplicera lokalisering av alternativ ankringsplats.

5.2.3 Gävle - risker

Omdirigeringsalternativet innebär att flera befintliga mindre trafikstråk samlas till ett område som ger större marginaler från grunda kustnära områden och till Campsgrund. Detta återspeglas även av beräkningar av förväntade återkomstperioder för grundstötningar som ökar något för såväl *powered* som *drifting grounding*.

Kollisionsberäkningarna domineras av scenarion av typ *head-on*, och indikerar en något ökad sannolikhet och därmed något kortare förväntad återkomstperiod för

omdirigeringsalternativet. Detta kan förklaras av att flera trafikflöden samlas till gemensamma stråk. Beräkningsresultaten för kollisionstyp *head-on* är starkt beroende av vilken lateral trafikfördelning som antas för den omdirigerade trafiken, men det tillgängliga utrymmet för det omdirigerade trafikflödet bedöms vara tillräckligt för att säkerställa god kollisionssäkerhet för aktuellt trafikflöde. Den enskilt smalaste farledsförträngningen (ca 450 m passagebredd) inom analysområdet återfinns i områdets västligaste del vid Väktaren och påverkas inte av omdirigeringsalternativet.

6 Referenser

- Andersson, K. S.-B. (2016). *Shipping and the Environment - Improving Environmental Performance in Marine Transportation*. Springer.
- Brynmolf, S. (2014). *Environmental assessment of Present and Future Marine Fuels*. Gothenburg: Chalmers University of Technology .
- Forsman, B. (2017). *Omdirigeringsanalys av sjöfart kring Hoburgs bank och Midsjöbankarna. HaV:s rapport 2017:11. SSPA RE20168000-01-00-B*.
- ITTC. (1978). *ITTC – Recommended Procedures and Guidelines. 1978 ITTC Performance Prediction Method*.
- MEPC. (66/21). *2014 Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for SHIPS*. IMO, Resolution MEPC.245(66). 66/21/Add.1, Annex 5. 4 April 2014.
- Papanikolaou, A. (2014). *Ship Design - Methodologies of preliminary design*. Springer.
- Ship_and_bunker. (2017). *Statistics retrieved from:*
<http://shipandbunker.com/prices/emea/nwe>.
- SSPA. (2017). *Sea traffic and consequence analysis of a proposed new routing system and measures in Skagerrak and Kattegat. SSPA Report RE 20178197-01-00-B. 2017-07-31 .*
- SFS 2015:400. Havsplaneringsförordningen. Miljö- och energidepartementet, juni 2015.
- SjöV, 2017. Sjöfartsverket, Lotsområde Malmö, Restriktioner och riktvärden.
<http://www.sjofartsverket.se/sv/Sjofart/Lotsning/Lotsomraden/LO-Malmo/Riktvarde--restriktioner/Flintrannan/>
- SJÖFS 2013:4. Sjöfartsverkets tillkännagivande av register över allmänna farleder och allmänna hamnar. Sjöfartsverket, 11 december 2013.
- Kristensen, H. O. (u.d.). Shipowners DK. Hämtat från
https://www.shipowners.dk/services/beregningsvaerktoejer/download/basic_model_linkarea_link/163/wp-2-report-4-resistance-and-propulsion-power.pdf
- MAN. (u.d.). MAN Marine Engines & Systems. Hämtat från
<https://marine.man.eu/docs/librariesprovider6/propeller-aftship/basic-principles-of-propulsion.pdf?sfvrsn=0>
- Ricardo. (2014). Ricardo-AEA/R/ ED57769, Update of the Handbook on External Costs of Transport. 2014-01-08 .
- ASEK6.0. (2016). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.0, 2016-04-01. Trafikverket.
- IPCC. (2014). IPCC AR5 GWP10. Intergovernmental panel on climate change, Fifth assessment report, GWP10. WHO, UNEP.
- Allenstöm et al, 2009. Squat effects on single screw ships.
Marsim 09 - SNAME conference August 2009, Panama City, Panama.

Sjöfartsanalyser i havsplaneringen

I sitt uppdrag att ta fram havsplaner identifierar Havs- och vattenmyndigheten (HaV) bl.a. områden för; användningsområde sjöfart. I vissa fall måste dessa anpassas till andra identifierade användningsområden, såsom exempelvis energiproduktion och planerade vindbruksprojekt. På uppdrag av HaV har SSPA Sweden AB analyserat möjliga omdirigeringsalternativ för sjöfarten kring tre olika planerade vindbruksområden genom att jämföra dagens sjötrafik och konsekvenserna av olika omdirigeringsalternativ vad avser bränsleförbrukning och -kostnader, tidsåtgång, avgasemissioner samt olycksrisker.

Denna studie utreder och redovisar konsekvenserna av tänkta förändringar i fartygstrafiken för tre separata områden; södra Skåne, Gävlebukten och Långgrund utanför Norrköping/Oxelösund, där omdirigering av sjötrafik kan bli aktuell p.g.a. planerade vindkraftsanläggningar till sjöss. Konsekvenser i form av bränsleförbrukning, emissioner, tidsåtgång samt olycksrisker redovisas i jämförelse med dagens situation.

Havs- och vattenmyndighetens rapport 2017:35
ISBN 978-91-87967-84-9

Havs- och vattenmyndigheten
Postadress: Box 11 930, 404 39 Göteborg
Besök: Gullbergs strandgata 15, 411 04 Göteborg

www.havochvatten.se

**Havs
och Vatten
myndigheten**
