



Nr U 6584
April 2022

Studie på sjöfartsområdet

Styrmedel och scenarier för sjöfartens
omställning

På uppdrag av Energimyndigheten

Erik Fridell, Julia Hansson, Karl Jivén, Linda Styhre, Åsa Romson, Rasmus Parsmo

Författare: Erik Fridell, Julia Hansson, Karl Jivén, Linda Styhre, Åsa Romson, Rasmus Parsmo
På uppdrag av: Energimyndigheten
Rapportnummer U 6584

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2022**
IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	3
Sammanfattning.....	5
1. Inledning	7
2. Sammanfattning av pågående diskussioner kring mål och styrmedel.....	7
2.1 IMO.....	8
2.2 EU	10
2.3 Sverige	11
3. Kunskapsläget avseende alternativa bränslen	12
3.1 Utbredning av alternativa marina bränslen	13
3.1.1 Globalt.....	13
3.1.2 Sverige.....	14
3.2 Alternativa marina bränslen - översikt.....	15
3.3 Klimatprestanda för fartygsbränslen.....	17
3.4 Framdrivningstekniker	21
3.5 Lämplighet för olika segment	25
4. Scenarier	29
4.1 Beskrivning av scenarier	29
4.2 Resultat i scenarier	36
5. Hinder	43
5.1 Hinder för landel och batteridrift	43
5.2 Hinder för förnybara bränslen.....	45
5.3 Strukturella hinder	46
5.4 Ekonomiska och finansiella hinder	47
6. Styrmedel och nationell rådighet	48
6.1 Nationella incitament för laddning/användning av el vid kaj	48
6.2 Reduktionsplikt för svenska sjöfartens drivmedel	49
6.3 CO ₂ -fond finansierad av branschen.....	50
6.4 Investeringsstöd - fartyg, infrastruktur och produktion av bränsle	51
6.5 Klimatkrav på myndigheters flotta och upphandlingar.....	51
6.6 Breddad ekobonus	52
6.7 Utveckling av Sjöfartsverkets avgifter	52
6.8 Översiktlig bedömning av styrkor och svagheter för de olika styrmedlen	52
6.8.1 Incitament för el vid kaj och laddning.....	53
6.8.2 Reduktionsplikt för marina drivmedel	53
6.8.3 CO ₂ -fond	54
6.8.4 Investeringsstöd.....	54
6.8.5 Krav på statens fartyg och i upphandling av sjötrafik	54
6.8.6 Breddad ekobonus och Sjöfartsverkets avgifter	55

6.9	Fördjupad analys av reduktionsplikt	55
7.	Referenser.....	58
	Bilaga A – Frågor till hamnar kring elnät och framtida landelsanslutning	65

Sammanfattning

Sjöfarten står inför en stor omställning mot fossilfri drift av fartygen. Denna rapport beskriver styrmedel, tekniska frågor, hinder och scenarier för framtiden relaterat till denna utveckling. Inom IMO (International Maritime Organization) finns mål uppsatta för en minskning av utsläppen av växthusgaser från sjöfarten, styrmedel för kortsiktiga åtgärder finns på plats, främst avseende energieffektivisering, och mer långsiktiga "market based measures" diskuteras. Inom EU finns ett antal förslag som när de implementeras kommer att få stor inverkan på sjöfarten och dess utsläpp av växthusgaser. Det handlar om förnybara bränslen, landel, införlivandet av sjöfarten i utsläppshandelssystemet ETS och beskattning av marina bränslen. I Sverige finns bland annat miljödifferenterade farledsavgifter och ecobonus, men ytterligare kraftfulla styrmedel krävs för att nå de mål om minskning av växthusgasutsläpp som satts upp.

Det finns ett stort antal möjliga framtida hållbara marina bränslen som diskuteras t.ex. ammoniak, metan, metanol, vätgas och syntetisk diesel. De kan produceras på olika sätt: som biobränslen, elektrobränslen (där man använder tillgänglig el) eller som "blå" bränslen från naturgas kombinerat med infångning och lagring av koldioxid. Tillverkningsmetoden har stor betydelse för klimatprestandan där till exempel användning av gödsel för att producera metan-bränsle till och med kan resultera i negativa emissioner av växthusgaser. Bränslena kan generellt användas i bränsleceller eller förbränningsmotorer. Förbränningsmotorer finns välutvecklade för syntetisk diesel och metanol, medan utvecklingen pågår för ammoniak och vätgas. Bränsleceller används främst med vätgas, men även metanol och ammoniak kan användas direkt. Här finns än så länge få exempel på marina applikationer. I tillägg fortgår utvecklingen med ökad användning av eldrift. Användningen är i dagsläget främst begränsat till landel för fartyg vid kaj, och till vissa fartyg inom kollektiv- och färjetrafik, men batteritekniken utvecklas snabbt. Olika tekniker för att använda vind för framdrift är också under utveckling.

Ett antal scenarier presenteras i rapporten för utvecklingen av bränslemix och utsläpp av växthusgaser för svensk sjöfart, med syftet att analysera olika tänkbara styrmedel. I ett grundscenario analyseras utvecklingen av trafiken vilken förväntas öka fram till 2050 med olika takt för olika fartygssegment. Användningen av bränsle i sjöfartssektorn beräknas genom att ta hänsyn till förväntad ökning av trafiken och beslutade styrmedel avseende energieffektivisering, vilket resulterar i en ökande bränslekonsumention för svensk sjöfart 2050 jämfört med idag då ökningen i trafiken ger större effekt än energieffektiviseringen. Potentialen för elektrifiering av svensk sjöfart analyseras i ett scenario både avseende ökad användning av landel och introduktion av batterier för främst närsjöfart. Resultaten visar att eldrift kan bidra till att minska ökningen av emissioner av växthusgaser, men att ytterligare åtgärder behövs för att åstadkomma en sänkning av emissionerna. I ett annat scenario analyseras potentialen av användning av metan både som LNG och LBM med utgångspunkt i förväntad produktionspotential. Förnybar metan kan vara en viktig komponent för att minska utsläppen av växthusgaser, men det behövs ytterligare åtgärder för att nå betydande minskningar. I ett annat scenario analyseras vad som skulle krävas för att nå IMO:s mål att minska utsläppen av växthusgaser med 50 % till 2050 med hjälp av biodiesel, biometanol eller e-ammoniak. I det sista scenariot analyseras effekterna av de styrmedel som föreslås inom EU:s "Fit for 55".

Det finns ett antal hinder som kan försena en utveckling mot ökad hållbarhet inom svensk sjöfart, både för eldrift och förnybara bränslen. Vidare finns strukturella hinder samt ekonomiska och finansiella hinder som behöver överbryggas. Den låga kostnaden för fossila marina bränslen (vilka är obeskattade) är en utmaning och en nyckel är att få till effektiva styrmedel. Hinder finns

exempelvis i form av att det tar tid att bygga upp produktionskapacitet för förnybara bränslen och att det råder stor osäkerhet kring vilka val som framöver kommer visa sig vara fördelaktiga, vilket gör att många redare har en stor utmaning i att välja lösning vid nybeställningar av fartyg. I dagsläget kan det också finnas en svårighet att få finansiering för hållbarare, men oftast dyrare, lösningarna, och det råder en osäkerhet kring om varuägare är beredda att betala för de extra kostnaderna.

Vidare diskuteras styrmedel som kan införas på nationell nivå. Här analyseras styrmedel för ökad användning av el, om en reduktionsplikt kan införas även för marina bränslen, en potentiell CO₂-fond liknande den norska NO_x-fonden, investeringsstöd till ny teknik och bränsleinfrastruktur, klimatkrav på statens flotta, breddad ekobonus samt en vidareutveckling av miljödifferenterade farledsavgifter.

1. Inledning

Sjöfarten står inför en stor omställning för att bidra till att minska utsläppen av växthusgaser. 2018 stod internationell sjöfart globalt för 1056 miljoner ton utsläpp av koldioxidekvivalenter (CO_{2e}), vilket motsvarar cirka 2,9 % av de antropogena utsläppen (Faber et al., 2020). I Sverige står inrikes sjöfart för ca 700 kton CO_{2e}, och i tillägg rapporterar Sverige att internationell sjöfart bidrar med cirka 8 miljoner ton (Naturvårdsverket 2022). Branschen är totalt dominerad av fossil olja där residual-olja med hög viskositet och hög svavelhalt länge har dominerat. Sedan 2015 finns regler kring svavelinnehåll i bränslet som används i Östersjön och Nordsjön som drivit en övergång till lågsvavligt destillat (gasolja) och blandprodukter; högsvavligt bränsle används fortfarande i kombination med skrubbrar för rening av svaveloxid. De senaste åren har även förvätskad naturgas (LNG) ökat som marint bränsle och även metanol används i ett fåtal fartyg. El används av vissa fartyg när de ligger vid kaj samt vid drift av några enstaka färjor i Öresund. Användandet av biobränslen är, utöver viss inblandning av hydrerad vegetabilisk olja (HVO) i vissa färjor, endast på pilotskala samt i form av viss inblandning av förnybar metan (LBM).

Inom IMO, EU och i Sverige har identifierats att sjöfarten behöver ställa om och det förs diskussioner kring styrmedel och målsättningar. På ett tekniskt plan finns stora möjligheter för sjöfarten att ställa om. Jämfört med andra trafikslag är det färre motorer som ska byggas om, mindre omfattning på utbyggnad av infrastruktur och mindre komplexitet kring utrymme och vikt. Ett stort hinder är priset på bränslen där de fossila alternativen är billiga då de inte beskattas. Andra hinder är fartygens långa livslängd och energitätheten i bränslen som oftast är lägre för alternativen till fossila oljor. Dessutom finns en problematik kopplat till sjöfartens internationella karaktär och vilka styrmedel som enskilda länder kan införa jämfört med vilka som måste enas om globalt eller i alla fall av flera länder.

IVL Svenska Miljöinstitutet har i detta uppdrag för Energimyndigheten tittat på styrmedel, tekniska frågor, hinder och scenarier för framtiden som ett underlag för Energimyndighetens vidare arbete. Kapitel 2 innehåller en sammanfattning kring styrmedel på internationell, EU, och svensk nivå; i Kapitel 3 diskuteras olika alternativa bränslen och framdrivningsmetoder medan Kapitel 4 beskriver ett antal scenarier att använda som underlag i framtida analyser. Kapitel 5 diskuterar olika hinder för en övergång till fossilfri sjöfart medan Kapitel 6 tar upp tänkbara nationella styrmedel.

2. Sammanfattning av pågående diskussioner kring mål och styrmedel

Här sammanfattas läget kring mål och styrmedel för sjöfarten avseende utsläpp av växthusgaser. Texten är uppdelad på internationella mål och styrmedel från IMO, mål och styrmedel från EU, samt nationella mål och styrmedel. Detta är ett område där mycket förväntas hända under 2022 och man kan konstatera att flera ambitiösa mål är satta men att konkreta styrmedel saknas i flera fall.

2.1 IMO

Inom IMO antogs 2018 en plan för att minska sjöfartens utsläpp av växthusgaser (IMO, 2018). Den var uppdelad i åtgärder som skulle införas på kort, medellång och lång sikt (motsvarande 2018–2023, 2023–2030 respektive efter 2030). Följande mål sattes upp av IMO (mer specifikt IMO:s Marine Environment Protection Committee, MEPC; IMO, 2018):

- Den internationella sjöfartens utsläpp av växthusgaser ska minska med 50 procent till år 2050 med 2008 som basår samt fasas ut helt under 2100-talet.
- Intensiteten i utsläppen av CO₂ ska minska så att utsläppen av CO₂ per transportarbete minskar med 35 procent till 2030 och 70 procent till 2050, med 2008 som basår.

Det var ursprungligen inte beslutat hur utsläppsintensiteten ska definieras. Vid MEPC 76 beslutades att det ska mätas som utsläpp av CO₂ per nominell kapacitet hos fartygen, normalt mätt som fartygets dödvikt (DWT)¹. Denna definition tar alltså inte hänsyn till verklig last ombord.

De åtgärder för kort sikt som har antagits hittills är Energy Efficiency Design Index (EEDI), och Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). EEDI är ett index som anger hur energieffektivt ett fartyg minst måste vara². Det gäller för nya fartyg från 2013 och kraven skärps efter hand. Kraven på indexvärde är olika för olika fartygstyper och beror av fartygens storlek. I princip är indexet mätt som beräknad mängd CO₂ som släpps ut som funktion av fartygets nominella kapacitet (vanligen DWT) multiplicerat med fartygets nominella fart, även om det finns undantag. Det finns även en mängd olika justeringar till exempel för isklass, och för design av RoRo och RoPax fartyg (roll-on roll-off respektive roll-on roll-off passager). Genomförda bränslebesparingsåtgärder tas också hänsyn till. Regelverket är utformat så ett nytt fartyg måste uppfylla kraven för att få tas i bruk. EEDI omfattar alla fartyg med en bruttodräktighet över 400 ton och som går i internationell trafik (med undantag för fartyg utan mekanisk framdrivning³). Enligt Transport & Environment (2017) var EEDI-kravet inledningsvis olika tufft för olika fartygskategorier och större förändringar förväntades framför allt för bulk-fartyg men även gas- och tankfartyg.

SEEMP innebär att fartyg måste ha en energieffektiviseringsplan, en plan för hur utsläppen påverkas genom exempelvis val av hastighet, ruttplanering, underhåll med mera. Samtliga fartyg i internationell trafik med en bruttodräktighet på över 400 ton har sedan 2013 krav på sig att ha en energieffektiviseringsplan SEEMP. Enligt Lång och Björk (2021) saknas det studier som utvärderat effekten av SEEMP.

Vid MEPC 76 beslutades om flera åtgärder för medellång sikt. Här redogörs för några av de viktigaste. Ett är Energy Efficiency Index for Existing Ships (EEXI), vilket är ett liknande index som EEDI fast det gäller för befintliga fartyg (byggda före 2013) oavsett ålder, och gäller för frakt- och kryssningsfartyg över 400 GT som faller under MARPOL Annex VI. En del detaljer i regelverket kommer att beslutats under 2022 med målet att reglerna börjar gälla den 1 januari 2023. Detta är en slags engångsregel och fartyg som inte klarar kraven 2023 kommer inte att få användas. Det finns

¹ [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air%20pollution/MEPC.336\(76\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air%20pollution/MEPC.336(76).pdf)

² <https://www.transportstyrelsen.se/sv/sjofart/Miljo-och-halsa/Klimat-och-energi/Regler-om-energieffektiv-konstruktion-och-drift-av-fartyg/#:~:text=Designrelaterade%20krav%20kommer%20snart%20att,tekniska%20f%C3%B6rb%C3%A4ttrings%C3%A5tg%C3%A4rder%20i%20befintliga%20fartyg.>

³ https://transportstyrelsen.se/globalassets/global/regler/remisser/sjofart/160113_konsekvensutredning-mepc.251_66_-och-258_67.pdf

olika åtgärder som fartygen kan vidta för att klara kraven (vanligast blir troligen en begränsning av motorernas effekt i kombination med fartminskning), men ett antal fartyg kommer antagligen att behöva skrotas.

Ett annat beslutat verktyg är Carbon Intensity Indicator (CII) som också kommer att börja gälla 2023. CII är ett mått på hur effektivt ett fartyg transporterar gods eller passagerare och anges i gram CO₂ som släpps ut per lastkapacitet och nautisk mil (fartygens utsläpp per nominellt transportarbete). Ett värde på indikatorn räknas ut årligen för varje fartyg som utifrån detta värde klassas från A till E, beroende på fartygstyp och fartygets storlek. Kraven för de olika nivåerna A–E skärps sedan succesivt fram till 2030 för att kunna minska intensiteten i sjöfarten totalt. En korrigerande åtgärdsplan måste tas fram och godkännas som en del av SEEMP för fartyg som uppnår ett D-betyg tre år i följd eller ett E-betyg under ett enstaka år. CII gäller för alla frakt-, RoPax- och kryssningsfartyg över 5 000 GT. En analys av hur den europeiska fartygsflottan presterar enligt CII har bland annat gjorts i ett aktuellt examensarbete från Chalmers (Forsmark & Mårtensson, 2022). Enligt Forsmark & Mårtensson skulle 48 % av de fartyg som trafikerat EU:s farvatten 2019 inte ha uppnått ett godkänt betyg vid införandet av regleringen 2023 om de presterade som under 2019. CII förväntas leda till effektivitetsförbättringar (t.ex. sänkt toppfart) snarare än ökad användning av alternativa bränslen.

IMO har även introducerat en databas (Ship fuel oil consumption database⁴) där alla fartyg större än 5 000 GT årligen rapporterar bränsleförbrukning och den sträcka de kört. Denna databas är inte offentlig.

Man kan notera att de hittills beslutade åtgärderna fokuserar på intensiteten för utsläppen. Med en ökande sjöfart kommer de inte att räcka till för att nå de absoluta målen. Inom IMO pågår nu även diskussioner om mer långsiktiga styrmedel, så kallade *market-based measures* (MBMs). Denna diskussion startade 2010 men har varit inaktiv ett tag. Det finns ett antal förslag till IMO som har diskuterats (se sammanställning i Lagouvardou et al., 2020 och Psaraftis et al., 2021) med målet att ha något på plats 2030. Tanken är att göra klimatneutrala bränslen mer ekonomiskt attraktiva än fossila. De långsiktiga styrmedel som har föreslagits inkluderar avgift på marina bränslen (som tex samlas i en internationell fond för växthusgasutsläpp), handel med utsläppsrätter (olika varianter, antingen som del av befintliga utsläppshandelssystem eller ett system för sjöfarten), hybrid-varianter som kombineras med och använder Energy Efficiency Design Index som riktmärke och diverse andra förslag. Vid MEPC75 föreslogs till exempel en fond för att finansiera forskning och utveckling av nya lösningar för sjöfarten som skulle finansieras av sjöfartsindustrin genom en avgift på bränslen motsvarande 2 USD/ton bränsle. Inga beslut har dock fattats.

Inom IMO pågår även arbete med att ta fram riktlinjer för att beräkna sjöfartens utsläpp av växthusgaser från bränslen ur livscykelperspektiv⁵ (LCA). I januari 2022 publicerades ett uppdaterat utkast med förslag på riktlinjer för växthusgasutsläpp och koldioxidintensitet för marina bränslen framtaget av en rad länder inklusive EU (IMO, 2022). Detta utkast innehåller förslag till beräkningsmetodik och föreslagna så kallade default-värden för olika bränslen för well-to-tank (WTT) och tank-to-propeller (TTW).

⁴ <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Data-Collection-System.aspx>

⁵ <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Lifecycle-GHG---carbon-intensity-guidelines.aspx>

2.2 EU

Det övergripande målet för EU:s klimatarbete fastställs i the Green Deal som innebär att EU ska vara klimatneutralt senast 2050 och fram till 2030 ha minskat utsläppen av växthusgaser med 55 procent. För transportsektorn slås fast att målet innebär att en reduktion om 90 procent är nödvändig till 2050. Green Deal är beslutad gemensamt av rådet och parlamentet och därmed färdigbehandlad (EC, 2019).

För att uppfylla målet har två stora paket lanserats. En mobilitetsstrategi, Sustainable & Smart Mobility Strategy - Putting European transport on track for the future, som presenterades av kommissionen i december 2020 (EC, 2020). Strategin har behandlats av rådet men inte av parlamentet (EP, 2021). Strategin innehåller en mängd konkreta förslag och fastställer ett antal milstolpar till 2030, 2035 respektive 2050. Till 2030 ska bland annat 30 miljoner nollemissionsbilar användas i EU, trafik med höghastighetståg ha fördubblats, kollektivtrafik under 500 km vara fossilfri och nollemissionsfartyg finnas på marknaden. Till 2035 ska nollemissionsflygplan finnas på marknaden. Till 2050 ska nästan alla vägfordon ha nollutsläpp, godstransporter på järnväg ha dubblats och trafik med höghastighetståg ha tredubblats (EC, 2020).

Det andra initiativet, Fit for 55, är EU:s strategi för att nå målet till 2030 och presenterades av kommissionen sommaren 2021. I stort sett är det en översyn av lagstiftning på klimat-, energi- och transportområden för att de ska bidra till att 55 %-målet nås (EUR, 2021). Det har ännu inte behandlats klart av rådet eller parlamentet och är således än så länge endast förslag. Flera delar av förslagen påverkar sjöfarten vilket inkluderar (EUR, 2021):

- Förnybarhetsmålet i direktivet om förnybar energi föreslås skärpas till att 40 procent av den totala energimixen ska vara förnybar 2030 i stället för tidigare mål om 32 procent.
- FuelEU Maritime, med nya mål och krav för hållbara bränslen inom sjöfart. Bland annat med krav om att minska växthusgasintensiteten stegvis upp till 75 procent fram till 2050 för bränsle som används av fartyg (2 % till 2025, 6 % till 2030, 13 % till 2035, 26 % till 2040, 59 % till 2045 och 75 % till 2050). Gäller enligt förslaget fartyg över 5 000 GT oavsett flagg. Förslaget innehåller även krav på att passagerarfartyg, RoPax och containerfartyg ska använda landel från 2030.
- Infrastrukturdirektivet (Directive for Alternative Fuel Infrastructure) föreslås revideras och framöver inkludera ett krav på att det ska tillhandahållas landel för fartyg i hamnar. Medlemsländerna ska också se till att det finns bunkringsmöjligheter för LNG i hamnar.
- I den föreslagna omarbetningen av EU:s energiskattedirektiv föreslås även att sjöfarten beskattas, vilket innebär att marina bränslen och el för transporter inom EU ska beskattas. Dock kommer alternativa bränslen såsom biobränslen och elektrobränslen att få andra skattenivåer. Separata lägre minimiskattenivåer föreslås för bränsle som används för färjor och fiske- och fraktfartyg inom EU för att undvika risken att de bunkras med bränslen utanför EU. Minimiskattenivåerna ska också anges per energienhet istället för per volym.
- EU:s handelssystem för utsläppsrätter (EU ETS) föreslås revideras och en del består av att sjöfarten föreslås införlivas i EU ETS gradvis med start 2023 med 20 % av utsläppen detta år, 45 % 2024, 70 % 2025 till 100 % år 2026. Enligt förslaget ska all sjötransport inom EU ingå liksom hälften av transporterna till och från EU. Enbart CO₂-utsläpp ingår inledningsvis och utsläppsrätterna föreslås auktioneras och handel kan ske med övriga sektorer. I kommissionens förslag är en del fartyg undantagna (t.ex. de under 5 000 GT) men förslaget är ännu inte slutförhandlat (Zetterberg et al., 2021). De knäckfrågor som kvarstår inkluderar omfattningen (både storlek på fartyg och geografiskt), tidsperioden för introduktionen och vem som ska ha betalningsansvaret.

2.3 Sverige

Inrikes sjöfart ingår i klimatmålen enligt Klimatpolitiska Ramverket (Regeringen, 2016). Detta inbegriper ett etappmål till 2030 om att utsläppen från inrikes transporter (exklusive inrikes flyg) ska minska med 70 procent till 2030 jämfört med 2010 års nivåer. Till 2045 är målet att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser. Utsläppen från verksamheter inom svenskt territorium ska då vara minst 85 procent lägre än 1990 och resten kan tas ut av kompenserande åtgärder. Utsläpp från internationell sjöfart, definierat som utsläpp från bunkringsbränsle till internationell sjöfart, omfattas inte av målen. Det nämns i klimatpolitiska ramverket att Sverige samarbetar med andra länder och med internationella organisationer för att minska utsläppen från internationell sjöfart. Därutöver skrivs det att utsläpp från internationell sjö- och luftfart "måste hanteras separat" (Regeringen, 2016).

I oktober 2020 gavs Miljömålsberedningen i uppdrag att föreslå en samlad strategi och bereda mål för klimatpåverkan från svensk konsumtion, oavsett var utsläppen sker (Regeringen, 2020). Direktivet slår fast att Miljömålsberedningen ska "utifrån en bred analys av flygets och sjöfartens klimatpåverkan och möjligheter till utsläppsminskningar, också föreslå etappmål för flygets klimatpåverkan samt bereda möjligheten till etappmål för sjöfartens klimatpåverkan" (Regeringen, 2020).

För inhemsk sjöfart har ett par olika styrmedel införts eller diskuterats.

Ekobonus är en miljökompensation för överflyttning av gods till sjöfart som riktar sig till redare och ska stimulera till nya sjötransportupplägg. Enligt Transportstyrelsens konsekvensutredning beräknas varje tonkilometer som flyttas från lastbil med släp till sjöfart i genomsnitt minska koldioxidutsläppen med hälften, och med en femtedel för lastbil utan släp (Transportstyrelsen, 2017). I mars 2022 redovisade Trafikverket regeringsuppdraget om förlängd och breddad ekobonus (Trafikverket, 2022) med utgångspunkt i förslaget från Trafikanalys om En breddad ekobonus (Trafikanalys, 2019). Syftet är att främja överflyttningen av gods till järnväg och sjöfart och underlätta för intermodala transporter i syfte att påskynda effektiviseringen vid omlastning av gods samt stimulera till nya transportlösningar, där beslut om stöd till sjöfarten bör utgå från hög klimatnytta och hög energieffektivitet.

Miljödifferentierade farledsavgifter har funnits i Sverige i många år. Från och med 2018 differentieras farledsavgiften med hänsyn till ett antal olika miljöaspekter varav klimatanpassning är en viktig del. Sjöfartsverket är ansvarig för systemet med miljödifferentierade farledsavgifter. Vierth & Johansson (2020) konstaterar att av de fartyg som får rabatt har majoriteten nästan högst poäng i kategorin koldioxidutsläpp, vilket leder till att incitamenten är små för att vidta ytterligare åtgärder för dessa utsläpp.

Möjligheten att få till stånd likvärdiga miljö- och klimatstyrningsincitament även i hamnavgiften undersöks av den nationella samordnaren för inrikes sjöfart och närsjöfart på Trafikverket. Vidare ingår bland annat i uppdraget att utreda förutsättningarna för hur effektiva gröna korridorer kan bidra till minskade utsläpp inom sjöfarten och verka för att sådana etableras i enlighet med Clydebänkdeklarationen, vilken lanserades i november 2021 vid Förenta nationernas klimatmöte i Glasgow (Regeringen, 2022).

Stöd för vissa åtgärder inom sjöfarten kan sökas hos Naturvårdsverket via Klimatklivet⁶. Till exempel kan stöd för utbyggnad av el vid kaj sökas och vissa aktörer har även fått stöd via EU för detta. Via Clean Shipping Index⁷ kan elanvändning för fartyg ge reduktion av farledsavgifter. Vissa hamnar, ofta kommunalt ägda, som har infört differentierade hamnavgifter ger miljörabatter till rederier som t.ex. väljer att investera i elanslutning ombord på ett fartyg eller har andra mer miljöanpassade fartyg. Elen som används för sjöfart är i stort sett undantagen från skatt, men vissa svårigheter finns för el till mindre fartyg samt kring näthanteringen. Stöd till utbyggnad av laddinfrastruktur för sjöfarten bedöms leda till relativt stora reduktioner av växtgasutsläpp. För information om hur offentligt upphandlad trafik börjat ställa om för att bidra till målen för transportsektorn hänvisas till Kapitel 6.

På senare tid har följande nya eller förstärkta nationella styrmedel aviserats. Under 2022 har regeringen annonserat att man vill satsa på en breddad ekobonus. Denna satsning ska uppgå till 100 miljoner kronor per år mellan 2022 och 2024. Den breddade ekobonusen är riktad till bland annat sjötransporter, järnvägstransporter och godstransporter som sker med mer än ett transportsätt, samt åtgärder som effektiviserar omlastning av gods och stimulerar nya transportlösningar.

Regeringen föreslår även att Sjöfartsverket genom en klimatkompensation får 300 miljoner kronor per år 2023 och 2024. Detta för att stärka myndighetens ekonomi och minska trycket på att få in intäkter från farledsavgifterna. Sjöfartsverket föreslås också få ett ökat anslag på 45 miljoner kronor per år 2022 till 2024 och därefter 6 miljoner kronor per år för att kunna påbörja omställningen av Sjöfartsverkets egen fartygsflotta till att bli fossilfri.

För närvarande pågår ett uppdrag med mål att lämna underlag på transportområdet till den kommande klimatpolitiska handlingsplanen. Trafikanalys leder detta arbete där Energimyndigheten ansvarar för ett delprojekt om att lämna styrmedelsförslag kring transportsektorns energitillförsel (drivmedel och tillhörande infrastruktur). Föreliggande rapport utgör underlag för det arbetet men kommer också att användas som underlag för Energimyndighetens långsiktiga scenarier över energisystemets utveckling som tas fram vartannat år och där man ser ett behov av att utveckla scenarierna över sjöfartens drivmedelsanvändning.

3. Kunskapsläget avseende alternativa bränslen

I detta kapitel görs en genomgång kring alternativa bränslen. Användningen i dagläget diskuteras dels i ett globalt perspektiv, dels i ett svenskt. Olika alternativa bränslen och deras klimatprestanda diskuteras och emissionsfaktorer för utsläpp well-to-tank (WTT) och tank-to-propeller (TTW), vilka används i scenarioanalysen (Kapitel 4), presenteras. Vidare diskuteras framdrivningstekniker och lämpligheten för olika alternativ för olika fartygssegment.

⁶ Enligt SOU 2021:48 hade ett fåtal ansökningar för tankanläggningar för biodrivmedel och för laddningsstationer för landströmsförsörjning till sjöfart beviljats genom Klimatklivet.

⁷ <https://www.cleanshippingindex.com/>

3.1 Utbredning av alternativa marina bränslen

3.1.1 Globalt

Ungefär 99,5 % av alla fartyg i drift globalt drivs med konventionella fossila bränslen (DNV, 2021b). Globalt ökar LNG-drivna fartyg och antalet fartyg som använder batterier, men även fartyg som drivs med framför allt metanol och flytande gasol/petroleumgas (LPG) introduceras, om än i liten skala (DNV, 2021b). Uttryckt som procent av den totala globala flottan utgjorde i juni 2021 fartyg som använder batterier 0,3 %, LNG-drivna fartyg 0,19 % och metanoldrivna fartyg 0,01 % enligt DNV (2021b, ursprungsreferens är DNV:s Alternative Fuels Insight-plattform). Merparten utgjordes av närsjöfart och icke-fraktfartyg. Om man ser på antalet fartyg som hade beställts före juni 2021, utgjorde fartyg med konventionella bränslen 88,2 % och de knappt 12 % för alternativa bränslen fördelades enligt följande: LNG 6,1 %, batterielektriska lösningar 3,85 %, LPG 1,5 %, metanol 0,3 %, vätgas 0,06 % och ammoniak 0,02 % (DNV, 2021b). Förutom elektrifieringen är de alternativa marina bränslen som introduceras för närvarande fortfarande huvudsakligen fossilbaserade.

Avseende antal fartyg fanns det i juni 2021 globalt 509 LNG-drivna fartyg i drift och på beställning, exklusive fartyg som transporterar LNG (DNV, 2021b). LNG ökar för oceangående fartyg. För batterilösningar fanns det 2021 522 fartyg i drift och på beställning (inklusive helelektriska fartyg, samt laddningsbara och icke-laddningsbara hybrider) (DNV, 2021). Batterilösningar har introducerats bland färjor/passagerarfartyg och servicefartyg inom närsjöfarten. Några av dessa fartyg drivs helt av el (helelektrisk), medan merparten av fartygen är hybridlösningar där diesel eller biobränslen används som komplement (DNV, 2021). Från och med juni 2021, fanns det 79 fartyg som använder gasol som bränsle och 25 som använder metanol, vilka antingen är i drift eller är på beställning. Dessa fartyg är främst gasoltankfartyg och kemikalietankfartyg, som även transporterar sitt bränsle som last.

Det finns en mängd scenarier som med olika metodik försöker att uppskatta vilka bränslen som kan komma att bli gällande i framtiden och i vilka mängder dessa kommer att efterfrågas. Då det fortfarande handlar om teknik och ett politikområde i utveckling är det fortfarande mycket svårt att entydigt säga vilka lösningar som kommer att bli gällande. Till exempel uppskattar DNV (2021a) att LNG-marknaden fortsätter och ökar till en topp fram till strax före 2040. DNV (2021b) redovisar en mängd olika scenarier med olika bränslemixar beroende på antagande om olika ambitiösa styrmedel för att minska växthusgasutsläppen och hur snabbt flottan växer, där t.ex. fossil LNG utgör allt från 0 upp till 60 % av den totala bränslemixen 2050. EC (2021) redovisar kopplat till det föreslagna FuelEU Maritime ett scenario för år 2050 med 89 % marina bränslen med låga CO₂-utsläpp.

Gällande konsumtion av alternativa marina bränslen är mängden bunker av icke-fossilt ursprung fortfarande försvinnande liten sett både ur ett svenskt och ett globalt perspektiv.

Konsumtion av fossil LNG har sedan introduktionen runt millennieskiftet ökat stadigt, och inom EU uppskattas konsumtionen till totalt 1,3 TWh (2018), 3,2 TWh (2019) och 3,9 TWh (2020), där konsumtionen av LNG 2020 motsvarar cirka 0,8 % av totalt bunkrat inom EU (Jivén et al., 2022).

3.1.2 Sverige

Sveriges officiella statistik över sjöfartens förbrukning av bränslen har fram till år 2019 inte redovisat andra kategorier än eldningsolja 1, eldningsolja 2–6 samt diesel, dvs statistik för förnybara komponenter samt LNG har saknats. Från 2019 anges även mängd av LNG, samt för inrikes sjöfart HVO samt fettsyrametylestrar (fatty acid methyl esters, FAME) (Holmgren, 2021).

Baserat på sålt bränsle till fartyg i Sverige, utgjorde förnybara marina bränslen 2019 (exklusive el) cirka 2 % av bränsleförbrukning för inrikes sjöfart i Sverige, där HVO utgjorde den absoluta merparten (Energimyndigheten, 2021b; Energimyndigheten, 2020b; sammanställd i Holmgren et al., 2021). 2020 användes 5 % förnybara bränslen för inrikes sjöfart i Sverige (Energimyndigheten, 2021b).

Av den totala bränsleanvändningen för den svenska inrikes sjöfarten utgörs nästan 50 % av statligt drivna eller upphandlade fartyg varav Gotlandstrafiken ensam svarar för cirka 35 % och övrig kollektivtrafik till sjöss (främst i Stockholm och Göteborg) ca 7 % (Holmgren et al., 2021). Kollektivtrafikens två huvudmän Västtrafik och Region Stockholm har som mål att över tid gå över till förnybara drivmedel. Region Stockholm nådde 2020 målet om att 50 procent av sjötrafiken ska drivas med förnybart bränsle. Västtrafik har målet att all kollektivtrafik från år 2030, oavsett trafikslag ska drivas med förnybar energi (Holmgren et al., 2021). För en mer detaljerad beskrivning av omställningen av den svenska kollektivtrafiken till sjöss hänvisas till Holmgren et al. (2021).

Andra statliga aktörer inkluderar Trafikverkets Färjerederi, Sjöfartsverket och Kustbevakningen. Trafikverket (2018) har analyserat förutsättningarna för en omställning till fossilfrihet för statligt ägda fartyg och lämnat förslag till en strategi som i första hand föreslår elektrifiering eller att använda förnybar diesel, men även andra förnybara drivmedel som metanol, etanol och biogas nämns (Hjalmarsson, 2018). Även Sjöfartsverket och Kustbevakningen har analyserat och föreslagit hur respektive myndighets flotta ska kunna bli fossilfri (Andreasson et al., 2021; Nilsson 2021).

Förnybart bränsle inom sjöfarten i Sverige ändvänder idag (april 2022) för enstaka fartyg, exempelvis genom inblandning av cirka 10 % förnybar flytande metan (LBM) för de två Gotlandsfärjorna med LNG-framdrivning (Holmgren et al., 2021), två RoPax-färjor mellan Helsingör och Helsingborg som är elektrifierade samt ett antal fartyg med landanslutning i hamn (det finns exempel på RoPax-fartyg som har elhybridlösningar). Viss användning och inblandning av HVO har också skett, t.ex. av Sjöfartsverket. Stenas färja Germanica (RoPax-fartyg som trafikerar Göteborg-Kiel) har konverterats till metanoldrift och använder metanol (dock främst fossil metanol) för delar av sin framdrift. Sjöfartsverket har testat metanol för en konverterad lotsbåt med ottomotor och planerar ytterligare tester med metanol i fartygsmotorer av dieseltyp (Holmgren et al., 2021; Andreasson et al., 2021).

För Färjerederiets färjor är planen att de ska förses med elektrisk framdrivning med batterier, eller för linfärjor helelektrisk drift med kabel, men även andra alternativ som laddhybrid, etanol, biometanol, biogas, bränsleceller och HVO är möjliga (Holmgren et al., 2021). Hittills har ett antal linjefärjor byggts om till elektrisk drift och den största färjeleden Hönöleden har under senare år i perioder körts på 100 % HVO (Holmgren et al., 2021).

Intresset bland svenska rederier som idag har LNG-fartyg att gå över till förnybart bränsle är stort. Vid direkta diskussioner med merparten av dessa uttalas en stark vilja att fasa ut LNG till förmån för förnybart producerad metan, LBM. De flesta LNG-motorer kan även drivas med enbart

eldningsolja vilket gör att priset för olja jämfört med LNG har stor påverkan på vilket bränsle som används.

3.2 Alternativa marina bränslen - översikt

Det finns flera olika alternativa marina bränslen som har potential att bidra med låga utsläpp av koldioxid. Dessa inkluderar till exempel el, olika typer av biobränslen som metanol, biodieseln HVO eller biodiesel från andra biomassabaserade oljor, förvätskad biogas (LBG/LBM, se nedan) och etanol, vätgas och olika typer av elektrobränslen (dvs bränslen som produceras av el, vatten och koldioxid eller kväve även kallat power-to-X) som kan inkludera ammoniak. Det är också möjligt att använda vindkraft för framdrivning av fartyg (i alla fall delvis). Därtill finns bränslen som produceras från naturgas men som kombineras med koldioxidinfångning och lagring (CCS).

I denna rapport har valet gjorts att använda uttrycket *Liquid Bio-Methane* (LBM), bland annat på grund av att uttrycket *flytande biogas* (LBG), som ofta används, inte täcker den metan som kan produceras som ett elektrobränsle baserat på koldioxid från rötningsprocessen och heller inte inkluderar metanisering av syngas från förgasningsanläggningar.

Hur är då situationen för olika alternativa marina bränslen och vilka är nyckelfaktorerna som påverkar dessa? Det finns en rad faktorer som påverkar förutsättningarna för olika bränslealternativ vilka varierar mellan olika fartygssegment. Exempel på viktiga faktorer är teknisk mognadsgrad, kostnader för bränslet, framdrivningstekniken och teknik för lagring av bränslet, tillgång och tillgänglighet (bunkringsinfrastruktur), miljöpåverkan, behov av ytterligare lagringsutrymme ombord på fartyget och säkerhet. Tabell 2 sammanfattar förutsättningarna för en rad olika marina bränslealternativ avseende olika faktorer. Förutsättningarna beskrivs något mer utförligt i den löpande texten.

Viktiga aspekter kopplade till marina biobränslen är framtida utbudspotential och kostnad. Låginblandning av biobränslen i de konventionella marina bränslen som används idag gör det dock möjligt att på kort sikt öka användningen av vissa av de biobränslen som produceras i viss skala idag (till exempel HVO och LBM). Metanol, som kräver anpassade motorer, används redan i begränsad utsträckning i global kommersiell sjöfart. Även om den metanol som används ofta har fossilt ursprung, är det ombord på fartyget samma teknik som behövs. Det finns även en internationell standard för metanol (till skillnad från vätgas och ammoniak). Det har inte varit något större intresse för etanol som marint bränsle i Sverige.

Att skifta från fossil LNG till en förnybart producerad förvätskad metan, LBM, kräver ingen anpassning ombord på fartyget då bränslets kemiska sammansättning är likartad.

Potentialen att fasa ut fossila bränslen inom sjöfarten, ur ett svenskt perspektiv, har bland annat bedömts i en nyligen publicerad studie kopplat till att ersätta fossil LNG med LBM (Jivén et al., 2022). I studien konstateras att den teoretiska potentialen för att hållbart producera förnybar metan i Sverige bedöms till storleksordningen 30 TWh/per år på sikt. Detta kan jämföras med de totalt cirka 30,6 TWh fossilt sjöfartsbränsle 2020 (sammansaget alla bunkerkvaliteter) levererade i Sverige. Om 15 % av fartygsbränslet i Sverige går till fartyg drivna med huvudsakligen metan (LNG-motorer) skulle alltså drygt 4 TWh LBM behövas till sjöfarten, vilket på sikt bedöms som möjligt. Detta kräver dock en långsiktig och målmedveten utbyggnad av produktionskapaciteten för LBM. Studien bygger på att den totala mängden biometan som kan produceras genom rötning till och med 2045 byggs ut till knappt 20 TWh. Intressant är även att de rederier som idag har och

planerar att bygga fartyg som är LNG-drivna överlag ser en övergång till förnybar flytande metan som en både trolig och eftersträvsvärd utveckling (Jivén et al., 2022).

Växthusgasutsläppen från förnybart producerad flytande metan är ur ett LCA-perspektiv låga. Metan producerad med gödselsubstrat leder till och med till negativa utsläpp på grund av de direkta metanutsläpp som undviks om gödsel tas omhand och används till. Tillgången på gödsel som substrat är dock relativt begränsad.

Förnybart producerad flytande biometan har kunnat tillgängliggöras sjöfarten vid kaj till ett pris på 0,8–0,9 SEK/kWh, medan LNG kunnat bunkras för storleksordningen 0,3 SEK/kWh. Sveriges riksdag (2021) har fattat beslut om att introducera ett biogasproduktionsstöd om 500 MSEK för 2022 och 700 MSEK för 2023 och 2024. Detta stöd bedöms kunna minska kostnaden för LBM med 0,25–0,4 SEK/kWh. Därutöver uppskattas införlivandet av sjöfarten i EU:s utsläppshandelssystem ETS kunna öka konkurrenskraften för förnybar flytande metan i jämförelse med fossil LNG genom att kostnader för utsläppsrätter undviks på en nivå om 0,2 SEK/kWh⁸. Sammantaget ser det alltså ut som att dagens prisskillnader mellan fossil LNG och förnybar flytande metan kan komma att minskas avsevärt. För tillfället (april 2022) råder helt andra prisnivåer på energi i allmänhet, och LNG i synnerhet, än vad som historiskt varit gällande. Det är möjligt att uppskatta framtida produktionskostnader för inhemskt producerad LBM, men däremot mycket svårt att i rådande omständigheter förutsäga framtida prisnivåer på LNG.

För övriga förnybara drivmedel som diskuteras kopplat till sjöfartens omställning, som metanol och ammoniak finns det inte någon nämnvärd produktion idag i Sverige. Maersk Line har meddelat att de avser att bygga ett antal nya stora containerfartyg som ska drivas med förnybart producerad metanol (Maersk, 2021b). Då Maersk Line är världens största rederi och även ligger långt fram i den tekniska utvecklingen är det troligt att detta val av bränsle kommer att följas av andra rederier. Parallellt med besluten att bygga fartyg drivna av metanol har även arbetet med att bygga produktionskapacitet för förnybar metanol kommit igång. I Sverige sker detta exempelvis genom det svenska företaget Liquid Winds långt gångna planer på att bygga en anläggning i Örnsköldsvik, som ett första steg i deras planer att producera förnybar metanol (DI, 2022), vilken beviljats stöd från Klimatklivet. På sikt talar rederier som Maersk, som verkar inom oceansjöfart, om att de idag framför allt ser två framtida förnybara bränslen: förnybart producerad metanol och förnybart producerad ammoniak (Maersk, 2021a). För att ammoniak ska kunna introduceras i större omfattning som fartygsbränsle krävs ett fortsatt arbete med att säkerställa att ämnets toxicitetsrisker kan hanteras på ett säkert sätt. En stor fördel med ammoniak är att detta bränsle inte innehåller något kol. I det fall förnybara bränslen som ammoniak och metanol används i konventionella förbränningsmotorer finns fortsatt problematik med bildandet av skadliga emissioner som kväveoxider och partiklar samt buller. Dessa kan undvikas om bränslena istället används i bränsleceller.

Batterielektrisk framdrivning representerar ett mycket effektivt sätt att använda energi ombord på fartyg och det finns som nämnts ovan en mängd fartyg med denna lösning i drift. Detta alternativ är främst av intresse för mindre fartyg och de största utmaningarna inkluderar kostnad, vikt, hållbarhet för och tillgång till batterier. Det är batteriernas relativt låga energidensitet som gör att det krävs större plats och att de väger mer än konventionella bränslen. Behovet av plats och vikten för batterierna kan innebära att detta alternativ inte är möjligt för vissa fartygstyper. För färjor som rör sig korta sträckor är möjligheten till snabbaddning viktig eftersom det kan leda till lägre behov

⁸ Beräknat på ett utsläppspris om 80 Euro/ton koldioxid samt att LBM har en växthusgasreduktion om 65 % i förhållande till fossil LNG.

av batterikapacitet, vilket signifikant reducerar både vikt och investeringskostnad (Jivén et al., 2020). Redan idag kan fartyg med helelektrisk drift, för kortare avstånd där de kan laddas relativt regelbundet, som kollektivtrafiksfärjor, konkurrera kostnadsmässigt med fossila alternativ om både investerings- och driftskostnader räknas med. Detta till trots att fartygsbränsle fortfarande är obeskattat och inte belastas med miljöavgifter som koldioxidavgifter eller kostnader för övriga emissioner som kväveoxider, svavel eller partiklar (Jivén et al., 2020).

Potentialen för elektrobränslen inom sjöfarten beror främst på utbyggnaden och kostnaden för förnybar el och kostnadsutvecklingen för elektrolysörer, men också på utvecklingen av tekniken för att fånga in och lagra koldioxid (CCS) (Lehtveer et al., 2019; Hansson et al., 2021; Brynolf et al., 2022). Vissa elektrobränslen är möjliga att blanda med befintliga marina bränslen. Utsikterna för elektrobränslets roll inom sjöfarten kommer också att bero på de riktlinjer för växthusgasutsläpp ur ett livscykelperspektiv som ska föreslås framöver av IMO.

De viktigaste aspekterna för vätgas som sjöfartsbränsle är kopplade till möjligheten att kunna lagra stora mängder vätgas ombord på fartyg men även övrig infrastruktur, den relativt höga investerings- och driftskostnaden, kostnadsutvecklingen för elektrolysörer och förnybar el, teknikens mognadsgrad och brist på utarbetade klasskrav för att definiera vad som krävs för att säkerhetskraven ska anses vara uppfyllda. Produktionen av den förnybara vätgasen behöver också skalas upp.

För ammoniak är, liksom för vätgas, utbyggnad och kostnad för förnybar el en viktig faktor. Andra viktiga faktorer som behöver studeras vidare är förbränningsegenskaper och möjliga utsläpp av lustgas (N₂O) och ammoniakläckage, liksom säkerhetsfrågan kopplat till ammoniakens toxicitet. På grund av ammoniakens toxicitet skapas nya utmaningar kopplat till säker bunkring, lagring, försörjning och användning. Liksom för vätgas behöver produktionen av förnybar ammoniak öka betydligt. För både vätgas och ammoniak är den tekniska mognaden lägre än för biobränslen och elektriska lösningar, och fortsatt utveckling för marina applikationer är nödvändig. Vad gäller klasskrav utgör bristen på föreskrifter, regler och förordningar ett hinder för användningen av bränslena, vilket medför att den enskilda aktören som ska utföra en installation genom egna analyser behöver kunna påvisa att installationen uppfyller gällande krav på säkerhetsnivå, se exempelvis Bach et al., (2022).

För vätgas och ammoniak har introduktionen av demonstrationsprojekt startat och DNV (2021b) bedömer att dessa bränslelösningar skulle kunna vara kommersiellt gångbara inom 4–8 år. För exempel på demonstrationsprojekt se DNV (2021b) och Getting to Zero Coalition (2021). Ammoniak är det bränsle bland de specifikt nämnda för marin tillämpning där kunskapsluckorna är störst.

3.3 Klimatprestanda för fartygsbränslen

Ett bränsles växthusgasutsläpp ur ett livscykelperspektiv (well-to-propeller/wake/wheel, WTP/WTW) beror inte bara på utsläppen vid användningen av bränslet utan även på den primära energikällan, bränsleproduktionen, etc. Detta innebär att ett och samma bränsle som produceras med olika produktionsvägar kan ha olika nivåer på växthusgasutsläppen. Nuvarande IMO-regler gäller endast CO₂-utsläpp från fossila bränslen ur ett tank-to-propeller-perspektiv (TTP), det vill säga från bränsleanvändningen ombord på fartyget. IMO arbetar med riktlinjer för att bestämma CO₂- och växthusgasemissionsfaktorer ur ett livscykelperspektiv för olika typer av bränslen,

inklusive biobränslen och elektrobränslen. En tidig version förväntas kunna vara klar under 2022–2023 (DNV, 2021b).

Användningen av el leder inte till några direkta utsläpp från framdrivningssystemet. För metan är det viktigt att begränsa läckage. Förbränning av metanol i en förbränningsmotor ger mindre skadliga utsläpp än konventionella bränslen men fortsatt kan utsläpp av oförbrända kolväten, kväveoxider och partiklar vara ett problem i tätbefolkade områden (Fridell et al., 2020).

För samtliga alternativa bränslen finns olika studier som ger olika resultat beroende på beräkningsmetodik, produktionsmetoder och variation av prestanda för de insatsvaror som används. I denna studie har vi som nämns ovan inriktat oss på att hitta och använda data som känns relevanta och ger så generella resultat som möjligt. För just produktion av förnybar metan är använd beräkningsmetod för livscykelberäkningen helt avgörande för vilka resultat som uppnås för den biogas som produceras baserat på gödselsubstrat. I det nu gällande Förnybarhetsdirektivet inom EU - RED II (EU, 2018) medges utökade systemgränser, vilket innebär att nyttan med att gödsel tas om hand om får räknas med. Då gödsel som inte hanteras till större eller mindre del spontant rötas bildas metan som är en kraftig växthusgas. Detta medför att biometan producerat på flytgödsel anses ge en *klimatnytta* på 100 g CO₂/MJ bränsle, vilket är storleksordningen lika mycket som klimatbelastningen från motsvarande energimängd fossil diesel. Beroende på andelen gödsel i den substratmix som används kommer därför klimatprestanda för den förnybart producerade biometanen att kunna variera från (-)100 till ca (+)40 g CO₂/MJ. En beräkning genomförd i ett nyss redovisat projekt (Jivén et al., 2022 b) baserat på användning av LBM i lastbilar, modern produktion och en historisk svensk nationell substratmix⁹ kom fram till värdet (-)5 g CO_{2e}/MJ metan, vilket används för beräkningarna i denna studie. Mycket av det underlag som idag finns tillgängligt kring bränslens klimatprestanda bygger på det arbete som genomförts inom ramen för JRC Science for policy och publicerats av European Commission (2020).

Denna rapport är inte av den omfattningen att en fullständig screening och sammanställning av samtliga bränslens växthusgasprestanda ur ett livscykelperspektiv har utförts. Istället har en ansats gjorts att samla in och beskriva relevanta data som kan ge en översiktlig bild kring respektive bränsles klimatprestanda. Baserat på denna har de värden för klimatprestanda som används i scenarierna i Kapitel 4 tagits fram. För enskilda produktionsvägar kan dock prestandan avseende växthusgasutsläpp alltså skilja sig avsevärt. Vår sammanställning över möjlig klimatprestanda ur ett livscykelperspektiv redovisas i Tabell 1. För vissa bränslen särredovisas bara klimatprestanda för produktion från biomassa, men produktion som elektrobränsle är också möjlig. Ammoniak och vätgas med fler bränslen kan även framställas från naturgas med infångning och lagring av koldioxid. Dessa alternativ ingår dock inte i denna sammanställning då det finns en brist på LCA-data, men också för att det inte bedöms relevant att inkludera i scenarierna som ska fokusera på förnybara bränslen.

⁹ Baserad på Börjesson et al. (2016) och representerar svensk nationell mix exklusive slam från reningsverket.

Tabell 1. Klimatprestanda i ett livscykelerspektiv (well-to-propeller/wheel, och i många fall särredovisas well-to-tank-bidraget) för de bränslen som ingår i studien.

Bränsle	GHG-utsläpp, Well-to-propeller, Well-to-tank-emissioner i parentes [g CO _{2e} /MJ]	Referenser
Eo1 (antas motsvara MGO, marin dieselolja)	90,6 (14,4)	Fuel EU Maritime, Annex II, Föreslagna Default values (ännu inte beslutade, EP&C, 2021)
Eo2-6 (HFO)	91,6 (13,5)	Fuel EU Maritime, Annex II, Föreslagna Default values (ännu inte beslutade, EP&C, 2021) <i>I tidigare arbeten har vi ibland använt 86,6 (8,6) WTP (WTT) baserat främst på Brynolf et al. (2014). I Hansson et al. (2019) använde vi 90 WTP, men där särredovisas inte WTT-värden.</i>
Diesel (MDO)	90,6 (14,4)	Fuel EU Maritime, Annex II, Föreslagna Default values (ännu inte beslutade) <i>Diesel MK3 har 95 enligt Energimyndigheten 2021</i>
LNG	75,2 (18,5)	Fuel EU Maritime, Annex II, Föreslagna Default values (ännu inte beslutade) <i>I tidigare arbeten har vi ibland använt 81,2 (9,2) WTP (WTT) baserat främst på Brynolf et al. (2014). I Hansson et al. (2019) använde vi 80 WTP.</i>
Biodiesel	15,3 (14) 7,5-20 15 (14)	Nuvarande biodieselmix (HVO+FAME) i Sverige uppskattade mha Energimyndigheten (2021) men med tillagda CH ₄ och N ₂ O-utsläpp för TTP från Fuel EU Maritime, Annex II (föreslagna default values, ännu inte beslutade (EP&C, 2021)). HVO respektive HVO 100 enligt Energimyndigheten, (2021 som inte inkluderar andra GHG TTP). <i>I Hansson et al. (2019, 2020) användes 30 (WTP) representerades mix av ursprung, utan fokus på Sverige. Vi använder i denna studie 15 som också representerar ett medelvärde för HVO och HVO100 i Sverige.</i>
LBM (bio)	15 (15) -100 – +40 7 -4 (-5)	Uppskattad mha Energimyndigheten (2021) och JEC-LCA-data för relevanta biogaskedjor (Prussi et al., 2020) men ej hänsyn tagen till undvikna metanutsläpp från gödsel. Uppskattning andra GHG TTP ingår ej. Stor variation i REDII och övrig litteratur, beroende på råvara/produktionsväg. Jivén et al. (2022 a respektive 2022 b) redovisar ett spann på runt -100 – +40 g CO _{2e} /MJ för svenska råvaror och relaterat till REDII samt European Commission, (2020) för standardiserade beräkningar på EU-nivå. Metan från svenska skogsrester kan enligt Lönnqvist et al. (2021) nå runt 7 g CO _{2e} /MJ om JEC-data (Prussi et al., 2020) anpassas till svenska förhållanden. <i>Vi använder -5 WTT (uppskattat från Jivén et al. (2022 b)) och cirka 1 TTP (enligt Fuel EU Maritime, Annex II, EP&C, 2021).</i> <i>I tidigare arbeten har vi ibland använt 52 (32) WTP (WTT) baserat främst på Brynolf et al. (2014). I Hansson et al. (2019) använde vi 50 (WTP), ej fokus Sverige. Modelleringen utförd i impact assessment till Fuel EU Maritime redovisar ett värde på 10 g CO_{2e}/MJ. LR/UMAS (2020) redovisar cirka 10 för bio-LNG.</i>

Metanol (bio)	15,6 (13,2)	Medelvärde för alla metanolproduktionskedjor för vilka default-värden anges i REDII (liten skillnad sinsemellan) plus CH ₄ och N ₂ O-utsläpp för TTP från Fuel EU Maritime, Annex II (Föreslagna default values, ännu inte beslutade, EP&C, 2021). <i>I tidigare arbeten har vi ibland använt 18 (18) WTP (WTT) baserat främst på Brynolf et al. (2014). I Hansson et al. (2019) användes 20 (WTP).</i>
Ammoniak (elektro-NH ₃)	0-30 10 (TtP-andel osäker), stor osäkerhet	0 från Fuel EU Maritime, Annex II, Föreslagna Default values (ännu inte beslutade, för N ₂ O saknas data, EP&C, 2021). 0 även från LR/UMAS (2020). 30 (WTP) från Hansson et al. (2020) vilket baserades på litteraturgenomgång. <i>Grovt uppskattat antar vi 10 g CO_{2e}/MJ (samma som för vätgas nedan). Eventuella utsläpp av N₂O ingår då ej. Men osäkerheten mycket stor. Pilotbränsle behövs i vissa fall.</i>
Vätgas (elektro-H ₂)	0-3,6-20 10 (10)	3,6 från Fuel EU Maritime, Annex II, Föreslagna Default values (ännu inte beslutade, EP&C, 2021). Utsläpp TTP för N ₂ O för användning i ICE saknas. 0 från LR/UMAS (2020). 20 (WTP) från Hansson et al. (2019) vilket baserades på Gilbert et al. (2018). 3 eller 19 - Vätgasproduktion med svensk elmix respektive vindkraft och via elektrolys kan enligt Hjort et al. (2022) leda till ca 19 respektive 3 g CO _{2e} /MJ. <i>Baserat på litteraturen så använder vi grovt uppskattat 10 CO_{2e}/MJ (vilket representerar ett ungefärligt medelvärde för relevanta kedjor). Utsläppen kan vara både lägre och högre för vissa kedjor. TTP-andel representerar användning i bränslecell.</i>
Elektrobränslen	0-15 (-90 till 175 men då inkluderas även kolbaserad el) 15 (TtP-andel osäker)	0 från LR/UMAS (2020) 15 från Lönnqvist et al. (2021) som uppskattar baserat på JEC (Prussi et al., 2020) och svenska förhållanden. Varierar stort i litteraturen baserat på antaganden kring elmixen och ursprunget för koldioxiden (t.ex. från -90 till 175 g CO ₂ /MJ för elektrometanol (Artz et al., 2018; Grahn et al., 2022)). <i>Baserat på litteraturen och i relation till antagande för vätgas och ammoniak så antar vi 15 g CO₂/MJ i scenarierna. Men detta värde kan förstås variera för olika elektrobränslekedjor. Osäkerheten stor.</i>
El	13	Emissionsfaktor svenska elmix (inklusive import och export) i tidigare rapportering (enligt EU Direktiv 2015/652). Även representativt för vindkraft ¹⁰ .

Fetmarkerade värden är de som valts att användas för beräkning av klimatpåverkan i de olika scenarierna som ingår i denna rapport.

¹⁰ Vattenfalls nordiska och utomnordiska vindkraft har likvärdig miljöpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv på runt 13 g CO₂/kWh. Från: <https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/nyheter/2021/livscykelanalysen-som-slagtra-i-debatten>

3.4 Framdrivningstekniker

Alternativa marina bränslen kan, beroende på vilket bränsle det är, introduceras som drop-in alternativ (det vill säga blandas med andra bränslen och då användas i befintliga motorer) och/eller användas med teknik som är anpassad för bränslet.

Vissa biobränslen (som biodiesel, etanol) eller elektrobränslen kan, liksom för vägtransporter, blandas in i befintliga bränslen. Detta gäller även förvätskad förnybar metan (LBM) som kan blandas in i LNG. För metanol som sjöfartsbränsle finns kommersiella tvåtakts metanolmotorer tillgängliga som också används i viss skala. Fyrtaktsmetanolmotorer är under utveckling (DNV, 2021b). Metanol kan användas i multifuel marina dieselmotorer anpassade för detta.

Även om förbränningsmotorn förväntas fortsätta att dominera inom sjöfarten, förväntas också marina bränsleceller i kombination med alternativa bränslen att introduceras mer de närmsta åren. Dessa kan ha en högre effektivitet och kan därmed sänka bränsleförbrukningen. De kan också minska andra utsläpp och buller, ha ett minskat behov av underhåll, och högre effektivitet vid dellastdrift (DNV, 2021b). Bränsleceller har dock fortfarande en högre total kostnad jämfört med förbränningsmotorer.

Bränsleceller har historiskt inte använts kommersiellt inom sjöfarten, men tester för marina applikationer har utförts under det senaste årtiondet (DNV, 2021b) och ett antal mindre fartyg och färjor med bränsleceller och vätgasdrift finns nu operativa (Bach et al., 2022). Regelverk för maritima bränsleceller är under utveckling och DNV GL har godkänt bränsleceller i marina applikationer.

Bränsleceller med låga driftstemperaturer är mer toleranta mot dynamiska lastvariationer än bränsleceller med höga driftstemperaturer. För mindre och medelstora fartyg i närsjöfartssegmentet (med relativt korta avstånd och med varierande effektbehov) kan bränsleceller av typen PEMFC (Proton-Exchange Membrane Fuel Cell) med en låg eller medelhög driftstemperatur passa bäst (DNV, 2021b). För dessa fartyg, kan också en kombination av vätgasbränsleceller och batterier vara ett möjligt alternativ (som till exempel i den första vätgasfärjan, Hydra, som har satts i drift 2021 i Norge) (Bach et al., 2022). Närsjöfarten som till exempel färjor liksom för reserv- eller hamnlösningar är också på kort sikt det mest intressanta segmentet för bränsleceller. Från dessa lösningar kan det sedan bli möjligt att skala upp till bränsleceller i hybridkonfigurationer för oceangående fartyg. För bränsleceller med vätgas är PEMFC-tekniken relativt mogen.

För större oceangående fartyg (som går med en relativt jämn hastighet över långa avstånd och där den allra största delen av bränsleförbrukningen går till framdrivning), kan bränslecellssystem med en hög drifttemperatur som till exempel typen Molten-carbonate fuel cell (MCFC) och solid oxide fuel cell (SOFC) utvärderas eftersom de lättare kan inkludera lösningar med spillvärmeåtervinning. Genom att kombinera bränsleceller med en hög drifttemperatur med batterier (eller andra hybridkonfigurationer) skulle en ökad energieffektivitet på systemnivå kunna nås. Andra bränslen med högre energidensitet än vätgas till bränsleceller, som ammoniak, metanol och metan, kan vara lämpligare för fartyg med ett högt energibehov och långa bunkringsintervaller (DNV 2021b). För ammoniak och metanol framstår det troligt att bränsleceller av annan typ än lågtemperatur PEMFC kommer att användas dvs högtemperatur-PEM-bränsleceller eller SOFC, vilket beror på att de potentiellt sett har högre verkningsgrader. Bränsleceller som använder metanol har demonstrerats i testinstallationer (DNV, 2021b). Den framtida investeringskostnaden för installation av bränslecellssystem ombord på fartyg är osäker.

Användning av vätgas och ammoniak i förbränningsmotorer bedöms vara kommersiell några år tidigare än för bränsleceller (DNV, 2021b). Ammoniakdrivna bränsleceller och förbränningsmotorer har något lägre teknikmognadsnivå än motsvarande vätgasbaserade lösningar, men DNV (2021b) uppskattar ändå att de kommer att kunna vara kommersiellt gångbara ungefär samtidigt (och då även för metanol). För närsjöfart bedöms den tekniska utvecklingen av bränsleceller och förbränningsmotorer för vätgas ligga på en så kallad technology readiness level (TRL; EC, 2017) på 6-7. För ammoniak uppskattas en TRL på ungefär 5-6 för förbränningsmotorer och bränsleceller (DNV, 2021b). LR/UMAS (2020) uppskattade dock en lägre TRL för ammoniak i förbränningsmotorer (2-3), vilket innebär att testning pågår.

Det finns numer ett ökat antal pilotstudier och demonstrationsprojekt med fokus på vätgas, ammoniak och metanol/etanol (Getting to Zero Coalition, 2021; Schjølberg, et al., 2021). För norska offentliga färjor görs till exempel en satsning på introduktionen av vätgasbränsleceller, där den första färjan som kör på vätgas kommer att lagra det i en flytande form just för att tekniken ska vara skalbar för större fartyg (DNV, 2021b).

Batterielektriska lösningar för fartygsframdrivning är kommersiellt tillgängliga idag och används som nämnts ovan framför allt i färjor/passagerarfartyg och servicefartyg inom närsjöfarten.

Vad gäller kostnader har vi valt att fokusera på bränslekostnader och investeringskostnader för framdrivningstekniken. Den huvudsakliga referensen för vår bedömning är Korberg et al., 2021. Kostnadsuppskattningar för nya alternativ är alltid osäkra och det gäller både bränslen och framdrivningstekniker eftersom dessa är under utveckling.

Framdrivning med hjälp av vind finns i form av olika typer av lösningar. Dels finns de så kallade Fletnerrotorerna som bygger på en hög cylinder som roteras och med hjälp av vind och Coreolis-krafter skapar en kraft som bidrar till fartygets framdrivning. Sådana finns installerade på kommersiella fartyg och kan bidra genom att minska framdrivningsbehovet med uppskattningsvis mellan 10 och 15 %. Sedan finns lösningar i form av drakar som skickas upp i lina med något osäker bedömning kring möjlig kommersialisering av denna teknik. Därutöver finns gedigna satsningar från seriösa aktörer att bygga i princip seglande fartyg. Exempel på ett sådant projekt är det av Wallenius Marin introducerade konceptet som nu kommersialiserats under namnet Oceanbird. Här har ett seglande biltransportfartyg utvecklats bland annat med stöd från Trafikverket. Rederiet Wallenius Wilhelmsen kommunicerade 2021 att det första sådant fartyg har beställts med planerad leverans 2025 (Wallenius Wilhelmsen, 2021). Tanken bakom de flesta idag planerade vinddrivna fartygen är att större eller mindre delar av framdrivningsenergin kan komma från vinden och i många fall har farten som fartygen opererar vid sänkts. Detta minskar behovet av framdrivningsenergi och därmed kan också vinden stå för en större andel. Det finns olika bedömningar över hur stor roll vinddrivna koncept kan komma att ha i framtiden. Exempelvis ser DNV (2021b) att innovativa vinddrivna koncept med vindturbiner ombord på fartyg förväntas att utvecklas fram mot cirka 2030 (DNV, 2021b). Rent allmänt i branschen kan sägas att vindassistans i olika former ses som en mycket trolig utveckling och att trafik längs Sveriges kuster bedöms ha stor potential på grund av goda vindförhållanden.

Tabell 2. Uppskattade förutsättningar för olika förnybara marina bränslen med potentiellt låga koldioxidutsläpp inkluderande tekniska, miljömässiga och ekonomiska aspekter. Generellt sett uttrycks förutsättningarna i förhållande till situationen för de konventionella fossila sjöfartsbränslena som har en hög teknisk mognadsgrad, relativt låga kostnader och hög nuvarande produktion. För säkerhet innebär låg risk att bränslelösningen bedöms ha en risk i samma storleksordning som dagens konventionella bränslen eller lägre. Tabellen baseras i sin struktur på Malmgren et al. (2021) men är anpassad och bedömningarna uppdaterade för denna studie. Bedömningarna i tabellen basera på DNV (2020, 2021b), Hansson et al. (2019, 2020), Korberg et al. (2021), Lloyds Register/UMAS (2020), Malmgren et al. (2021) och författarnas egna expertkunskaper. Utveckling av bränsleceller och motorer för olika bränslen pågår för fullt och olika studier ger något olika bedömningar av läget vilket innebär att den tekniska mognadsgraden och kostnader är osäkra. Osäkerheterna varierar också mellan aspekter och enskilda bränslen.

Bränsle (energibärare)	Framdrivnings- och lagringsteknik	Teknisk mognadsgrad (bränsle ⁰⁰ /framdrivningsteknik)	Kostnader: Bränslekostnad/ Investeringskostnad (inklusive framdrivning och lagring av bränsle)	Bränsletillgång: Nuvarande produktion/ Produktionspotential	GHG-utsläpp (LCA-perspektiv) ⁰	Påverkan förurning pga. utsläpp luftföroreningar ¹	Hälsopåverkan pga. partikelutsläpp ²	Säkerhet
El	Elmotor, batteri	Hög/Medel	Låg till hög ³ /Medel	Hög (men begränsad tillgång för fartyg)/Hög	Låg (givet en elmix med relativt låga GHG-utsläpp)	Låg	Låg	Låg risk
Hybrid-elektrisk	Elmotor, generator, ev. batteri för lagring	Hög/Hög	Beroende på bränsle/Medel	Beror på bränslet	Beror på bränslet	Beror på bränslet	Låg	Låg risk
Biodiesel/ Förnybar diesel	Förbränningsmotor, bränsletank	Hög/Hög	Medel/Låg	Medel/ Medel till Hög ⁴	Låg	Hög (samma som fossil för NO _x , lägre för SO _x)	Hög till medel (Något lägre än för fossil diesel)	Låg risk
Metanol (biobaserad eller elektrobränsle)	Bränslecell, bränsletank	Hög/Medel	Medel till hög ³ /Hög	Låg/Medel till Hög ⁴	Låg	Låg	Låg	Låg till medel
	Förbränningsmotor, bränsletank	Hög/Medel	Medel till hög ³ /Låg till Medel	Låg/ Medel till Hög ⁴	Låg	Medel	Medel	Låg till medel
Etanol (biobaserad eller elektrobränsle)	Förbränningsmotor, bränsletank	Hög/Låg	Medel till hög ³ /na	Låg/Medel till Hög ⁴	Medel	Medel	Medel	Låg risk
Metan komprimerad (biobaserad eller elektrobränsle)	Bränslecell, elmotor, trycksatt tank	Hög/Medel	Medel till hög ³ /Hög	Låg/ Medel till Hög ⁴	Låg (mycket låg om gödselbaserad)	Låg	Låg	Låg risk
	Förbränningsmotor, trycksatt tank	Hög/Medel	Medel till hög ³ / Låg till Medel	Låg/ Medel till Hög ⁴	Låg (mycket låg om gödselbaserad)	Medel	Låg	Låg risk

LBM (förvätskad metan - biobaserad eller elektrobränsle)	Bränslecell, elmotor, kryotank	Hög/Medel	Medel till hög ³ /Hög	Låg/ Medel till Hög ⁴	Låg (mycket låg om gödselbaserad)	Låg	Låg	Låg risk
	Förbränningsmotor, kryotank	Hög/Medel	Medel till hög ³ /Låg till Medel	Låg/ Medel till Hög ⁴	Låg (mycket låg om gödselbaserad)	Medel	Låg	Låg risk
Vätgas komprimerad (grön)	Bränslecell, elmotor, trycksatt tank	Medel/Medel	Hög/Hög	Låg/Hög	Låg	Låg	Låg	Större risk
	Förbränningsmotor, trycksatt tank	Medel/Medel	Hög/Eventuellt Låg till Hög	Låg/Hög	Låg	Medel	Låg	Större risk
Vätgas förvätskad (grön)	Bränslecell, elmotor, kryotank	Medel/Medel	Hög/Hög	Låg/Hög	Låg	Låg	Låg	Större risk
	Förbränningsmotor, kryotank	Medel/Medel	Hög/Eventuellt Låg till Hög	Låg/Hög	Låg	Medel	Låg	Större risk
Ammoniak (grön)	Bränslecell, elmotor, trycksatt tank	Låg/Medel	Hög/Hög	Låg/Hög	Låg	Låg	Låg	Större risk
	Förbränningsmotor, trycksatt tank	Låg/Låg	Hög/Eventuellt Låg till Hög	Låg/Hög	Låg	Medel	Låg/Medel	Större risk
Vind (vinddrivna och vindassisterade koncept)		Hög/Låg till hög (beroende på teknik)	-/Hög (vinddrivna), Låg till medel (vindassisterade)	Hög/Hög	-	-	-	Låg risk

⁰⁰ Möjligheten att använda ett bränsle för sjöfart påverkas dock också av standarder för bränslekvalitet vilket finns för metanol och är under utveckling för vätgas och på sikt även för ammoniak.

⁰ GHG-utsläpp beror på produktionsväg och kan därmed variera. Bedömningen i denna tabell baseras på sammanställningen över klimatprestanda i Tabell 1.

¹ Påverkan på försurningen beror på utsläpp av NO_x och SO₂ där NO_x bildas i motorn och SO₂ kommer från svavel i bränslet. Val av pilotbränsle i dual-fuel engines påverkar.

² Partikelutsläppen beror i vissa fall på i vilken utsträckning och vilken form av pilotbränsle som används.

³ Beroende på produktionsväg. För el beroende på elprisets utveckling.

⁴ Begränsad om produceras från biomassa, men stor potential om produceras som elektrobränsle.

3.5 Lämplighet för olika segment

Generellt, för samtliga segment, gäller att nybyggda fartyg kommer att ha fler tillgängliga alternativ än fartyg som redan är i drift. Även om det är möjligt med retrofit är det förknippat med en kostnad som i vissa fall är relativt hög. Genomförbarheten för alternativa bränslen kommer att variera mycket för olika typer av fartyg och segment. Oceangående fartyg (som används över långa avstånd med en relativt jämn hastighet och behöver lagra relativt stora mängder bränsle) har färre alternativ jämfört med närsjöfartssegmentet. För oceangående fartyg är därmed lagringskapaciteten ett nyckelhinder för många alternativa bränslen. För oceangående fartyg finns för närvarande framför allt LNG och gasol som alternativ, eller biobränslen som biodiesel eller LBM (men de senare ännu i begränsad utsträckning). Förnybar diesel är i dagsläget det enda bränslet som kan användas för alla fartygskategorier utan teknisk utveckling eller förändrade krav. Eftersom oceangående sjöfart står för en majoritet av de totala växthusgasutsläppen är det extra viktigt att hitta alternativ för storskalig introduktion till detta segment.

Alternativen som fungerar för fartyg som går kortare distanser är fler. De kortare distanserna och det varierande effektbehovet, innebär att helelektriska eller batterihybridbaserade framdrivningssystem kan vara mer effektiva än traditionella bränsle/framdrivningssystem. Närsjöfarten kan också användas för att utveckla mognadsgrad och spridning för en del bränslen och teknologier som senare kan användas även för oceangående fartyg.

För RoPax- och RoRo-färjor som går relativt begränsade sträckor och ofta mellan samma hamnar finns goda chanser till bränslebyte. Vilka alternativ som funkar för ett visst fartyg beror bland annat på om det finns något krav på hastighet (till exempel om en sträcka ska klaras av på en viss tid). I Sverige gäller detta i nuläget till exempel för Gotlandstrafiken. Även för kryssningsfartyg kan önskemål om en hög maxhastighet begränsa bränsleval. Detta gäller även servicefartyg som inkluderar olika typer av fartyg som isbrytare och bunkringsfartyg. För dessa sätter den faktiska användningen ytterligare begränsningar på bränsleval. För sjöfartssegment som tankfartyg och bulkfartyg påverkas bränsleval i regel av längden på de sträckor som fartyget ska färdas. Dessa kategorier har oftast inte lika fasta rutter som RoPax fartyg vilket påverkar bränsleval.

Exempelvis finns det inom det svenska tankfartygssegmentet idag fartyg som går på flytande metan liksom två Gotlandsfärjor, två nybyggda RoRo-fartyg, enstaka RoPax-fartyg, etc.

För RoRo-fartyg, tankfartyg, allmänna lastfartyg och kryssningsfartyg framstår i dagsläget och på kort sikt förnybar diesel, LBM och metanol vara de mest intressanta alternativen. Metan har idag en begränsning kopplad till att mindre fartygsdieslar av motortillverkarna inte anpassats för metandrift av marknadsskäl. Motsvarande lastbilmotorer finns i gasmotormodeller inom både Volvo och Scania's modellprogram men alltså inte för den marina sidan.

Möjligheterna för biobränsle för tankfartygssegmentet har utretts mer i detalj i Winnes et al. (2019) och slutsatsen var bland annat att ett skifte från fossilt bränsle till ett förnybart i många fall är tekniskt relativt okomplicerat men att totala transportkostnader kan öka med storleksordningen 40 %. Men utslaget per transporterad mängd gods blir denna kostnadsökning i princip försumbar.

Bunkringstiden varierar också med olika bränsle och framdrivningskombinationer. Framför allt är det elektriska och hybridelektriska lösningar samt komprimerad vätgas som påverkar bunkringstiden men även komprimerad metan har sannolikt en längre bunkringstid än övriga alternativ.



En översikt av alternativa marina bränslens förutsättningar för olika segment i form av möjligheten för retrofit och räckvidd/möjlig transporterad sträcka presenteras i Tabell 3.

Tabell 3. Alternativa marina bränslens förutsättningar för olika segment från ett övergripande perspektiv. Framtagen utifrån Malmgren et al. (2021).

Bränsle (energibärare)	Framdrivnings- och lagringsteknik	Retrofitmöjlighet	Lämplighet segment uttryckt som maximalt avstånd/räckvidd	Status idag
El	Elmotor, batteri	Möjligt men generellt sett kostsamt (ex Helsingborg-Helsingörs-färjor). Enklare för vissa segment som dieselelektriska fartyg	Främst kortare avstånd. Mer lämpligt för rutter med lägre energiförbrukning mellan möjliga laddningstillfällen. Ex sträckan Göteborg-Fredrikshavn utreds	Används inom flera segment för närsjöfart Landel finns redan idag tillgängligt i vissa hamnar
Hybridelektrisk	Elmotor, generator, ev. batteri för lagring	Hög för i princip samtliga segment	Lång, passar alla segment	Används inom flera segment Landel finns redan idag tillgängligt i vissa hamnar
Biodiesel/Förnybar diesel	Förbränningsmotor, bränsletank	Hög (i princip inga förändringar krävs, beror delvis på bränslekvälitet)	Lång, passar alla segment	Biodiesel blandas i viss utsträckning in i konventionell diesel på vissa framför allt mindre fartyg, är möjligt att bunkra
Metanol	Bränslecell, bränsletank	Möjligt men generellt sett kostsamt. Enklare för vissa segment som dieselelektriska fartyg	Lång	Ingen känd tillämpning för sjöfart. Brist på förnybar metanol även om finns viss produktion globalt sett och pilotförsök i Sverige.
	Förbränningsmotor, bränsletank	Möjligt men kräver anpassning, variera med motorprogram/tillverkare (t.ex. Stena Germanica)	Lång	Testas för marin tillämpning. Stena Germanica har främst använt fossil metanol. Brist på förnybar metanol även om finns viss produktion globalt sett och pilotförsök i Sverige för elektrometanol.
Etanol	Förbränningsmotor, bränsletank	Möjligt men kräver anpassning	Medel	Ingen känd användning för marin tillämpning. Pilotförsök med mindre marina etanolmotorer.
Metan komprimerad	Bränslecell, elmotor, trycksatt tank	Låg men inte omöjligt, generellt sett kostsamt	Kort till medel	Koncept utvecklas och testas för andra applikationer, ingen känd marin tillämpning ännu.
	Förbränningsmotor, trycksatt tank	Låg men inte omöjligt, generellt sett kostsamt	Kort till medel	Koncept utvecklat och testat för andra applikationer (vägtransporter)
LBM (förvätskad metan)	Bränslecell, elmotor, kryotank	Möjligt men bedöms idag generellt sett kostsamt.	Medel	Koncept utvecklas och testas för andra applikationer, ingen känd marin tillämpning ännu.
	Förbränningsmotor, kryotank	Möjligt men bedöms idag generellt sett kostsamt.	Medel	Används i viss mån för sjöfart idag som drop-in (Gotlandstrafiken)
Vätgas komprimerad	Bränslecell, elmotor, trycksatt tank	Möjligt men bedöms idag generellt sett kostsamt.	Kort	Mindre antal fartyg har satts i operation.
	Förbränningsmotor, trycksatt tank	Möjligt men bedöms idag generellt sett kostsamt.	Kort	Mindre antal fartyg har satts i operation.



Rapport U 6584 – Studie på sjöfartsområdet – Styrmedel
och scenarier för sjöfartens omställning

Vätgas förvätskad	Bränslecell, elmotor, kryotank	Möjligt men bedöms idag generellt sett kostsamt.	Medel	Fartyg har satts i operation 2021 (Hydra).
	Förbränningsmotor, kryotank	Möjligt men bedöms idag generellt sett kostsamt.	Medel	Utveckling pågår främst på land.
Ammoniak	Bränslecell, elmotor, trycksatt tank	Låg, inte särskilt sannolikt i dagsläget. Kräver säkerhetsmässiga anpassningar.	Lång	Ännu ingen känd maritim tillämpning hittills. Stort intresse
	Förbränningsmotor, trycksatt tank	Låg, inte särskilt sannolikt i dagsläget. Kräver säkerhetsmässiga anpassningar.	Lång	De större marina motortillverkarna utvecklar koncept för ammoniakmotorer
Vind (vinddrivna och vindassisterade koncept)		Bedöms i många fall möjligt för vindassisterade lösningar. För helt vinddrivna koncept mindre sannolikt.	Lång	Svenskt koncept för seglande biltransportfartyg under utveckling med planerad leverans 2025

4. Scenarier

I detta kapitel beskrivs ett antal scenarier för framtiden avseende bränsleförbrukning och utsläpp av växthusgaser från svensk inrikes och utrikes sjöfart. Med svensk sjöfart menar vi här bränslet som säljs i Sverige enligt vad som rapporteras som svenska utsläpp av växthusgaser. Syftet med scenarierna är att göra en bedömning av olika tänkbara framtider med teknikutveckling och införandet av olika styrmedel. Avsikten är alltså inte att göra en prognos av utvecklingen utan måla upp en palett av möjliga framtider. Man bör beakta att det är många osäkerheter i denna typ av analyser och utfallet i scenarierna beror på de antaganden som görs. Mer specifikt har vi undersökt följande frågeställningar:

- Vad är potentialen för elektrifiering av svensk sjöfart och vad blir effekten på utsläpp av växthusgaser?
- Vad är potentialen för användning av metan som LNG eller LBM och vad blir effekten på utsläpp av växthusgaser?
- Vad krävs för att nå IMO:s mål om minskning av utsläpp av växthusgaser till 2050?
- Vad skulle effekten på introduktionen av alternativa marina bränslen kunna bli om EU:s Fit for 55 genomförs enligt kommissionens förslag?

Analysen fokuserar på fartygen och vi har gjort bedömningar separerade på fartygssegment. Vi har hållit fast vid ett och samma scenario avseende trafikutvecklingen och applicerat olika bränsle- och teknikmixar på detta som då representerar situationen i de fall som studerats.

4.1 Beskrivning av scenarier

Inom projektet har vi tagit fram olika scenarier för drivmedelssammansättningen för vart femte år fram till 2050 uppdelat på inrikes och utrikes trafik. Fokus har varit utsläpp av växthusgaser. Emissioner av växthusgaser från fartyg och uppströms (det vill säga kopplat till framställning av bränslena) har beräknats med emissionsfaktorer från Denna rapport är inte av den omfattningen att en fullständig screening och sammanställning av samtliga bränslens växthusgasprestanda ur ett livscykelperspektiv har utförts. Istället har en ansats gjorts att samla in och beskriva relevanta data som kan ge en översiktlig bild kring respektive bränsles klimatprestanda. Baserat på denna har de värden för klimatprestanda som används i scenarierna i Kapitel 4 tagits fram. För enskilda produktionsvägar kan dock prestandan avseende växthusgasutsläpp alltså skilja sig avsevärt. Vår sammanställning över möjlig klimatprestanda ur ett livscykelperspektiv redovisas i Tabell 1. För vissa bränslen särredovisas bara klimatprestanda för produktion från biomassa, men produktion som elektrobränsle är också möjlig. Ammoniak och vätgas med fler bränslen kan även framställas från naturgas med infångning och lagring av koldioxid. Dessa alternativ ingår dock inte i denna sammanställning då det finns en brist på LCA-data, men också för att det inte bedöms relevant att inkludera i scenarierna som ska fokusera på förnybara bränslen.

Tabell 1. Utgångspunkten är statistiken för inrikes och utrikes bränsleförbrukning 2020 (Energimyndigheten 2021b) med undantag för el vilket inte ingår i statistiken. För att uppskatta mängden el som används av fartyg har vi använt uppgifter om den återbetalning av energiskatt som görs till fartyg som använder landel (Skatteverket 2022).

För att ta fram scenarierna har vi börjat med att skapa ett scenario för den förväntade utvecklingen av transportarbetet till sjöss fördelat på olika fartygstyper. Vi utgår alltså från en tänkt utveckling av transportarbetet i samtliga scenarier. Utgångspunkten är den förväntade utvecklingen av transportarbetet enligt Energimyndighetens scenario *Referens EU från Scenarier över Sveriges energisystem 2020* (Energimyndigheten 2022). Här beskrivs utvecklingen av transportarbetet uppdelat på inrikes och utrikes sjöfart men inte på olika gods- eller fartygstyper. Vi har tagit uppgifter kring hur bränsleförbrukningen fördelades på fartygstyper 2019 från Holmgren et al. (2021), se Tabell 4. Men då basen för de här framtagna scenarierna är transportarbete per fartygstyp (i motsats till bränsleförbrukning per fartygstyp i Holmgren et al., 2021) har vi beräknat en fördelning på transportarbete per fartygstyp 2019 från denna data tillsammans med uppgifter om typisk bränsleförbrukning per transportarbete taget från MRV-data (Measurement, Reporting and Valuation – EU:s system för att samla in data från fartyg i Europa) (EMSA 2022). Värdena för typisk bränsleförbrukning per transportarbete varierar med fartygsstorlek och vi har valt medelstorlek för samtliga fartygstyper. De värden som används anges i Tabell 4. För kategorierna Pass/cruise (passagerar- och kryssningstrafik) och Övrigt har vi antagit att andelen bränsle motsvarar andelen transportarbete. På detta sätt får vi en fördelning av det transportarbete som produceras med av i Sverige sålt sjöfartsbränsle för 2019 vilket vi även antar gäller för 2020. Fördelningen anges i Tabell 8. Denna metod för att uppskatta transportarbete per fartygstyp bedöms ge ett tillräckligt bra underlag för att utveckla scenarier.

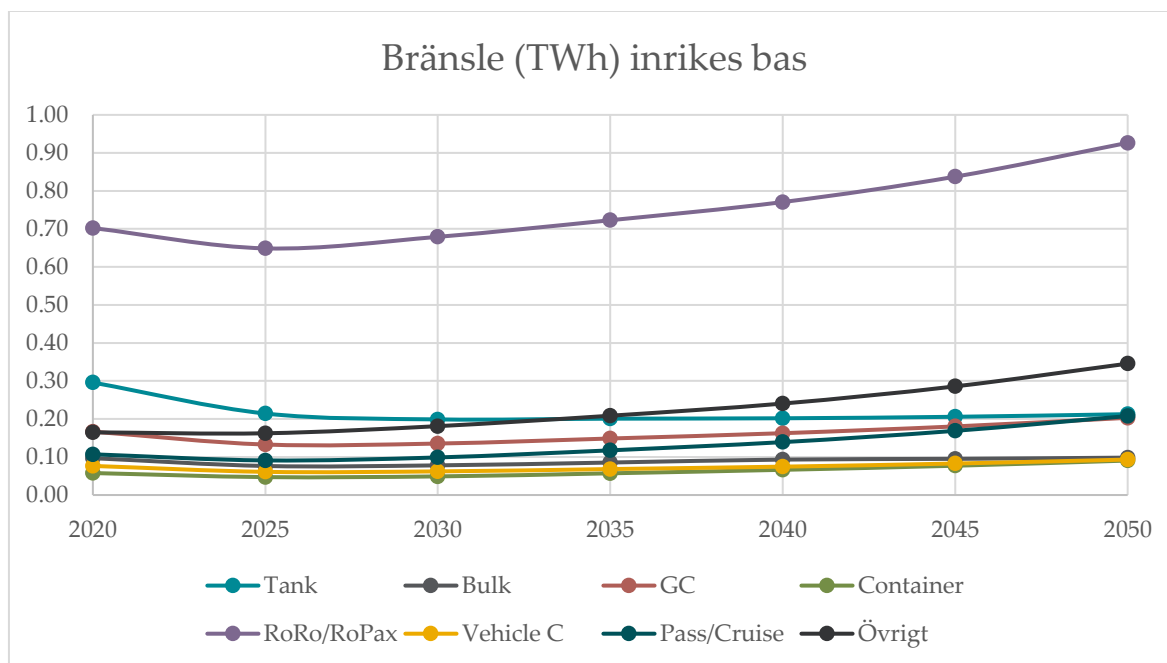
Tabell 4. Fördelning av bränsleförbrukning samt använda faktorer för bränsleförbrukning per transportarbete för olika fartygssegment.

	Inrikes bränsleförbruknings- fördelning 2019 (Holmgren et al., 2021)	Utrikes bränsleförbruknings- fördelning 2019 (Holmgren et al., 2021)	Bränsleförbrukning per transportarbete (egen analys av MRV 2021)
	%	%	g/ton-NM
Tank	17,4	14	3,56
Bulk	5,7	1,9	3,68
General Cargo	9,8	14	11,8
Container	3,4	4,1	4,96
RoRo/RoPax	41,3	52,9	79,4
Vehicle Carrier	4,5	6,3	23,7
Pass/Cruise	6,3	4,7	
Övrigt	9,7	1,7	

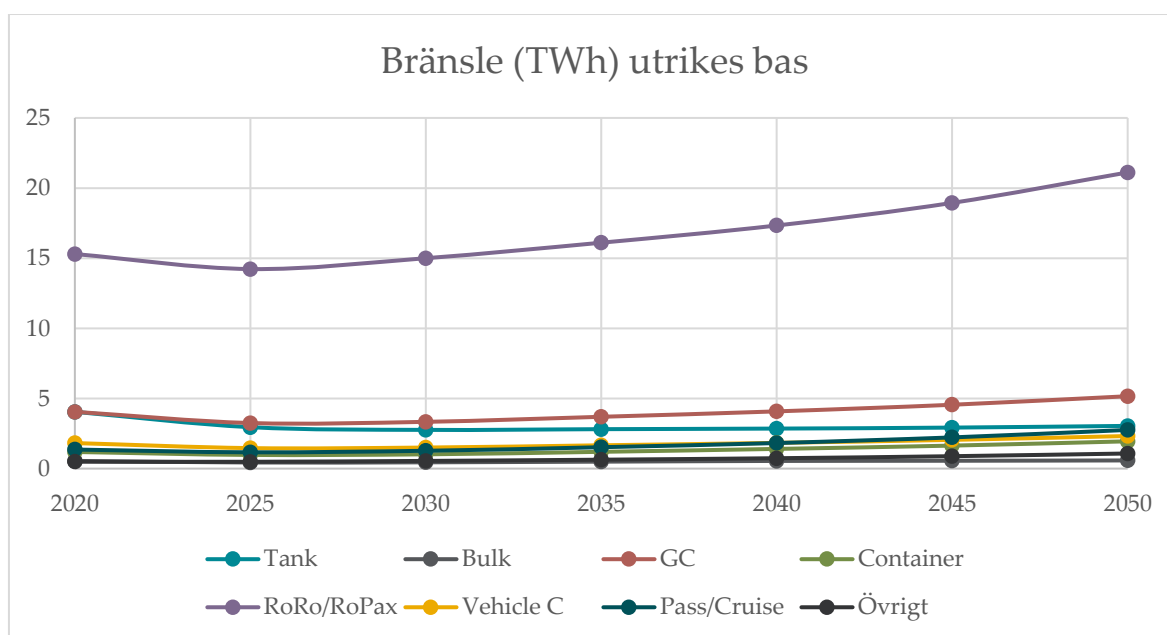
Den förväntade utvecklingen av transportarbetet med olika fartygstyper tas sedan fram i två steg. Först används ett scenario kring utvecklingen från DNV (2020) (Low-growth scenario) för olika fartygstyper. Detta normeras sedan på ett sådant sett att utvecklingen stämmer med den totala utvecklingen av transportarbetet prognostiserad av Energimyndigheten. På detta sätt har vi ett scenario för utveckling av transportarbetet för svensk inrikes och utrikes sjöfart som är i linje med Energimyndighetens scenario och fördelat på olika fartygstyper.



Utgående från denna tänkta utveckling av transportarbetet har vi även tagit fram ett scenario för den totala bränsleförbrukningen, uttryckt i bränslenas värmevärde, fördelat på fartygstyp. För att göra detta har vi tagit hänsyn till att bränsleförbrukningen per transportarbete är olika för olika fartygstyper samt beror på redan beslutade styrmedel avseende energieffektivisering. De vi tagit hänsyn till i detta avseende är EEDI och CII (se Kapitel 2). Den resulterande utvecklingen av total bränsleförbrukning i scenarierna uppdelat på fartygstyp visas i Figur 1 och Figur 2.



Figur 1. Utvecklingen av bränsleförbrukning för inrikes sjöfart uppdelat på fartygstyp som används i scenarierna. GC: general cargo



Figur 2 Utvecklingen av bränsleförbrukning för utrikes sjöfart uppdelat på fartygstyp som används i scenarierna. GC: general cargo

Utgående från denna utveckling av bränsleförbrukningen inom sjöfarten har vi tagit fram fem scenarier av olika karaktär (som kopplar till det i detta kapitel inledningsvis lyfta frågeställningarna). Syftet med dessa scenarier är att visa konsekvenserna av olika tänkbara utvecklingsalternativ avseende bränslefördelning och CO₂-utsläpp; det är alltså inte prognoser av hur utvecklingen kommer att se ut. Scenarierna beskrivs nedan och sammanfattas i Tabell 7.

Scenario 1 Basscenario. Här låter vi bränslefördelningen vara samma som för 2020 för alla år fram till 2050 (men med utvecklingen av bränsleförbrukningen som enligt ovan). Detta representerar då en utveckling enligt hittills beslutade styrmedel men scenariot kommer inte att leda till att målen för minskning av utsläpp av växthusgaser från sjöfarten nås. Detta scenario är tänkt som jämförelsebas med de övriga scenarierna.

Scenario 2 är ett elektrifieringsscenario. Här har vi antagit en utökad användning av både batteridrift och landel. För landel har vi antagit en stor användning 2050, 70 % - 80 % av energiomsättningen vid kaj för de flesta fartyg, och en viss användning 2030 samt en linjär utveckling däremellan. Användningen 2030 antas vara högst för de fartygstyper som främst förväntas omfattas (gällande landel) av direktivet om utbyggnad av infrastrukturen för alternativa bränslen (AFIR) och dess förväntade förändringar och den troligen tillkommande förordningen om bränslen för sjöfart (FuelEU Maritime). Detta gäller fartygstyperna container, RoRo/RoPax och passagerarfartyg. Andelen bränsle som används vid kaj 2020 är hämtad från Holmgren et al. (2021) (data för 2019) för inrikes och från MRV-data för utrikes. För batteridrift antas endast 3 % av RoRo/RoPax ha detta 2030 med ett större genomslag 2050. Antagen elanvändning presenteras i Tabell 5.

Tabell 5. Antagen elanvändning i Scenario 2 (elektrifieringsscenariot).

	Landel 2030 (% av förbrukning i hamn)	Landel 2050 (% av förbrukning i hamn)	Batteri 2030 (% av förbrukning)	Batteri 2050 (% av förbrukning)
Tank	5	8	0	10
Bulk	1	70	0	10
General Cargo	1	70	0	10
Container	50	80	0	10
RoRo/RoPax	50	80	3	50
Vehicle Carrier	5	70	0	10
Pass/Cruise	50	80	0	25
Övrigt	25	50	0	25

I Scenario 3 studeras vilken potential det finns för användning av metangas inom sjöfarten, både som LNG och förvätskad biogas/metan (LBM). I detta scenario har vi först uppskattat en möjlig användning av metan. Då LNG/LBM är mer utrymmeskrävande än olja passar det inte för alla fartyg, utan främst för närsjöfart. Andelen biogas/metan är uppskattad från en bedömd teknoekonomisk hållbar potential av produktionen (Jivén et al., 2022). Bedömningen i studien som potentialen utgår från baseras på befintlig och planerad produktion idag, uppskattad potential av tillgängliga substrat för tillkommande framtida produktion samt en bedömning över vilka andelar av detta som kan tillgängliggöras sjöfarten.

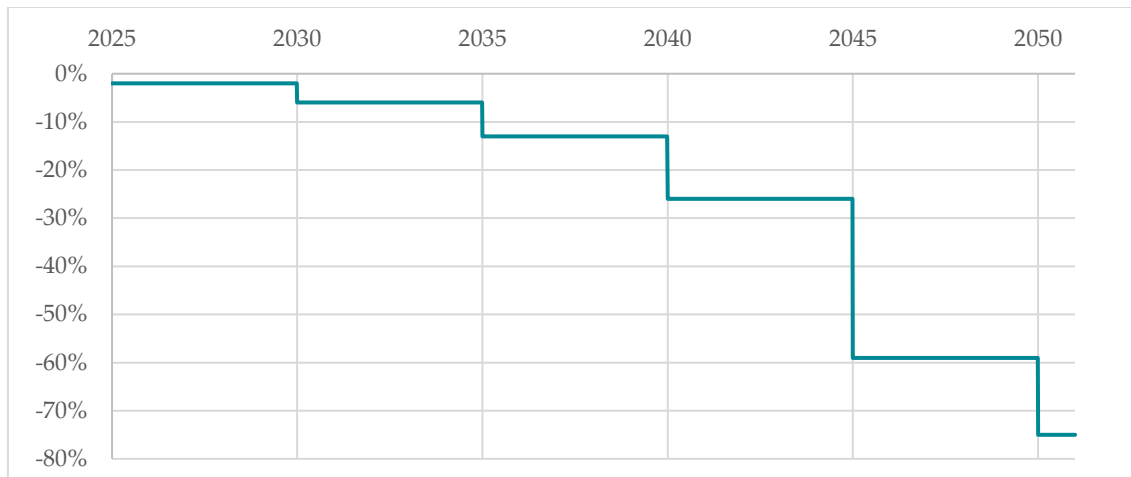
I Scenario 4 antas att sjöfarten når en 50 % minskning av utsläppen av växthusgaser till 2050 och att detta uppnås med ett förnybart flytande bränsle, antingen metanol (bio-metanol), ammoniak eller biodiesel. Andra bränslen som vätgas är förstås också möjliga. Randvillkoret är här att sjöfarten som representeras av bränslestatistiken för Sverige ska minska sina utsläpp av växthusgaser med 50 % till 2050 jämfört med 2008. IMO -målet gäller endast utsläpp relaterade till framdrivningen av fartyget (TTW) men tar även med andra växthusgaser än CO₂. Vi har antagit att minskningen av utsläppen accelereras mot slutet av perioden.

I Scenario 5 studeras vad effekterna av de föreslagna styrmedlen i "Fit for 55"-paketet (se avsnitt 2.2) kan innebära för svensk sjöfart. Detta är förstås högst osäkert men scenariot utgår från de scenarier kring möjlig bränslemix för europeisk sjöfart som presenteras i konsekvensanalysen till "FuelEU Maritime"-förslaget och som undersöker vad som händer om de föreslagna styrmedlen implementeras¹¹ (European Commission, 2021 a). Denna bedömning innefattar en bränslemix för åtta olika fossilfria bränslen (inklusive el) och dess respektive andel för åren 2030 respektive 2050 (se Tabell 6) givet bland annat det krav på inblandning av fossilfritt bränsle som presenteras i Figur 3. Eftersom bränslekategorierna inte redovisas i detalj har vi själva fått anta exakt vilka bränslen som avses (Tabell 6). I tillägg till den bränslemix som använts har även två ytterligare faktorer tagits med i vår scenariomodellering. Dels en tillkommande energieffektivisering som förväntas komma med de ökade kostnaderna för sjöfarten genom dess föreslagna inkludering i EU ETS, dels en förväntad påverkan på de totala transportvolymerna som detta också ger. Den energieffektivisering som bedöms bli resultatet av implementeringen av sjöfartens föreslagna inkludering i EU ETS bedöms vara 8 % (European Commission, 2021 b). Motsvarande bedömning för minskning i transportaktivitet som följd av FuelEU Maritime bedöms till 1 % för 2030 och 2,7 % till 2050 för fraktfartyg samt 1,1 % för 2030 och 4 % för 2050 för passagerarfartyg (European Commission, 2021 a).

Tabell 6 Andelen fossilfria bränslen av total energianvändning för sjöfarten som följd av förslagen i FuelEU Maritime (i %), från modellering utförd som del av konsekvensanalysen i EC (2021 a) men med vår tolkning av vilka bränslen som avses, dock framgår det inte tydligt i EC (2021 a).

(%)	2030	2050
Biofuels (tolkar vi bäst representeras av biodiesel)	6,2	47,8
Bio-LNG (LBM)	1,2	16,8
e-liquids (elektrobränslen, flytande)	0	13,4
e-gas (elektrobränslen, gasform)	0	4,9
hydrogen (vätgas)	0	4,8
ammonia (ammoniak)	0	0,2
methanol (tolkar vi bäst representeras av elektro-metanol dvs elektrobränsle)	0	0,1
El (utav vid kaj)	1,2 (1,2)	1,4 (1,0)
Totalt	8,6	89,4

¹¹ Vi har valt att utgå från policy-paketet PO2 som vi bedömer bäst representerar det förslag som läggs fram i FuelEU Maritime. Scenarier kring möjlig bränslemix för europeisk sjöfart som presenteras i konsekvensanalysen till FuelEU Maritime förslaget baseras på modellering utförd av E3Modelling med PRIMES-TREMOVE transport-modellen specifikt PRIMES-Maritime.



Figur 3. Planerad utveckling av växthusgasintensiteten i bränslet relativt 2020 i enlighet med förslag på utformning av EUFuel Maritime. Från och med 2050 är alltså exempelvis kravet att minst 75 % av bränslet som används inom sjöfarten ska vara förnybart.

I Tabell 7 ges en översikt av de studerade scenarierna.

Tabell 7. Sammanfattning av analyserade scenarier.

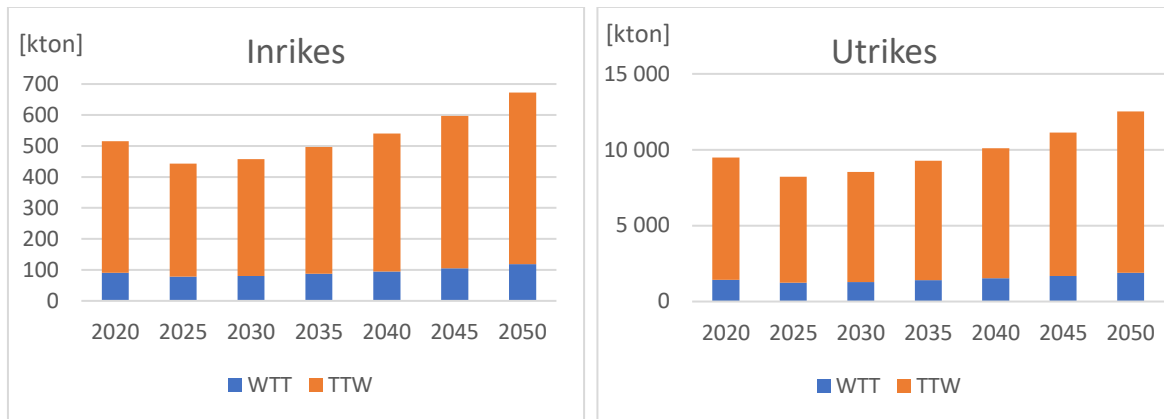
Namn	Beskrivning	Fartygstyper	In/ut-rikes	Övrigt
1 Basscenario	Utvecklingen fortsätter med samma bränslemix som 2020	Alla	Samma för in- och utrikes	
2 Elektrifiering	Utökad användning av både landel och batteridrift	Antagande om både landel- och batterianvändning varierar med fartygstyp	Samma antaganden	Den el som används antas vara förnybar.
3. Metan	Utökad användning av natur- och biogas/biometan	Antagande om större andel i tank, container, RoRo/RoPax.	Antaget större andel för inrikes än utrikes.	Antaget att förnybar metan ökar över tid, framförallt för inrikes.
4. Flytande alternativa bränslen	När IMO:s mål för 2050 med ökan användning av förnybart bränsle	Samma för alla fartygstyper	Både inrikes och utrikes når IMO-målet	
5. Fit for 55	Möjlig effekt av förslagen inom Fit for 55	Olika utveckling av transportarbete mellan passagerare och gods: i övrigt samma.	Samma antaganden	

4.2 Resultat i scenarier

Utvecklingen av bränsleförbrukningen i Scenario 1 (basscenariot) visas i Tabell 8. Då fördelningen på bränslen inte ändras över tid i detta scenario motsvarar den ökning som fås för samtliga bränslen av det ökande transportarbetet i kombination med förbättrad bränsle/energi-effektivitet hos fartygen. Emissionerna av CO_{2e} i Scenario 1 visar initialt en nedgång och sedan en motsvarande uppgång (se Figur 4). Av utsläppen av CO_{2e} är ca 18 % uppströmsemissioner och resten kommer från framdrivningen av fartygen i Scenario 1. Det är tydligt att växthusgasutsläppen kommer att fortsätta öka om inte fler styrmedel införs.

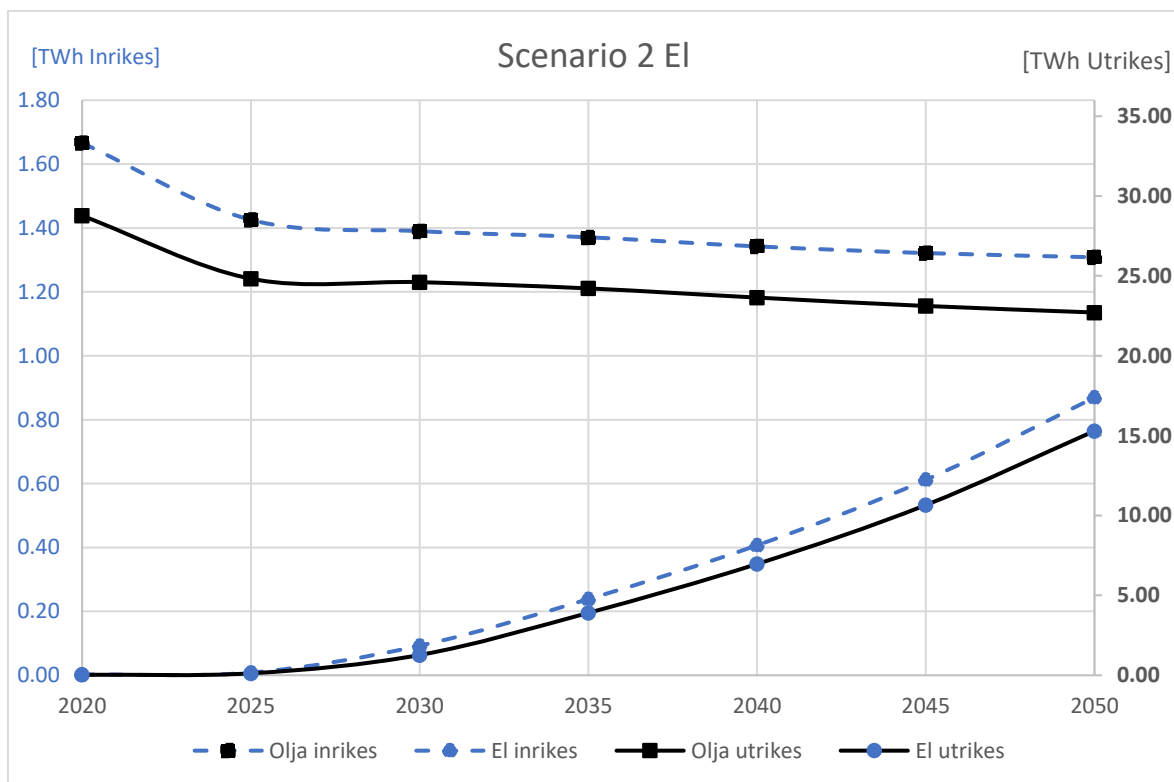
Tabell 8. Bränsleutvecklingen i Bas-scenariot i TWh.

		2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Inrikes	Eo1	0,32	0,28	0,29	0,31	0,34	0,38	0,42
	Eo2-6	0,76	0,65	0,68	0,73	0,80	0,88	0,99
	diesel	0,20	0,17	0,17	0,19	0,20	0,23	0,25
	LNG	0,33	0,29	0,30	0,32	0,35	0,39	0,44
	Biodiesel	0,09	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11
	LBM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	El	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Utrikes	Eo1	8,10	7,02	7,28	7,91	8,61	9,50	10,69
	Eo2-6	20,6	17,9	18,6	20,2	21,9	24,2	27,3
	diesel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	LNG	0,16	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21
	Biodiesel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	LBM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	El	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04

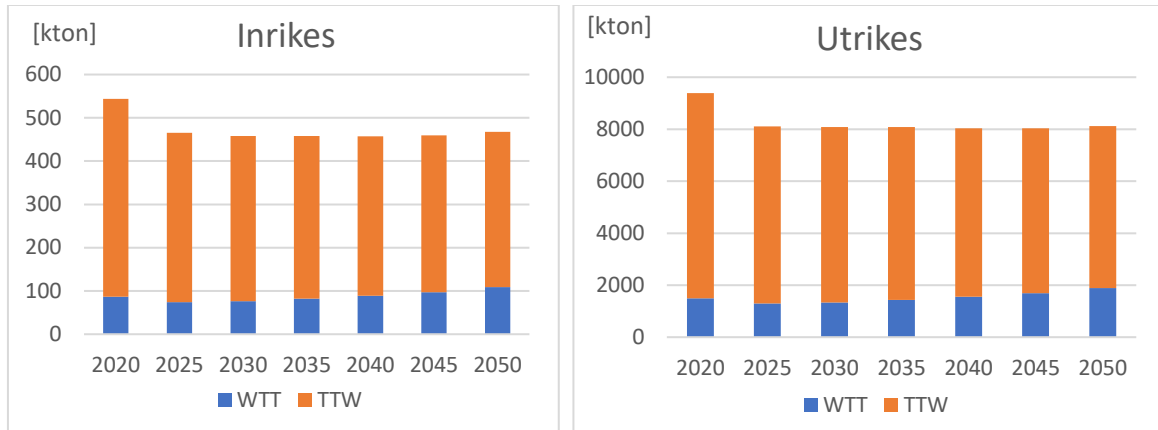


Figur 4. Emissioner av CO₂e i Scenario 1 (i kton) uppdelat på WTT och TTW/TTP för inrikes och utrikes trafik.

Figur 5 visar förbrukning av olja och el i Scenario 2 (elektrifieringsscenarioet). I scenariot har det som inte är el antagits fortsätta vara marin olja. Detta scenario ska ses som potentialen för el-användning för fartygen. Eftersom vi för 2050 antar en relativt stor andel el inom RoRo/RoPax segmentet (se Tabell 5), vilket är segmentet med högst bränsleförbrukning (se Figur 1 och Figur 2), blir mängden el stor. Figur 6 visar emissionerna av CO₂e vilka trots den stora användningen av el bara minskar marginellt med tiden. För att åstadkomma minskningar av utsläppen av växthusgaser krävs alltså ytterligare åtgärder.

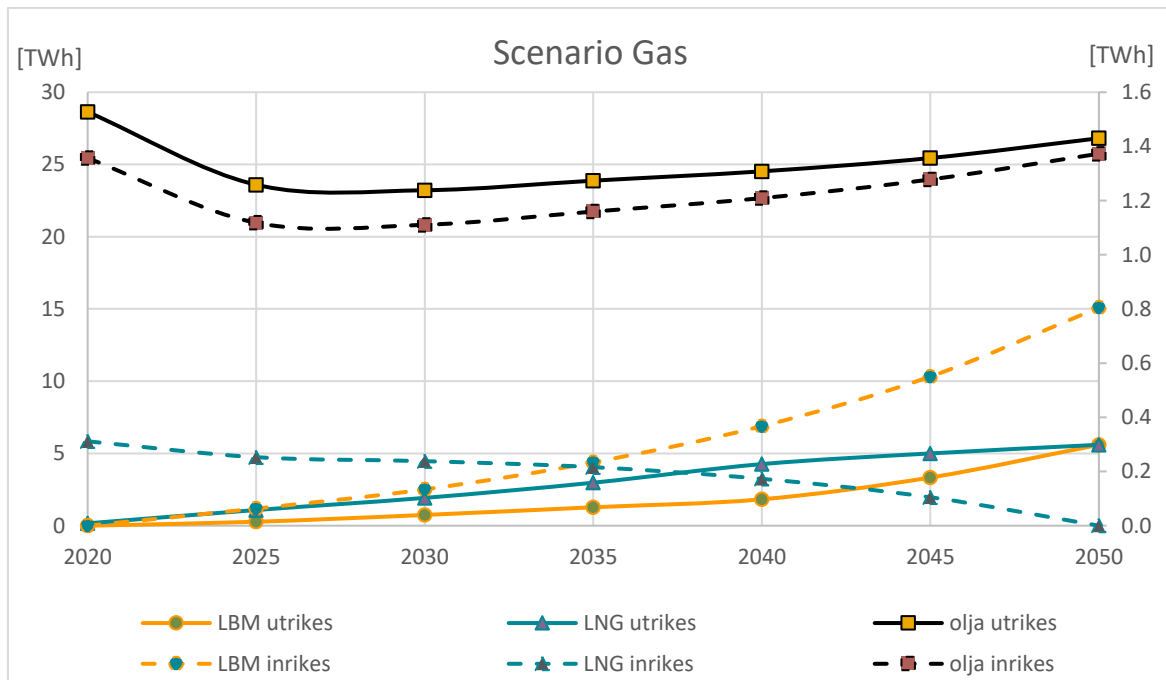


Figur 5. Förbrukning av el respektive olja i Scenario 2.

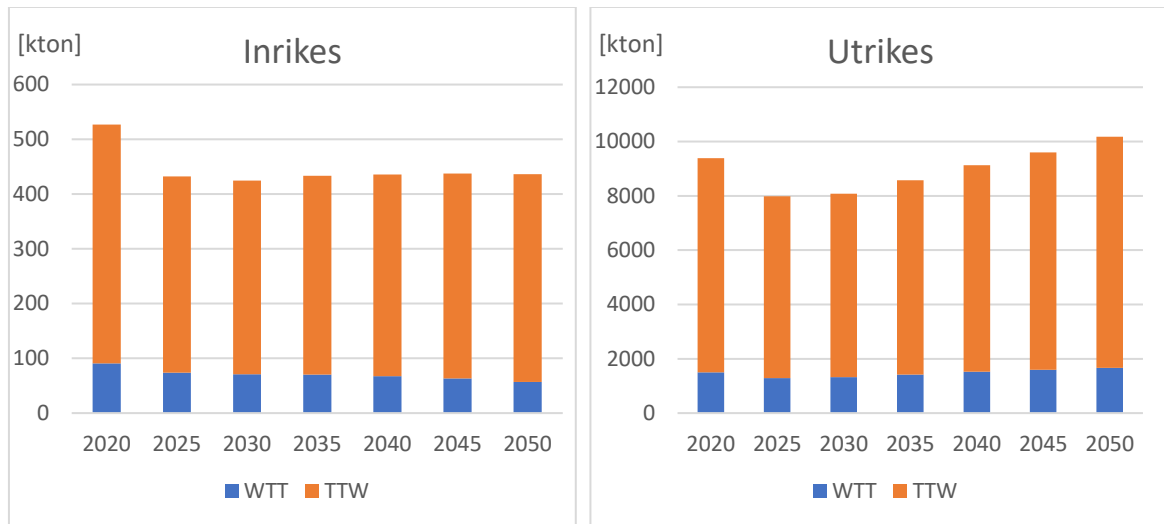


Figur 6 Emissioner av CO_{2e} i Scenario 2 (kton) uppdelat på WTT och TTW/TTP för inrikes och utrikes trafik.

I Scenario 3 (metanscenariot) bedöms potentialen av användandet av metan för framdrift samt vilka möjligheter det finns för att en del av detta bränsle är av biogent ursprung. Figur 7 visar hur den antagna användningen av gas blir fram till 2050 och i Figur 8 visas motsvarande utveckling av CO_{2e}. Enligt de bedömningar som gjorts här fås inte en tillräcklig minskning av utsläppen av växthusgaser från enbart en övergång till gasdrift. Det bör noteras att biogaspotentialen är osäker och framför allt är det osäkert hur stor del av produktionen som kan komma sjöfarten till del.



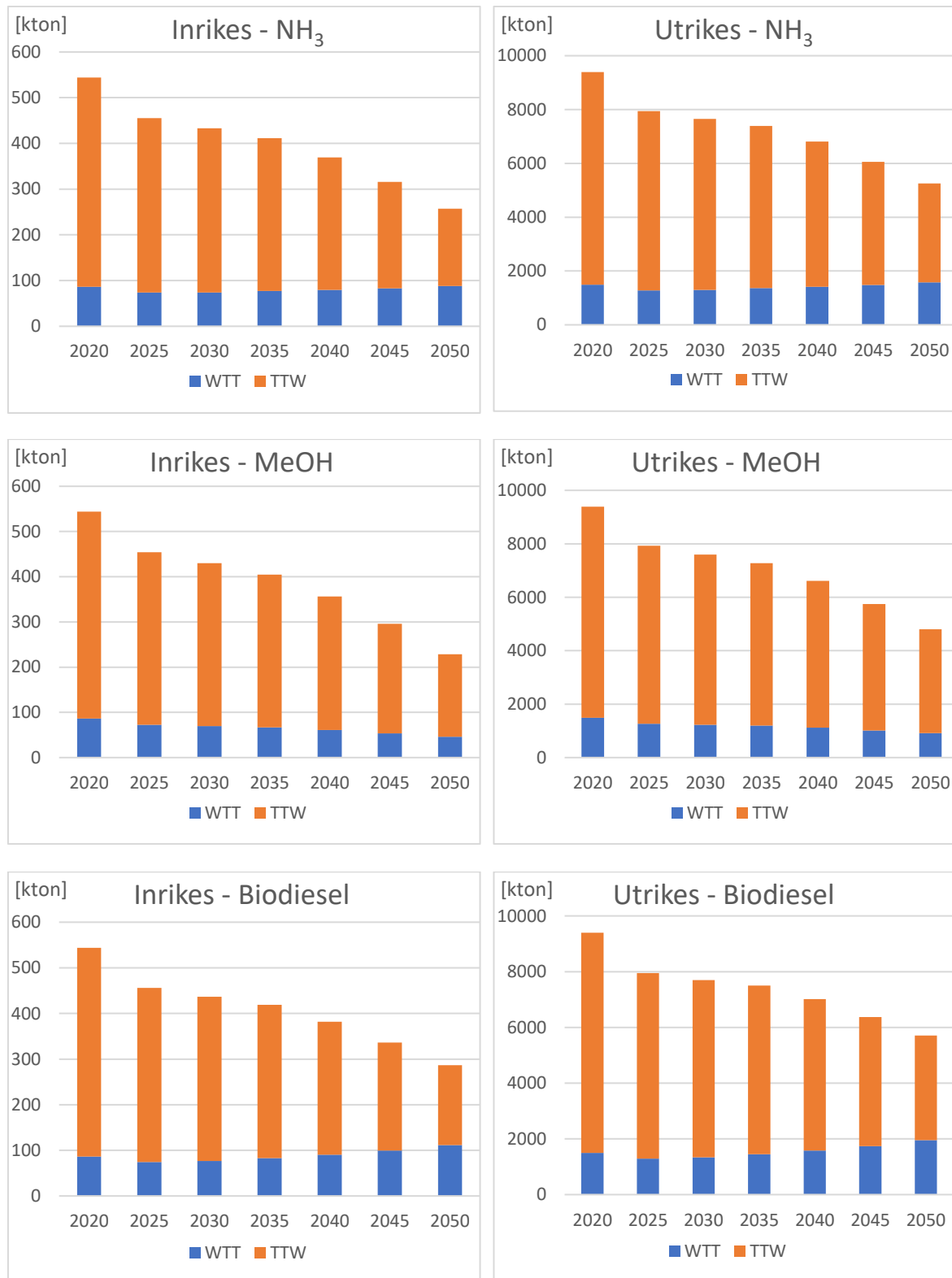
Figur 7. Gas- och oljeförbrukning i Scenario 3 i TWh. Utrikes anges på vänstra skalan och inrikes på högra.



Figur 8 Emissioner av CO₂ i Scenario 3 (kton) uppdelat på WTT och TTW/TTP för inrikes och utrikes trafik.

I Scenario 4 antas IMO:s mål för 2050 om utsläpp av växthusgaser nås med att flytande förnybart bränsle ersätter fossil olja. Vi har modellerat detta som antingen förnybar NH₃, bio-metanol eller biodiesel. Då emissionerna av växthusgaser från dessa tre bränslen bedöms vara ganska lika (se Denna rapport är inte av den omfattningen att en fullständig screening och sammanställning av samtliga bränslens växthusgasprestanda ur ett livscykelerspektiv har utförts. Istället har en ansats gjorts att samla in och beskriva relevanta data som kan ge en översiktlig bild kring respektive bränsles klimatprestanda. Baserat på denna har de värden för klimatprestanda som används i scenarierna i Kapitel 4 tagits fram. För enskilda produktionsvägar kan dock prestandan avseende växthusgasutsläpp alltså skilja sig avsevärt. Vår sammanställning över möjlig klimatprestanda ur ett livscykelerspektiv redovisas i Tabell 1. För vissa bränslen särredovisas bara klimatprestanda för produktion från biomassa, men produktion som elektrobränsle är också möjlig. Ammoniak och vätgas med fler bränslen kan även framställas från naturgas med infångning och lagring av koldioxid. Dessa alternativ ingår dock inte i denna sammanställning då det finns en brist på LCA-data, men också för att det inte bedöms relevant att inkludera i scenarierna som ska fokusera på förnybara bränslen.

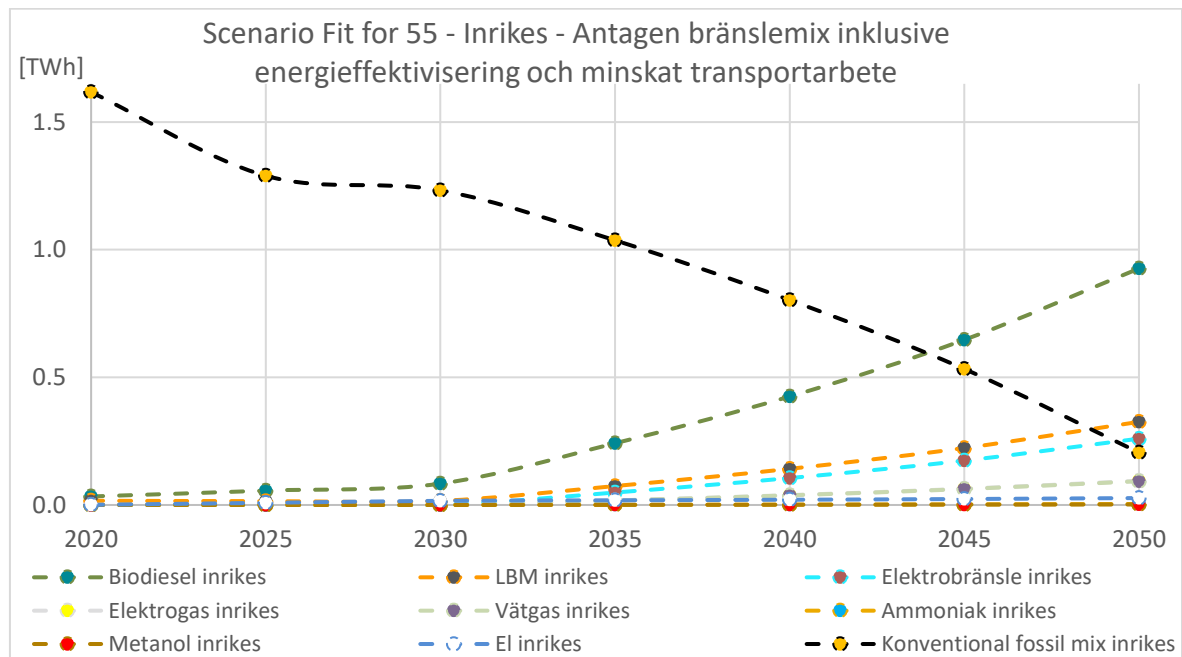
Tabell 1) blir det inte stora skillnader i resultaten. För att nå målet behöver 72–74 % av bränslet 2050 ersättas av ett förnybart alternativ för inrikes trafik och 65–67 % för utrikes trafik. Figur 9 visar hur utsläppen av växthusgaser minskar med tiden i Scenario 4.



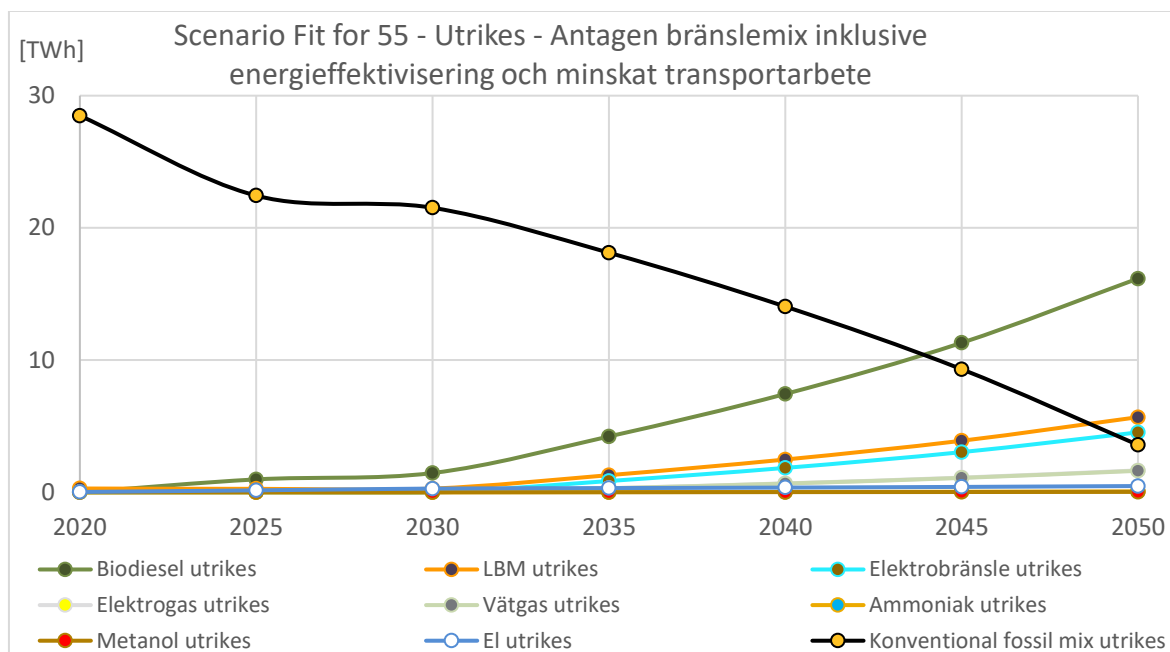
Figur 9. Emissioner av CO_{2e} i Scenario 4 där fossilt bränsle ersätts av antingen förnybart ammoniak, bio-metanol eller biodiesel (kton) uppdelat på WTT och TTW för inrikes och utrikes trafik. Scenarioreultat

för infasning av förnybar ammoniak, biometanol eller biodiesel blir likartade på totalen men exempelvis andelen av utsläppen skiljer en aning mellan produktions- och användningsfas.

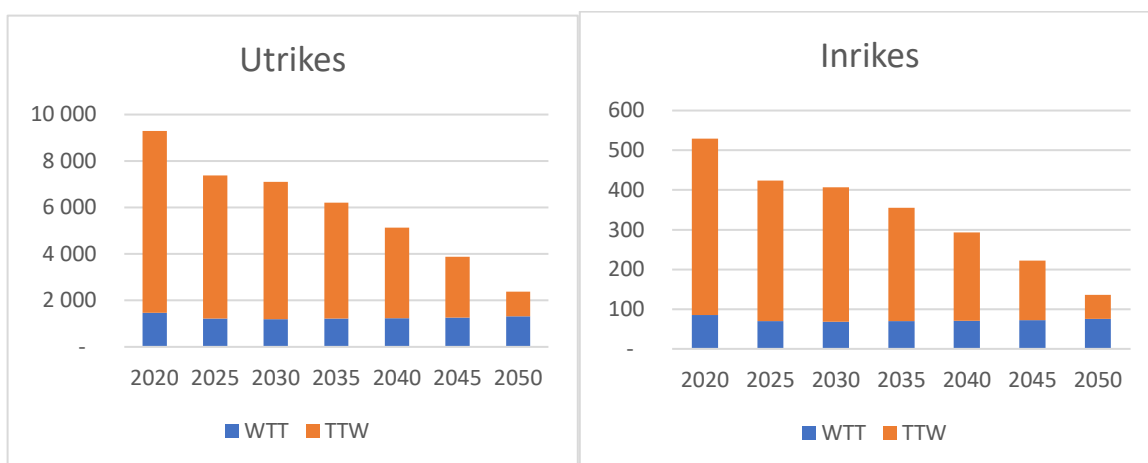
I Figur 10 och 11 visas hur bränslemixen skulle fördela sig över tiden i Scenario 5. Målen i Fit for 55 ger en kraftig minskning med tiden av fossila oljor inom sjöfarten och en motsvarande ökning av alternativ som biobränslen och elektrobränslen. Minskningen av utsläpp av CO_{2e} blir kraftig (se Figur 12). Man kan notera att mot slutet av perioden är WTT-utsläppen ungefär lika stora som TTW-utsläppen.



Figur 10. Energiförbrukning per bränsleslag i Scenario 5 för Inrikes trafik i TWh.



Figur 11. Energiförbrukning per bränsleslag i Scenario 5 för Utrikes trafik i TWh



Figur 12. Emissioner av CO_{2e} i Scenario 5 (kton) uppdelat på WTT och TTW för inrikes och utrikes trafik.

Från de beräkningar som här gjorts kan några slutsatser dras. En förväntad ökning av transportarbetet gör att det totala bränslebehovet inom sjöfarten ökar trots att scenarierna tar hänsyn till beslutade styrmedel för energieffektivisering som EEDI och CII. Man bör komma ihåg att det är troligt att ytterligare styrmedel kommer att leda till ökat tryck på energieffektivisering. Det är till exempel troligt att referenskurvorna i CII kommer att skärpas för perioden efter 2030 och andra styrmedel som leder till ökade bränslepriser kommer även de troligen leda till att fler åtgärder för ökad bränsleeffektivitet anammats. Det finns även en stor påverkan av kapaciteten inom sjöfarten där kapacitetsbrist leder till högre farter generellt och därmed ökad bränsleförbrukning per transportarbete medan motsatsen gäller vid kapacitetsöverskott. Det har legat utanför denna studie att modellera olika tänkbara utvecklingar kring fartygens bränsleeffektivitet.

Resultaten från Scenario 2 och 3 tyder på att varken en stor övergång till landel/eldrift eller en övergång till gasdrift taget enskilt kommer att ge en signifikant minskning av utsläppen av CO_{2e}.

dock leder det till en bättre utveckling jämfört med Scenario 1. För att nå IMO:s mål för 2050 skulle krävas en stor andel förnybart bränsle inom sjöfarten på 72–74 % för inrikes trafik och 65–67 % för utrikes trafik. Att andelen blir större än 50 % har att göra med trafikökningen. IMO:s mål handlar om TTW-utsläpp och vår analys visar att WTT-utsläppen utgör en betydande del mot slutet av perioden. I scenariot som analysera Fit for 55 kan man konstatera en betydande minskning av utsläppen av CO_{2e}. Detta beror främst på den antagna utvecklingen av växthusgasintensiteten i marina bränslen (Figur 3).

5. Hinder

En snabb implementering av förnybara bränslen och kända åtgärder är nödvändigt för att sjöfarten ska kunna nå sina klimat- och miljömål, samtidigt som utvecklingen av nya bränslen, tekniker och metoder för fossilfri sjöfart behöver accelereras. Förnybara bränslen behöver implementeras parallellt med tekniska, operationella och strukturella energieffektiviserande åtgärder, samtidigt som förnybara energikällor från sol, vind och vatten nyttjas. En del åtgärder förutsätter nybyggnation istället för ombyggnation, s.k. retrofit, vilket i kombination med fartygens långa livslängd innebär att det är särskilt brådskande att överbygga de befintliga hindren för sjöfartens omställning.

I detta kapitel beskrivs hinder för en introduktion av alternativa bränslen och övergång till fossilfri drift för fartyg i inrikes sjöfart.

5.1 Hinder för landel och batteridrift

I detta avsnitt diskuteras hinder i form av brist på tillgång på el i hamn för att täcka elbehovet vid kaj (landel) eller för att ladda vid batteridrift.

Fyra större svenska hamnar kontaktades för att kartlägga hur mycket el som används över kaj för landel eller för laddning av batterier ombord varav svar inkom från tre av dessa. Representanter från de tre hamnarna fick svara på tre frågor, se Bilaga A. För att försöka skapa en helhetsbild över elanvändningen kontaktades även Skatteverket som har uppgifter om ansökningar som kommit in om återbetalning av skatt för landelanvändningen ombord på fartyg i svenska hamnar, se **Error! Reference source not found.** Enligt Costa et al. (2022) finns elanslutning av större fartyg (>6 kV) i Göteborg, Helsingborg, Karlskrona, Piteå, Stockholm, Trelleborg, Ystad och Visby.

Två av hamnarna ser på sikt stora utmaningar med ökad elektrifiering på grund av det stora effektbehov som hamnar och fartyg har. De menar att utmaningarna är särskilt stora för de tyngre transporter på grund av den extra infrastruktur som behövs. Kryssningsfartyg nämns också som en särskilt svår kategori att elansluta eftersom dessa fartyg har ett stort effektbehov när de ligger vid kaj (8–16 MW), vilket kan vara svårt att erbjuda för en hamn. Den tredje hamnen ser att de i dagsläget har relativt goda möjligheter att ansluta fler fartyg till landel, och att elektrifiera hamnen generellt.

Tabell 9 Återbetalad skatt för fartyg med elanslutning i Sverige (2017–2021) samt beräknad energi.

Redovisningsår	Summa beslutad återbetalning [SEK]	Antal aktörer	GWh (beräknad)*
2017	6 039 204	15	21,8
2018	7 067 872	15	25,5
2019	8 938 081	15	32,3
2020	9 331 849	16	33,7
2021**	3 932 014	6	14,2

*Utgår från en skattereduktion som på 27,7 öre/kWh (28,2–0,5).

** Ansökan om återbetalning av skatt för elanslutning kan skickas till Skatteverket i efterhand upp till tre år. Troligtvis finns en viss eftersläpning av uppgifterna för 2021.

Om utökning av landel bedöms hanterbart av de tre hamnarna, anses det förväntade behovet av att kunna ladda batteridrivna fartyg vid korta anlöp vara en betydligt större utmaning. Detta ställer helt andra krav på infrastruktur och tillräcklig kapacitet i hamn. Till exempel har Stena Line planer på att elektrifiera två färjor mellan Fredrikshamn och Göteborg, med installerade batterier på 60–70 MWh per fartyg (Stena Line, 2022). Om man antar att dagens liggtider på mellan 1–10 timmar är desamma för dessa elfartyg, motsvarar det mellan 6–70 MW i installerad effekt för att hinna fulladda ett fartyg. Som referens har en större passagerarfärja ett effektbehov för landel vid kaj på 0,5–2 MW. Detta stora effektuttag indikerar att det är mycket viktigt att planera uttaget över dagen eller veckan, t.ex. avseende liggtider och energibehov från närliggande industri. Ett alternativ om effekten i hamnen är för låg eller om man önskar ta ner behovstopparna är att installera batterier i land som laddas kontinuerligt, men som fartygen kan laddas från snabbt när de ligger vid kaj.

Representanter ifrån alla tre hamnar menar att fler och fler fartyg planerar att landelsansluta även om det kommer att dröja för de flesta fartygssegment. Arbetet pågår med utbyggnad i dialog mellan de olika aktörerna.

Om anslutning till landel är frivilligt, blir en avgörande faktor för om ett rederi väljer att ansluta till landel eller inte skillnaden mellan priset på att producera el med hjälpmotorn och att köpa elen från nätet. Tidigare studie (Fridell, et al., 2020) visar att denna prisskillnad varierar mycket över tid. Även effektavgiften till nätbolaget spelar en avgörande roll om det blir lönsamt för fartygen att använda el istället för gasolja vid kaj, i synnerhet för rederier som använder landel sällan och behöver hög effekt (Jivén, et al., 2017). Detta medför att redarnas avkastning på investeringen för landelsanslutningen blir osäker. Dock lyfter Costa et al. (2022) andra faktorer vid sidan av lönsamhet som kan påverka rederiernas vilja att använda landel som till viss del kan bidra till ökad användning: miljöengagemang, kundkrav på att använda landel och bättre arbetsmiljö för besättningen ombord pga. minskat buller, emissioner och vibrationer.

Ingen av de tre hamnarna har någon prognos för hur många fartyg som kan tänkas installera batterier ombord de kommande åren, men de tror att det främst är fartyg för "kortsjö och närtrafik samt små fartyg" som har möjlighet till att använda batterier för framdrift. För små passagerarfärjor finns redan idag flera batteridrivna fartyg och eldrift bedöms vara den dominerade tekniken inom några år (Styhre et al., 2022).

Batteridrift för fartyg som går längre sträckor ses ofta inte som realistiskt i en nära framtid eftersom energidensiteten i batterier är mycket lägre än för flytande drivmedel, vilket kräver mycket stora batterier. I synnerhet om det gäller långväga transporter där fartygen har lång tid mellan laddningsmöjligheter i hamn. Det finns dock en potential för både helt elektrifierade fartyg och elhybrider för linjetrafik med frekventa anlöp vid samma kajer. En hamn utvecklade också ett

resonemang kring att hybriddrift kan komma att användas de närmast åren vid till exempel manövrering för de flesta fartygstyper, eftersom den ekonomiska lönsamheten att investera i dessa är god.

5.2 Hinder för förnybara bränslen

Hinder för förnybara bränslen finns i form av teknisk mognadsgrad, diskrepans mellan tillgång och efterfrågan av de potentiella förnybara bränslena, installation ombord och hur möjligheten för retrofit ser ut för befintliga fartyg, regelutveckling och styrmedel. Förnybara bränslen som diskuteras i denna rapport är biodiesel, förvätskad biogas (LBG/LGM), metanol, vätgas, ammoniak och elektrobränslen.

Den tekniska mognadsnivån är god för de flesta bränslena (Tabell 2), med undantag för vätgas och ammoniak där fortsatt utveckling av motorer och kringssystem för marina applikationer är nödvändig. Bland annat behöver förbränningsegenskaper för ammoniak och ammoniakläckage kartläggas, samt säkra system för bunkring, lagring, transport och användning utvecklas. Detta är en lång process, vilket innebär att ammoniak som fartygsbränsle inte är en trolig lösning på kort sikt, medan vätgasen ligger närmare en fullskalig implementering.

Tillgången på alternativa marina bränslen är i dagsläget låg för samtliga bränslen, med visst undantag av biodiesel, men produktionspotentialen anses medel till hög för samtliga bränslen (se Tabell 2). Bristande tillgång på alternativa bränslen i dagsläget och osäkerheten över framtida prisutveckling är ett hinder för omställningen. Produktionskapacitet håller dock på att byggas upp för förnybar metanol och biogas, och även planer på vätgasproduktion finns, men behöver skalas upp.

Efterfrågan på alternativa fartygsbränslen är i dagsläget låg, men flera rederier har gått ut med information om att de avser övergå till ökad andel förnybara drivmedel, vilket innebär att det kan bli konkurrens om bränslena, t.ex. för biometanol eller biogas. Den hårdaste konkurrensen om bränslet kanske inte kommer från andra rederier, utan snarare från andra branscher, då många industrier efterfrågar grön energi.

Gemensamt för de förnybara bränslena är att retrofit av befintliga fartyg för att anpassa eller byta ut motorer är möjligt men ofta kostsamt, med undantag av skifte från fossil bunkerolja till biodiesel eller från fossil naturgas till biogas som i princip inte kräver några justeringar. Även övergång till metanoldrift kan ske utan alltför omfattande ombyggnationer, men beror på typ av framdrift, motor och fartygstyp. För ammoniak bedöms dock ombyggnation inte som sannolikt i dagsläget av kostnadsskäl och att de säkerhetsmässiga anpassningarna inte är fastställda. I en studie av Transportstyrelsen där flertalet rederier intervjuades framkom att det sällan anses lönsamt att göra större ombyggnationer på befintligt tonnage, särskilt inte på äldre fartyg (Transportstyrelsen, 2021). Detta innebär att det är vid nybyggnation som den stora potentialen finns för bättre klimatanpassade fartyg, där man parallellt även har möjlighet att arbeta med energieffektiviserande tekniska åtgärder som till exempel bättre skrovutformning. Fartygens långa livslängd, inte ovanligt mellan 20–30 år beroende på fartygstyp, utgör därmed ett hinder för en snabb implementering av förnybara bränslen för sjöfarten.

Vidare är det många fartygsägare och redare som är tveksamma att satsa på ny teknik inför nybeställning av fartyg då det råder stor osäkerhet i branschen kring vilka val som framöver kommer att bli mest fördelaktiga. Vid beslut om bränsle och energisystem behöver hänsyn tas till regelverk och förutsättningar som ska gälla om några år när fartyget levereras, samtidigt som

möjligheten måste finnas att anpassa sig till framtida krav under en livstid på kanske 30 år (Andersson, et al., 2020).

En annan problematik kopplad till installation ombord är att energitätheten är lägre för de förnybara drivmedlen som diskuteras i denna rapport. Detta medför, i kombination med att vissa bränsletankar behöver trycksättas eller vara isolerade, att installationen kan vara tung eller ta stort utrymme ombord. Till exempel tar LBM mer plats och väger mer om tankarna räknas in än konventionellt dieselbränsle. Detta innebär att det vid retrofit kan vara svårt att få plats med bränsletankar, då hänsyn också måste tas till regelverk som anger minimalt avstånd till skrov, krav på stabilitet, etc. Utrymmesbrist kan särskilt vara ett problem för mindre fartyg.

För en del alternativa bränslen saknas regelverk för installation, bunkring och användning av bränslet, vilket för tillfället utgör ett hinder för en bredare användning av bränslet. För vätgas har DNV (2021c) identifierat att vid sidan av kostnad är regelverk och säkerhetsaspekter de största hindren för en ökad användning av vätgas som fartygsbränsle. Brist på utarbetade klasskrav för att definiera vad som krävs för att säkerhetskraven ska anses vara uppfyllda innebär ökade kostnader och arbete hos enskilda aktörer för att kunna påvisa att installationen uppfyller säkerhetskraven för att få fartyget godkänt. För att ammoniak ska kunna introduceras som fartygsbränsle krävs ett fortsatt arbete med att säkerställa att ämnets toxicitetsrisker kan hanteras och regleras på ett säkert sätt.

I Kapitel 6 beskrivs flera möjliga styrmedel på nationell nivå för att snabba på en omställning till fossilfri sjöfart. En försvårande omständighet för implementering av mer kraftfulla styrmedel är sjöfartens internationella karaktär och förhållandet till internationella regler och överenskommelser, vilket i många fall kräver en samordning mellan Sverige och andra länder. Vidare behöver hänsyn tas till begränsningar som EU:s statsstödsregler ger. Utveckling av styrmedel inom IMO har hittills främst syftat till implementering av energieffektiviseringsåtgärder, snarare än att främja en övergång till förnybara bränslen. Utveckling av nya styrmedel tar ofta lång tid. Inom EU har man kommit längre med till exempel förslag på målsättning för sjöfartens andel förnybar energi och krav på att hamnar ska tillhandahålla landel för fartyg vid kaj.

5.3 Strukturella hinder

Strukturella hinder för omställningen av sjöfarten uppstår när samverkan mellan två eller fler aktörer inte fungerar på ett bra sätt, till exempel på grund av bristande incitament, informationsutbyte och samordning mellan de många aktörerna. Strukturella åtgärder kan oftast kostnads effektivt tillämpas för både befintliga och nya fartyg och har en stor potential att bidra till energi effektivisering, men kan vara svårt att utveckla eller implementera.

Ett hinder är de kontrakt som finns mellan fartygsägare och befraktare (Jivén et al., 2017) som till exempel kan innehålla villkor som fartygets prestanda, fart och bränslekostnad. Avtalen kan vara utformade så det saknas incitament att investera i ny teknik eller minska bränsleförbrukningen. Ett exempel är om godsägaren eller befraktaren enligt avtal ansvarar för resekostnaderna inklusive bränsle, vilket kan medföra att redaren inte får någon ekonomisk kompensation för eventuella investeringar i energisparande teknik. Ett annat exempel är reglering av kompensation för extra liggetid i lastnings- och/eller lossningshamn utöver vad som står i fraktkontraktet, s.k. "demurrage". Om denna kompensation är högre än fraktintjäningen för en resa kan det vara ett mer ekonomiskt alternativ för den enskilde operatören, än att gå med reducerad fart och spara bunker (Styhre et al., 2014).

Ett annat strukturellt hinder är kopplad till vem som betalar och vem som drar nytta av en investering eller åtgärd. Detta kan illustreras med exemplet att hamnens investeringskostnad i effektivare godshanteringsutrustning gynnar rederiet som ökar nyttjandegraden av fartyget när liggtiden i hamn kan kortas ner. Dessa strukturella aspekter medför att kapital inte fördelas till den verksamhet där den ger störst nytta och att det kan saknas incitament i åtgärder som skulle bidra till en omställning till mer hållbara sjötransporter.

I dagsläget är alternativa drivmedel och investeringar i fartyg och utrustning med bra miljöprestanda dyrare än konventionella fartyg. Den ökade kostnaden behöver kompenseras med ett högre transportpris där det finns en uttalad vilja bland transportköpare att betala mer för miljöeffektivare sjötransporter. Det har förekommit nyinvesteringar i fartyg med hög miljöprestanda som bygger på en nära samverkan mellan rederi och stora lastägare där långa kontrakt skrivits för att fördela kostnader och risker. Men det finns också exempel på studier som visar att det kan saknas ekonomiska incitament att investera i nya tekniker och bränslen då transportköparna inte vill betala det högre priset (t.ex. Transportstyrelsen, 2021). Även Transportinköpspanelens stora longitudinella enkätstudier visar att det endast var 19 % av transportköparna i Sverige 2020 som frivilligt betalade ett högre pris för att någon eller några av transportlösningarna skulle ge mindre miljöpåverkan (Andersson och Styhre, 2021). Betalningsviljan kan dock komma att ändras framöver när företag i större utsträckning arbetar med sina transportemissioner inom Scope 3 och krav kommer på ökad omställningstakt från både ägare, kunder och leverantörer.

5.4 Ekonomiska och finansiella hinder

Ett stort hinder för en snabbare implementering av förnybara bränslen är priset på bränslet där de fossila alternativen, i alla fall för närvarande, är billigare och även obeskattade. Kostnaderna på sikt är mycket komplexa att beräkna, i synnerhet då man ska jämföra ett etablerat bränsle som har ett marknadspris med förväntat bränslepris eller produktionskostnad för ett bränsle som inte är på marknaden och där även investerings- och underhållskostnader också måste med i kalkylen (Andersson et al., 2020). Vidare kan just bränslepris och produktionskostnaden skilja sig kraftigt åt beroende på efterfrågan. Mycket pågår inom energi- och transportbranschen som snabbt kan påverka kostnadsbildningen eller efterfrågan. Framtida kostnader kan till stor del komma att bero på priset på förnybar producerad el och komponenter såsom elektrolysörer och batterier, där teknikutveckling och större produktionsserier kan innebära att kostnaderna sänks. Utvecklingen sker snabbt och exempelvis vätgas bedöms kunna produceras och tillgängliggöras till mycket lägre kostnadsnivåer om några år jämfört med i dag.

Priset behöver också sättas i relation till konventionellt bränsle, där stora prisfluktuationer är vanligt förekommande och där vi sett en kraftig uppgång av oljepriset under det senaste året. Därtill kan en ökad kostnad tillkomma redan nästa år för utsläppsrätter av växthusgaser för det fossila fartygsbränslet, liksom nya kostnader på sikt för att få till en hög omställningstakt och gynna produktion och efterfrågan av de förnybara drivmedlen. Eftersom många rederier tror att utsläppskraven kommer att skärpas framöver, innebär det att investeringar i fartyg med alternativ drift och energieffektiverande åtgärder står sig bättre mot investeringar i konventionella fartyg i det längre perspektivet, trots att kostnaden initialt är högre.

Hur omställningen ska finansieras och av vem är viktiga frågor att besvara för att nå målet med fossilfri sjöfart. Finansiella hinder kan vara mycket betydelsefulla för att gå från pilotfall till implementering av ny teknik på bredare front (Jivén et al, 2017), men kan också påverka möjligheten att finansiera mindre investeringar i befintliga fartyg. Det kan också ställas krav på

korta avskrivningstider trots att fartygets livslängd är betydligt längre. Att investera i ett nytt fartyg med alternativ drift innebär ett ekonomiskt risktagande för rederiet på grund av en ofta högre investeringskostnad och osäkerhet om fartygets andrahandsvärde då det är svårt att veta vilka tekniker och bränslen som kommer att efterfrågas framöver. De högre investeringskostnaderna utgör ett finansiellt hinder eftersom långgivarens begränsningar i hur stor del av fartyget som rederiet får belåna medför att rederiet måste ha större andel kapital tillgängligt (Transportstyrelsen, 2021). Eftersom långgivarna har begränsningar i hur stor del av fartyget som rederiet får belåna, blir även summan som rederiet måste lägga in själva större om de bygger ett fartyg med högre miljöprestanda. Enligt Transportstyrelsen (2021) har utbudet av lånekapital minskat sedan finanskrisen, vilket främst upplevs som en svårighet för mindre rederier. En möjlighet för finansiering av fartyg med hög miljö- och klimatprestanda finns till grön kreditgaranti av Exportkreditnämnden där garantier ges till banker för gröna investeringar som bidrar till klimatomställningen (EKN, 2022). Som enda rederi hittills har Terntank erhållit förfinansiering av ny produkt- och kemikalietanker med möjligt LBG-drift.

6. Styrmedel och nationell rådighet

I detta kapitel beskrivs de styrmedel som skulle kunna bli aktuella på nationell nivå för att snabba på en klimatomställning av sjöfarten. Flera styrmedel som styr i samma riktning kan i många fall vara önskvärd för att få större effektiv och snabba på omställningen, men en djupare analys av kombination av styrmedel görs inte i rapporten. Ytterligare styrmedel har varit uppe på förslag men tas inte med i denna rapport då de antingen bedöms ha mycket begränsad effekt eller av andra orsaker inte längre anses aktuella. Detta gäller utsläppsreduktion mindre fartyg, klimatdifferentierat sjöfartsstöd, omställning genom partnerskapsprogram (GSP) mellan privata och offentliga aktörer, och stöd till servicekontor.

Styrmedel som just nu utreds djupare av andra aktörer/myndigheter tas enbart upp översiktligt. Detta gäller främst breddad ekobonus och utveckling av sjöfartens avgifter.

Efter en översiktlig bedömning av styrkor och svagheter för dessa olika beskrivna styrmedel görs en analys kring genomförbarheten för reduktionsplikt för sjöfartsdrivmedel, också kopplad till de pågående regelförändringarna inom EU (FuelEU Maritime, EU ETS samt ändringarna i energiskattedirektivet avseende minimiskatter på sjöfartsdrivmedel).

6.1 Nationella incitament för laddning/användning av el vid kaj

Nationella incitament för att fartyg ska erbjudas och använda landel vid kaj kan handla om att ändra regler och skatter kring fartyg som elkunder, då det idag kan vara mycket dyrt att nyttja el på grund av anslutningsavgifter, effekttariffer och skatter. Landel används främst av fartyg i regelbunden trafik vilket ofta stämmer på inrikes trafik. Nationellt är det svårt att genomdriva egentliga krav på att landel ska användas av alla fartyg eller att det erbjuds vid alla kajer. Det går dock från statens sida att stödja utbyggnaden av landel vid kajer och främja fartygens användning på flera sätt. Planering och samordning för utveckling av kraftnät är också en viktig fråga. Sammanfattningsvis skulle styrmedlet kunna inkludera både investeringsstöd för fartygs-

installation och laddningsinfrastruktur i hamnar, men likväl lägre skatt för el som används av fartyg av samtliga storlekstyper i hamn.

Styrmedlet förslås även gälla för mindre fartyg (under 5 000 GT) och för de fartygstyper som inte innefattas av Fit for 55.

Fyra huvudsakliga reformer kan stärka de nationella incitamenten för användning/laddning vid kaj. Reform 1 och 2 bör ej kombineras för att undvika att ge stöd åt det som är lagkrav.

1. Generella föreskrifter att hamnar av viss storlek eller med viss trafik ska erbjuda el för användning/laddning av fartyg vid kaj.
2. Ett riktat ekonomiskt stöd till svenska hamnar av viss storlek eller med viss trafik att göra investeringar för att möjliggöra användning/laddning av fartyg vid kaj.
3. Ytterligare ändringar i lagar och regler om elleveranser och skatt på dessa som stärker incitamenten för användning/laddning vid kaj.
4. Strategisk nationell planering för att säkra och samordna elnätutvecklingen så att den möter de behov som finns när hamnar ska erbjuda el för användning/laddning vid kaj.

En kombination av incitament bedöms ha stor effekt på ökad tillgång av el vid kaj. Hur stor och snar användning som detta kommer föra med sig beror på incitament och teknisk utveckling av fartygen. Framför allt kan detta ha stor betydelse för de fartygstyper som inte omfattas av reglerna för landel i Fit for 55-paketet. I Scenario 2 i Kapitel 4.2 om elanslutning antas endast några få procent av dessa fartyg använda landel 2030.

Bedömning av rådighet, genomförbarhet och statsfinansiell kostnad för dessa åtgärder:

1. Lagstiftaren har full rådighet för svenska hamnar. Att införa som generella föreskrifter som ökar tillståndskraven på befintliga hamnar kan vara omständligt och svårt att få privata och kommunala hamnar med på. Ingen statsfinansiell kostnad då regelförändring.
2. Lagstiftaren har rådighet för svenska hamnar, men statsstödsundantag krävs. Detta bedöms som möjligt vid rätt utformning. Medför statsfinansiella kostnader.
3. Lagstiftaren har rådighet för svenska hamnar, men statsstödsundantag krävs. Detta bedöms som möjligt vid rätt utformning. Finns förslag från sjöfartsnäringen. Medför statsfinansiella kostnader i form av minskade intäkter.
4. Satsning inom en eller flera myndigheter. I sammanhanget en billig och enkel insats.

6.2 Reduktionsplikt för svenska sjöfartens drivmedel

En reduktionsplikt innebär att drivmedelsleverantörer ska minska växthusgasutsläppen från det fossila drivmedlet genom att blanda in en andel förnybart bränsle. Utsläppen räknas utifrån ett livscykelerspektiv. Livscykelutsläppen för biodrivmedel beräknas enligt den metod som framgår av förnybarhetsdirektivet och blir därmed olika för olika typer av råvara och tillverkningsprocesser. Syftet med att välja en reduktionsplikt är att den, i jämförelse med en kvotplikt, gynnar biodrivmedel med god klimatprestanda ur ett livscykelerspektiv.

Lagen (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp genom inblandning av biodrivmedel i bensin och dieselbränslen gäller idag för bensin och icke-färgad diesel samt sedan juli 2021 även för flygfotogen. Biojetutredningen (SOU 2019:11) bedömde att det lämpligaste styrmedlet för att

öka användningen av biodrivmedel för flyg i Sverige var en reduktionsplikt för flygfotogen. I likhet med drivmedel för yrkessjöfarten finns internationella avtal som förhindrar miljöbeskattnings av flygbränsle.

För att öka användningen av förnybart bränsle i den del av sjöfarten som inte kommer omfattas av den utökade utsläppshandeln i EU kan reduktionsplikten i Sverige utökas till de bränslen som inrikes sjöfart använder. Utfasningsutredningen (SOU 2021:48) föreslog detta som alternativ till en nationell utsläppshandel. Lagen om reduktionsplikt kan då inkludera även märkt diesel samt LNG för marint bruk. Då innefattas stora delar av den inrikes yrkessjöfarten, dock ej fiskeflottan. Diesel för fritidsbåtar är redan inkluderade i reduktionsplikten. Hur stor reduktionsplikt som kan ställas på marina drivmedel för yrkessjöfarten behöver anpassas till prognoser om produktionskapacitet och möjlighet för sjöfarten att få tillgång till bränslena för olika tidsperioder. En reduktionsplikt höjer drivmedelskostnaden vilket kan leda till ökade fraktkostnader. Skulle det uppstå stora prisskillnader mellan marint drivmedel i Sverige och i angränsande länder kan undantag behöva gälla vid utrikestransporter.

En fördjupad analys av en reduktionsplikt för marina bränslen i Sverige presenteras i avsnitt 6.9.

6.3 CO₂-fond finansierad av branschen

Med inspiration från den norska NO_x-fonden¹² går det att fundera över om det går att införa en "CO₂-fond" för svensk sjöfart. En schematisk konstruktion skulle vara att sjöfartsaktörer krävs att betala en höjd klimatavgift för sjöfarten, men att undantag från den betalningen ges om pengar i stället betalas in till en särskild fond som antingen staten eller näringsens aktörer styr över. Medlen ur fonden går till teknikomställning inom näringen. Tanken är att en sådan lösning skulle vara ett helt eller delvis självfinansierande system för stöd till investeringar i ny klimatteknik för nya och befintliga fartyg.

SOFT-utredningen 2017 (Energimyndighetens samordningsuppdrag kring omställning av transportsektorn) föreslog att det skulle göras en utredning om lämpligheten att införa ett liknande system som den norska NO_x-fonden i syfte att minska koldioxidutsläppen från sjöfart som anlöper svenska hamnar (Energimyndigheten, 2017). Vid en uppföljning av myndigheterna inom SOFT-utredningen 2020 konstaterades att åtgärder för sjöfartens omställning fortfarande saknades och förslaget att utreda hur sjöfarten kan ges incitament till omställning via stöd och näringsens bidrag upprepades (Energimyndigheten, 2020).

Det är oklart på vilket sätt den norska NO_x-fonden kan fungera som modell för en svensk motsvarighet avseende klimatutsläppen från inrikes sjöfart. Svårigheter ligger dels i vad som avses med inrikes sjöfart då det är förhållandevis få ruttor som enbart går mellan svenska hamnar, dels i regelkonstruktionen där ett offentligt krav på att betala en utsläppsrelaterad och styrande miljöavgift i praktiken är en skatt vars statliga intäkter inte kan öronmärkas. Ett ytterligare hinder är att det idag inte framstår praktiskt möjligt att beskatta fossilt drivmedel till sjöfarten på grund av överenskommelser internationellt och i EU. I den föreslagna omarbetningen av EU:s

¹² År 2007 införde Norge en avgift på NO_x-emissioner. Avgiften tas ut från industrier på land och till sjöss (oljeindustrin), och omfattar även inrikes sjöfart som ett sätt för Norge att nå sin del i de internationella åtagandena att minska utsläppen av NO_x. I samband med detta startades den så kallade NO_x-fonden, vilken idag drivs av Näringslivets Hovedorganisation (NHO), av 15 samarbetsorganisationer. En ny överenskommelse mellan företagsrepresentanterna och de norska myndigheterna tecknades 2017 och innebär att fonden fortsätter 2018–2025 (NHO, 2017). Näringslivet driver NO_x-fonden som tar lägre avgifter än den statliga NO_x-avgiften, samt ger stöd till NO_x-reducerande teknik, från de som är medlemmar (von Bahr et al., 2018). De deltagande verksamheterna slipper den statliga NO_x-avgiften (NHO, 2017).

energiskattedirektiv föreslås nu att även sjöfarten beskattas, vilket kan förändra läget. Det skulle kunna skapa incitament till klimatomställning och viss finansiering av stödåtgärder till sektorn. Om det främsta skälet till att utforma en CO₂-fond är att få till ett ekonomiskt stöd för tekniksprång för fartyg kan detta utformas som ett riktat stöd för konvertering eller ombyggnad av fartyg, se nedan om klimatinvesteringsstöd.

6.4 Investeringsstöd - fartyg, infrastruktur och produktion av bränsle

Statligt stöd till sjöfarten i form av direkta investeringsstöd till ombyggnation eller nybyggnation av fartyg och produktion av förnybart marint drivmedel kan motiveras utifrån att klimatomställningen behöver snabbas på. Sådana stöd måste ta hänsyn till de begränsningar som EU:s statsstödsregler ger, men stöd som ges för tydliga miljöförbättringar bör utredas, t.ex. retrofit av motorer för att kunna bunkra förnybart bränsle och byggnation av produktionsanläggningar för tillverkning av fartygsbränsle som till exempel bio-metanol och grön vätgas. Detta kan göras antingen genom att befintliga stödformer som Klimatklivet och Industriklivet anpassas till att fungera för sjöfartens aktörer eller genom en särskild stödförordning. Industriklivet omfattar sedan 2021 redan biodrivmedel och vätgasproduktion¹³, men kan möjligtvis behöva anpassas ytterligare. Som föreslås av Energimyndigheten (2021c) kan stödet även behöva ökas för kommande år. Även olika typer av innovations- och utvecklingsstöd för mer miljövänlig fartygsteknik kan behövas. Stöd för fartygsombyggnader kan vara svåra att knyta till att fartygen också används i svensk inrikessjöfart och där minskar utsläppen. Det finns en risk att fartyg som fått stöd flyttas till andra marknader.

6.5 Klimatkrav på myndigheters flotta och upphandlingar

Regeringen kan ge myndigheterna direktiv om att arbeta med att minska klimatutsläppen från de fartyg som myndigheten själv äger eller använder. Till viss del pågår sådant arbete, framför allt på Sjöfartsverket och inom Färjerederiet för vägfärjorna (se t.ex. Andreasson et al., 2021; Nilsson, 2021, Holmgren et al., 2021, se även avsnitt 3.1.2). I förvaltningen av den flotta som statliga myndigheter använder kan frågor om att konvertera för drift med mer förnybar energi bli aktuella. Genom ett direktiv om en långsiktig plan för en fossilfri fartygsflotta inom staten kan arbetet påskyndas.

När Trafikverket och Sjöfartsverket köper fartyg eller avtalar om att viss trafik ska drivas kan det ställas klimatkrav i samband med den upphandlingen. Idag ställs vissa klimatkrav på upphandlad persontrafik, främst Gotlandstrafiken. Det kan vid offentlig upphandling underlätta att ställa krav som bygger på olika internationella indexsystem. Hösten 2021 togs ett förslag fram om lagändring som skulle medföra att bland annat klimathänsyn ska tas vid alla offentliga upphandlingar, men förslaget har ännu inte lagts fram för beslut (Ds. 2021:31).

Statliga myndigheter ska i sin upphandlingsverksamhet följa upphandlingslagstiftningen och kan få råd från Upphandlingsmyndigheten. Det finns ett relativt stort utrymme för en upphandlade myndighet att arbeta med klimathänsyn vid upphandlingar och det är en viktig del i att nå målet

¹³ <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2021/01/industriklivet-breddas-for-att-bidra-till-omstallningen-till-ett-fossilfritt-samhalle/>

om ett fossilfritt samhälle¹⁴. Upphandlingar kan även genomföras som funktions- eller innovations-upphandlingar som möjliggör utvecklingen av en ny lösning för den produkt eller tjänst som samhället behöver.

Effekten av klimathänsyn i offentlig upphandling av fartyg och sjötrafik kan vara betydande, både direkt med minskade klimatutsläpp från inrikes sjöfart och indirekt genom att ny teknik får en marknad och affärsmodeller utvecklas med fokus på klimatnytta.

Åtgärden kan genomföras i mindre och större skala avseende klimatambitionen. Troligtvis krävs ökade kostnadsanslag för att statliga myndigheter ska kunna arbeta med en hög klimat-ambition, särskilt om det innefattar upphandling av nya fartyg.

6.6 Breddad ekobonus

Det pågår en utveckling av dagens ekobonus genom att ett tidsbegränsat ekonomiskt stöd ges till nya eller utvecklade upplägg av intermodala godstransporter som ersätter rena vägtransporter. Stödet kan därmed komma att omfatta flera trafikslag än sjöfart och kretsen av möjliga mottagare är större - utöver redare även andra företag i den intermodala transportkedjan såsom järnvägsföretag och terminaloperatörer, men även ägare av hamnar och av annan infrastruktur som knyter samman intermodala transporter. Stöd kan också ges för fler typer av kostnader (drift och investering i utrustning och infrastruktur) samt till en högre andel av totala kostnader än dagens ekobonus. (Trafikanalys, 2019). I dagsläget finns dock inga krav på förnybara drivmedel för erhållande av ekobonus. Ett sådant krav skulle kunna inkluderas i framtida fördelning av medel av en breddad ekobonus och därmed ytterligare stärka reformens klimatambition.

6.7 Utveckling av Sjöfartsverkets avgifter

Trafikverket arbetar med ett uppdrag om att reducera Sjöfartsverkets avgifter för viss typ av trafik i syfte att främja en överflyttning av godstransporter från väg till sjö. Här ingår att utreda starkare miljöincitament i farledsavgifterna samt i lotsavgifter som ska ge incitament för eco-driving. Rabatt på farledsavgiften ges idag beroende på poäng i Clean Shipping Index i fem kategorier där utsläpp av växthusgaser är en. Möjligheten för staten att medverka till reducerade hamnavgifter för fartyg med bra miljö-prestanda som går mellan svenska hamnar diskuteras utifrån att inrikes energieffektiv sjöfart bör gynnas.

6.8 Översiktlig bedömning av styrkor och svagheter för de olika styrmedlen

I detta avsnitt gör vi en översiktlig bedömning av hur de styrmedel som beskrivs i avsnitten ovan presterar i förhållande till utvalda aspekter i syfte att belysa styrkor och svagheter för de olika styrmedlen. De aspekter som ingår är potential för att bidra till minskade utsläpp av växthusgaser, nationell rådighet, genomförbarhet och statsfinansiell kostnad. Slutsatserna från denna bedömning sammanfattas i Tabell 10. I avsnitt 6.8.1–6.8.6 redogör vi för respektive styrmedel för bakomliggande resonemang för våra bedömningar.

¹⁴ <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/om-hallbar-upphandling/miljomassigt-hallbar-upphandling/upphandla-med-hansyn-till-klimatet/>

Tabell 10. Sammanfattad översiktlig bedömning av de beskrivna styrmedlen för utvalda aspekter, i grön-gul-röd färgskala, där grön indikerar att styrmedlet har möjlighet att prestera väl och röd att styrmedlet inte bedöms kunna prestera väl ur ett nationellt sjöfartsperspektiv.

	Potential för effekt på klimatutsläppen	Rådighet	Genomförbarhet (hinder)	Statsfinansiell kostnad
Incitament för el vid kaj och laddning				
Reduktionsplikt för drivmedel				
CO ₂ -fond				
Klimatinvesteringstöd fartyg, infrastruktur och produktion av bränsle				
Klimatkrav på myndigheters fartyg				
Breddad ekobonus		Ej bedömd	Ej bedömd	
Sjöfartsverkets avgifter		Ej bedömd	Ej bedömd	

6.8.1 Incitament för el vid kaj och laddning

Nationella incitament för laddning/användning av el vid kaj kan, som redogörs för ovan, handla om flera olika typer av stöd eller krav (t.ex. föreskrifter som kräver att vissa hamnar ska erbjuda el för användning/laddning vid kaj, investeringsstöd till laddningsinfrastruktur i hamnar och lägre skatt för el som används av fartyg i hamn). Sverige bedöms ha rådighet för samtliga av de styrmedel som diskuteras ovan även om statsstödsundantag krävs i flera fall. Med eventuellt undantag för krav på att hamnar ska tillhandahålla el, bedöms genomförbarheten över lag som god även om det ställer krav på den exakta utformningen av styrmedlet. Investeringsstöd eller till exempel skattelättnader innebär en kostnad för staten (det senare genom minskade intäkter), vilket ett krav inte gör. Eftersom användningen av el vid kaj innebär en mindre del av ett fartygs totala bränsleanvändning (om än mycket viktig att minska) och att inte alla fartyg kommer att kunna nås med styrmedlet, bedöms effekten på växthusgasutsläpp av incitament för laddning/användning av el vid kaj som medelstor.

6.8.2 Reduktionsplikt för marina drivmedel

Liksom för flygsektorn, där en reduktionsplikt för flygfotogen införts i Sverige, skulle Sverige kunna införa en reduktionsplikt även för marina bränslen för den andel som bunkras i Sverige. Exakt utformning och reduktionsnivåer behöver dock utredas i detalj, i likhet med Biojetutredningen (SOU 2019:11) som föregick införandet av en reduktionsplikt för flyget.

En reduktionsplikt har vi möjlighet att införa nationellt och vi bedömer att det också ur ett genomförbarhetsperspektiv inte finns några betydande problem kopplat till detta som inte går att lösa. För en fördjupad analys av en reduktionsplikt för marina bränslen i Sverige, se avsnitt 6.9. En reduktionsplikt för förnybara drivmedel har hög potential att bidra till minskade

växthusgasutsläpp eftersom den ställer krav på en viss växthusgasreduktion (Hansson et al., 2018). Den gynnar också förnybara drivmedel med god klimatprestanda ur ett livscykelperspektiv samtidigt som den bidrar till utfasning av fossila marina bränslen genom indirekt undanträngning (Hansson et al., 2018). Eftersom införandet av en reduktionsplikt för marina drivmedel bedöms kunna inkluderas i den befintliga reduktionsplikten innebär det inte några stora kostnader för staten, i likhet med den bedömning som gjordes när reduktionsplikten för flyget utreddes (SOU2019:11).

6.8.3 CO₂-fond

En CO₂-fond för svensk sjöfart skulle i princip inte innebära någon kostnad för staten då denna ska vara självfinansierad. Vi ser stora problem med att utforma och genomföra en CO₂-fond för svensk sjöfart. Till exempel skulle som nämnts ovan ett offentligt krav på att betala en utsläppsrelaterad och styrande miljöavgift i praktiken anses vara en skatt vars intäkt då inte formellt kan öronmärkas och att lägga en skatt på användning av fossila sjöfartsbränslen frångår dagens praxis, vilket dock kan komma att ändras framöver. Skattefrågan behöver därför lösas separat innan det går att se hur lösningar med en särskild fond eller annat fungerar. CO₂-fond som styrmedel får därför bedömas ha låg genomförbarhet. Rådighet är delvis begränsad då intäkterna till fonden är avhängigt bland annat EU-regler. Den effekt som en fond skulle ha på växthusgasutsläppen från den svenska sjöfarten beror förstås på hur mycket pengar som fås in till fonden och vad dessa pengar används till. Men potentialen för att bidra till minskning av växthusgasutsläpp från den svenska sjöfarten bedöms som relativt hög eftersom fonden givet att den förverkligas har potential att samla in betydande medel som då kan användas till stöd för byte av bränslen och om/ny-byggnation av fartyg.

6.8.4 Investeringsstöd

Det är möjligt för Sverige att ha direkta investeringsstöd för ombyggnation/nybyggnation av fartyg och produktion och som tidigare nämnts, omfattar Industrikivet sedan 2021 redan biodrivmedel och vätgasproduktion (som potentiellt sett skulle kunna användas i sjöfarten). Om investeringsstöden är omfattande och enbart gäller för svensk sjöfart kan det vara komplicerat att hitta en konstruktion som blir godtagbar utifrån EU:s statsstödsregler. Vidare finns en risk att de fartyg som fått stöd flyttas till andra marknader. Ett investeringsstöd motsvarar förstås en kostnadspost för staten. Storleken beror på omfattningen av stödet och det belopp som avsetts för det eller i praktiken det belopp som faktiskt används för detta ändamål (uppskattas motsvara en medelstor statsfinansiell kostnad). Den potentiella effekten på minskningen av växthusgaser för ett investeringsstöd för fartyg, infrastruktur och produktion av bränsle är relativt stor, men beror förstås på i vilken utsträckning som stödet används och om det ingår i ett bredare stöd, samt om stödet faktiskt går till lösningar inom sjöfartsområdet. av förnybart marint drivmedel såvida de anpassas så att EU:s statsstödsregler följs. Som exempel,

6.8.5 Krav på statens fartyg och i upphandling av sjötrafik

Den potentiella effekten av klimathänsyn i offentlig upphandling av fartyg och sjötrafik bedöms kunna vara betydande för minskningen av växthusgasutsläpp eftersom denna del utgör en betydande del av inrikes sjöfart (50 %). Det ger också både en direkt minskning av växthusgasutsläpp och indirekt genom att det bidrar till utveckling och spridning av ny teknik. Vi

ser inga särskilda hinder för att införa klimatkrav på myndigheters flotta och upphandlingar utan ser att detta arbete redan startat och är ett område som den svenska staten har rådighet över. Ökade krav på att statliga fartyg ska använda alternativa bränslen eller ny miljöteknik innebär en ökad kostnad för staten då till exempel statliga myndigheter kan behöva ha ökade kostnadsanslag.

6.8.6 Breddad ekobonus och Sjöfartsverkets avgifter

Den utveckling av Sjöfartsverkets avgifter som diskuteras bedöms ha en begränsad effekt på växthusgasutsläppen från inrikes sjöfart eftersom det framför allt handlar om att förändra (stärka) befintliga styrmedel. Eftersom det handlar om en utökad minskning av farleds-, lots- och hamnavgifter kan det innebära en kostnad för staten vilken kan minskas genom att avgiften samtidigt höjs för fartyg med sämre prestanda.

Den föreslagna breddade ekobonusen innebär potentiellt en ökad kostnad för staten eftersom fler aktörer än tidigare ingår och att stödet omfattar fler typer av kostnader (drift och investering i utrustning och infrastruktur) samt kan motsvara en högre andel av den totala kostnaden än idag (gäller givet att styrmedlets budget utökas). Den potentiella effekten på utsläppen av växthusgaser bedöms som begränsad i förhållande till vissa av de andra styrmedel som diskuteras här eftersom transportererna fortfarande sker, om än på ett mer klimatsmart sätt. Utsläppen från inrikes sjöfart kan också öka på grund av detta styrmedel på grund av den överflyttning från andra trafikslag som sker, men totalt sett leder det till en minskning av växthusgasutsläppen från transporter.

6.9 Fördjupad analys av reduktionsplikt

Utifrån diskussionen ovan finns det anledning att djupare analysera genomförbarhet och effekter av en svensk reduktionsplikt för marina bränslen. Detta avsnitt försöker ge svar på följande sex frågor:

1. Hur fungerar reduktionsplikten?
2. För vilka drivmedel inom sjöfarten skulle reduktionsplikt kunna vara aktuellt, och går dessa att införa i reduktionspliktslagen?
3. Kan reduktionsplikten endast läggas på drivmedel som säljs i Sverige, eller även på det som används på svenskt vatten?
4. Måste reduktionsplikt som styrmedel begränsas till inrikes sjöfart och då enbart för vissa fartygskategorier?
5. Hur förhåller sig reduktionsplikt till existerande och av EU aviserade styrmedel som utsläppshandel och klimatkrav på fartygs energianvändning, blir det dubbelreglering eller kompletterande?
6. Vad skulle konsekvensen översiktligt bli av en reduktionsplikt avseende CO₂-utsläpp, t.ex ökad bunkring utomlands, priser och tillgång till biobränslen?

Hur fungerar reduktionsplikten?

En svensk reduktionsplikt innebär att drivmedelsleverantörer i Sverige åläggs att minska växthusgasutsläppen från 'pliktiga' drivmedel med en viss procentsats. För att uppfylla kraven ska

klimatpåverkan beräknas enligt Energimyndighetens föreskrifter. Förnybart drivmedel behöver i allt större mängd blandas in i det fossila drivmedlet för att kraven ska uppfyllas. De drivmedelsleverantörer som inte själva klarar att göra tillräcklig inblandning av hållbara biodrivmedel kan förvärva överskott av växthusgasutsläppsminskning från annat bolag (om sådant överskott finns). Om reduktionsplikten inte uppfylls måste drivmedelsleverantören betala en reduktionspliktsavgift.

Marknadskonsekvenserna blir att den som fortsätter sälja helt fossila drivmedel får en kostnadsökning på likande sätt som en höjd koldioxidskatt. Reduktionsplikten leder till en ökad efterfrågan på förnybara 'drop-in-drivmedel' vilket ökar investeringsviljan i produktionskapacitet för drop-in-drivmedel. Drivmedel som säljs som 100 % förnybara kan med nuvarande utformning inte 'kvittas' i systemet utan fortsätter att ha en egen marknad och få stöd genom olika skatteundantag.

Om den svenska reduktionsplikten skulle vidgas till att även inkludera marina bränslen innebär det att drivmedelsleverantörer som säljer marina drivmedel i Sverige kommer att behöva minska växthusgasutsläppen från de marina drivmedel de säljer med en viss andel.

För vilka drivmedel inom sjöfarten skulle reduktionsplikt vara aktuellt och går dessa att införa i reduktionspliktslagen?

För fossila drivmedel till fritidsbåtar gäller redan reduktionsplikt. För inrikes sjöfart i stort är det idag främst eldningsolja 2–6 (ca 50 %), eldningsolja 1 (23 %), fossil diesel (15 %) och LNG (10 %) som används (Holmgren et al., 2021 baserat på Energimyndigheten, 2021b). Tillgängliga förnybara drop-in-alternativ i dagsläget finns i form av HVO och LBM/LBG.

Lagen (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp genom inblandning av biodrivmedel i bensin och dieselbränslen gäller idag för bensin och icke märkt och färgad diesel, samt sedan juli 2021 även för flygfotogen. Lagtekniskt är det möjligt att låta lagen omfatta även de dieselbränslen som sjöfarten använder. Det går även på likande sätt som med flygfotogen lägga in en reduktionsplikt med egna reduktionsnivåer för naturgas. Användning av naturgas för vägtransporter ingår dock inte i nuvarande reduktionsplikt.

Kan reduktionsplikten endast läggas på bränsle som säljs i Sverige, eller även på det som används på svenskt vatten?

Dagens reduktionsplikt gäller för den som är skattskyldig upplagshavare av drivmedlet. Den som har drivmedel i en normal tank för en motor har inte krav på reduktionsplikt. Därför gäller plikten inte för det drivmedel som ett fartyg har med sig i tankarna och använder på svenskt vatten, utan den verkar uppströms i varukedjan när fartyget bunkrar i Sverige.

Måste reduktionsplikt som styrmedel begränsas till inrikes sjöfart och kan det differentieras utifrån olika fartygskategorier?

Reduktionsplikt är inte att jämföra med en skatt så även utan ändring av EU:s energiskattedirektiv kan plikten införas för drivmedel som bunkras i Sverige, och som med nuvarande EU-regler inte ska beskattas. Att ha en annan avgränsning än de drivmedel som bunkras i Sverige framstår opraktiskt och svårt att kontrollera, men medför alltså att allt drivmedel som bunkras i Sverige kommer att ingå i reduktionsplikten, även om det ska användas internationellt.

Olika reduktionsnivåer/tidtabeller för olika drivmedel kan användas för att i någon mån differentiera styrmedlet för olika fartygskategorier, men reduktionsplikt är troligtvis ett trubbigare verktyg än skattverktyget för att differentiera mellan olika användare av drivmedel.

Hur förhåller sig reduktionsplikt till de nya EU-styrmedlen minimiskatter, utsläppshandel och klimatkrav på fartygs energianvändning - blir det dubbelreglering eller kompletterande?

I avsnittet ovan om 'pågående diskussioner kring mål och styrmedel i EU' redogörs för pågående diskussioner kring minimiskatter, utsläppshandel och klimatkrav på fartygs energianvändning.

Förslaget om att omstrukturera EU:s energiskattedirektiv innebär att medlemsländerna ska beskatta yrkessjöfartens drivmedel utifrån en minimireglering i stället för att som idag vara förbjudna att ta ut skatt på detta. Fartygsbränsle kan alltså komma att beskattas, men det är oklart vilken differentiering som kan och bedöms lämpligt att göra avseende drivmedlets klimatutsläpp. Reduktionsplikten används idag både för drivmedel som är och inte är belagt med energi- eller koldioxidskatt. Reduktionsplikten kan alltså generellt sett komplettera skattstyrmedel. En detaljerad analys utifrån olika möjliga alternativ till hur energiskattedirektivet ändras kan visa hur reduktionsplikt skulle kunna uppnå en större och/eller snabbare minskning av klimatutsläppen för sjöfart i Sverige men ligger utanför ramen för detta arbete.

Förslaget om att EU ETS ska inkludera fossila utsläpp från fartyg medför en kostnadshöjning för fartyg som använder fossila drivmedel. Det är oklart i vilken utsträckning den svenska sjöfarten kommer att ingå i den utvidgade utsläppshandeln då det ursprungliga förslaget på att enbart omfatta fartyg över 5 000 GT är under diskussion. Nu finns förslag att utsläppshandeln ska omfatta fartyg över 400 GT. En reduktionsplikt på drivmedel i Sverige som inkluderar drivmedel till sjöfarten har delvis samma syfte som den nya utsläppshandeln, att minska klimatutsläppen. Dock bedöms kravet på utsläppsrätter för sjöfarten inte avsevärt påverka klimatutsläppen från sjöfart i närtid då merparten av utsläppsminskningen bedöms ske i andra sektorer i systemet med lägre kostnader för utsläppsminskning (EP, 2021b). Inkluderandet av sjöfarten i EU ETS bedöms inte heller inledningsvis komma att få en särskilt stor effekt på introduktionen av förnybara marina bränslen. Så även om en stor del av sjöfarten i Sverige skulle ingå i utsläppshandeln kan det finnas behov av att kompletterande styrmedel med reduktionsplikt för att Sverige ska kunna bidra till en kraftigare utsläppsminskning för sjöfarten till 2030. Rätt utformat skulle en reduktionsplikt kunna komplettera den utvidgade utsläppshandeln även om samma fartygstrafik berörs.

EU-kommissionen har även lagt förslag om klimatkrav på fartygs energianvändning som innebär harmoniserade EU-regler för växthusgasintensitet för energianvändning på fartyg (eller pool av fartyg) över en viss storlek (även här är omfattningen för reglerna under diskussion). Syftet med kraven är att få till en snabbare omställning till alternativa bränslen i fartygsflottan, och på så vis liknar det reduktionspliktens syften. Däremot riktar sig kraven lagstiftningsmässigt till olika aktörer (den som skattmässigt har ett upplag av drivmedel respektive operatören av fartyget), varför någon direkt konflikt inte uppstår om båda styrmedlen används. EUfuel Maritime bedöms enligt den konsekvensanalys som presenterades ihop med förslaget leda till en användning av förnybara marina drivmedel motsvarande en andel på 8–9 % av den totala bränsleanvändningen 2030 och 89–90 % 2045 (EC, 2021c). Eftersom de föreslagna harmoniserade EU-reglerna inte ser ut att förbjuda medlemsstater att införa nationella styrmedel för drivmedelsaktörer kan båda styrmedlen lagmässigt existera samtidigt, även i de fall de skulle beröra samma kategori fartyg. Utifall att stora delar av den svenska sjöfarten inte omfattas av EU:s nya klimatkrav på minskad energianvändning kan reduktionsplikt på sjöfartens drivmedel utgöra ett viktigt instrument för att nå likande reduktionsnivåer som för den större fartygsflottan. För de fartyg som kommer att

omfattas av EU-kraven kommer tillgång på ett biobaserat bränsle som kan blandas in underlätta deras arbete med att uppfylla kraven.

Översiktlig konsekvensanalys av en reduktionsplikt

De exakta nivåerna för växthusgasreduktion som sätts för reduktionsplikten för marina drivmedel kommer att avgöra vilken växthusgasreduktion som uppnås, givet att straffavgiften sätts på en nivå som gör att det är billigare att reducera växthusgasutsläppen än att betala straffavgiften. Att utreda vilka nivåer för växthusgasreduktion som är lämplig för en reduktionsplikt för sjöfarten ligger utanför ramen för denna studie, men måste utredas i detalj innan en reduktionsplikt för sjöfarten kan införas i Sverige. Även vilka konsekvenser reduktionsplikten skulle få för svensk sjöfart och industri behöver utredas.

En reduktionsplikt kommer att gynna alternativa marina bränslen med hög växthusgasreduktion i förhållande till kostnad/pris. Till exempel LBM har potential att utgöra ett marint bränsle med stor växthusgasreduktion i förhållande till kostnaden, men prestandan beror förstas på vilka råvaror som används och i vilken utsträckning (Jivén et al., 2022).

I det fall en införd reduktionsplikt leder till betydligt högre bränslepriser vid bunkring Sverige jämfört med övriga Europa finns en betydande risk att en stor del av de fartyg som idag bunkrar i Sverige i stället väljer att bunkra i andra länder. Hur stor denna effekt blir beror förstas av den faktiska prisskillnaden, men majoriteten av de fartyg som anländer Sverige har denna möjlighet. Detta skulle leda till att den reella effekten på utsläpp av växthusgaser riskerar att bli liten.

7. Referenser

ABS, Low carbon Shipping Outlook

Andreasson, B., Holmin-Fridell, S., Hagander, A., 2021. *Fossilfri flotta - Regeringsuppdrag att analysera och föreslå hur myndighetens båt- och förtygsflotta skulle kunna bli fossilfri* (Sjöfartsverket No. Dnr 20-02039). Sjöfartsverket, Norrköping, Sweden.

Andersson, A., Brynolf, S., Hansson, J. and Grahn, M., 2020. *Criteria and Decision Support for A Sustainable Choice of Alternative Marine Fuels*. Sustainability 2020, 12, 3623; doi:10.3390/su12093623

Andersson, D. och Styhre, L., 2021. *Transportinköspanelen – urval av enkätresultat 2020*.

<https://www.chalmers.se/sv/centrum/northern-lead/transportinkopspanelen/Documents/Transportinkopspanelen2020.pdf>

Artz, J., et al., 2018. *Sustainable Conversion of Carbon Dioxide: An Integrated Review of Catalysis and Life Cycle Assessment*. Chem Rev, 2018. 118(2): p. 434-504.

Bach A., Andersson S., Forsström E., Jivén K., Lundström L., Blidberg N., 2022, *Safe Hydrogen Installation on-board - A pre-study focusing on the possibility to create a retrofit installation of a fuel cell propulsion system on-board a vessel*, Tillgänglig vid

Brynolf, S., Fridell, E., Andersson, K., 2014. *Environmental assessment of marine fuels: liquefied natural gas, liquefied biogas, methanol and bio-methanol*. Journal of Cleaner Production, 74(0) p. 86-95.

Brynolf, S., Hansson, J., Anderson, J., Ridjan Skov, I., Wallington, T., Grahn, M., Korberg, A., Malmgren, E., Taljegård, M., 2022. *Review of electrofuel feasibility - Prospects for road, ocean, and air transport*. Under review in Special issue of Progress in Energy (PRGE).

Börjesson, P., Lantz, M., Andersson, J., et al., 2016. *Methane as vehicle fuel – A well-to-wheel analysis (MetDriv)*. Report No 2016:06, f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Sweden, available at www.f3centre.se.

Costa, N., Williamsson, J., Ekholm, J., Santén, V., Rogerson, S and Borgh, M. (2022) *Connecting vessels to shoreside electricity in Sweden*. Trafikverket. Report No: RR41199360-01-00-A

DI, 2022. *Dansk jätte storägare i svenskt miljardprojekt*, Publicerad 11 januari 2022. Tillgänglig vid <https://www.di.se/nyheter/dansk-jatte-storagare-i-svenskt-miljardprojekt/>

DNV, 2021a. *DNV Energy Transition Outlook 2021 - A global and regional forecast to 2050*.

DNV, 2021b. *DNV Energy Transition Outlook 2021 - Maritime forecast to 2050*.

DNV 2021c, *Handbook for hydrogen-fuelled vessels*. DNV.

DNV, 2020. *DNV Energy Transition Outlook 2020 - Maritime forecast to 2050*.

EC (Europeiska Kommissionen), 2017. *Horizon 2020 work programme 2016– 2017, 20. General Annexes*. Tillgänglig på: chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fintra.kth.se%2Fpolopoly_fs%2F1.1038080.1608279129!%2Fh2020-wp1617-annex-ga_en.pdf&clen=805473

EC, 2019. *Transporter och den gröna given*. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/transport-and-green-deal_sv#i-fokus

EC, 2020. *Communication from the commission to the European parliament, the Council, the European economic and social committee and the Committee of the regions Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future*. COM/2020/789 final https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/mobility-strategy_en

EC, 2021 a. *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC*. COM(2021) 562 final, Brussels, 14.7.2021.

EC, 2021 b. *Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757*. COM(2021) 551 final, Brussels, 14.7.2021.

European Commission, 2021c. *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC*. Brussels, 14.7.2021 COM(2021) 562 final, 2021/0210 (COD).

EKN, 2022. *Gröna kreditgaranti för banker*. <https://www.ekn.se/garantier/banker/gron-kreditgaranti/#:~:text=Gr%C3%B6n%20kreditgaranti%20underl%C3%A4ttar%20tillg%C3%A5ng%20till%20finansiering%20f%C3%B6r%20exporterande,%20en%20gr%C3%B6n%20verksamhet.%20Krediter%20som%20kan%20garanteras?msckid=4da9aff1b58011eca4a68af638fd5843>

EMSA. 2022. *EU-MRV system - CO2 emission report*. Available at: <https://mrv.emsa.europa.eu/#public/emission-report> , Accessed 2022-04-04.

Energimyndigheten, 2017, *Strategisk plan för omställning av transportsektorn till fossilfrihet*, ER 2017:07

Energimyndigheten, 2020, *Kontrollstation för Strategisk plan för omställning av transportsektorn till fossilfrihet*, ER 2020:03

Energimyndigheten, 2020b. *Årlig Energibalans (Statistikdatabasen)*, Energibalans 2005-. Energimyndigheten.

https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/%C3%85rlig%20energibalans/%C3%85rlig%20energibalans__Balanser/EN0202_A.px/?rxid=2c91707b-7c5e-405b-b132-3aac75a4a172

Energimyndigheten, 2021, *Drivmedel 2020, Redovisning av rapporterade uppgifter enligt drivmedelslagen, hållbarhetslagen och reduktionsplikten*, ER 2021:29

Energimyndigheten, 2021b. *Energianvändning i transportsektorn (inrikes och utrikes) uppdelad på transportslag samt bränsleslag (Statistikdatabasen)*. Energimyndigheten.

https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Transportsektorns%20energianv%C3%A4ndning/-/EN0118_3.px/?rxid=fdcf28ed-235c-4455-8987-9c97d4189302

Energimyndigheten, 2021c. *Styrmedel för nya biodrivmedel - Behov och utformning av styrmedel för att främja produktion av biodrivmedel med nya tekniker*. ER 2021:22.

Energimyndigheten 2022, mail från Markus Selin.

EP, 2021. *Legislative train schedule - Strategy for sustainable and smart mobility*.

<https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-environment-public-health-and-food-safety-envi/file-sustainable-and-smart-mobility>

EP, 2021b. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757. Brussels, 14.7.2021 COM(2021) 551 final 2021/0211 (COD).

EU, 2018, *Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2018/2001 av den 11 december 2018 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor – RED II*, Europeiska unionens officiella tidning, L 328/82, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX:32018L2001>

European Commission, 2020, *JEC Well-to-Tank report v5 - Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*, JRC Science for policy report, JRC119036, EUR 30269 EN

European Commission, 2021 a, *Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC*, Brussels, 14.7.2021, COM(2021) 562 final, 2021/0210 (COD)

European Commission, 2021 b, *Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757*, Brussels, 14.7.2021, COM(2021) 551 final, 2021/0211 (COD)

European parliament and council (EP&C), 2021. *Fuel EU Maritime förslaget: Regulation of the European parliament and of the council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC*, (COM(2021) 562 final).

EUR, 2021. *55 %-paketet*. <https://www.consilium.europa.eu/sv/policies/green-deal/eu-plan-for-a-green-transition/>

Faber et al., 2020. *Fourth IMO GHG Study*. IMO MEPC75/7/15.

Forsmark, F., Mårtensson, S., 2022. *Hur klarar dagens europeiska sjöfart kommande koldioxidintensitetskrav? En studie av hur fartygsflottan presterar enligt IMO:s kommande globala CII-reglering*. Examensarbete, Chalmers tekniska högskola. Examensarbetet kommer att publiceras under april 2022.

Fridell, E., Ytreberg, E., Parsmo, R., Verdaasdonk, M. and Åström, S., 2020, *Policy instruments and valuation of impact from shipping*. IVL report No. C 553.

Fridell, E., Salberg, H., Salo, K., 2020. *Measurements of Emissions to Air from a Marine Engine Fueled by Methanol*. Journal of Marine Science and Application.

Getting to Zero Coalition, 2021. *Mapping of Zero Emission Pilots and Demonstration Projects*, Second edition, March 2021.

Gilbert, P., Walsh, C., Traut, M., Kesieme, U., Pazouki, K., Murphy, A., 2018. *Assessment of full life-cycle air emissions of alternative shipping fuels*, J. Clean. Prod. 172 (2018) 855–866.

Grahn, M., Malmgren, E., Korberg, A., Taljegård, M., Anderson, J., Brynolf, S., Hansson, J., Ridjan Skov, I., Wallington, T., 2022. *Review of electrofuel feasibility - Cost and environmental impact*. Submitted for publication in Special issue of Progress in Energy (PRGE).

Hansson, J., Brynolf, S., Grahn, M., Hagberg, M., Karlsson, K., 2021. *Fuel choices for different transport modes when decarbonizing the Scandinavian energy system*. Proceedings of the European Biomass Conference & Exhibition (EUBCE) 2021, 26-29 April, 2021.

Hansson, J., Brynolf, S., Fridell, E., Lehtveer, M., 2020. *The Potential Role of Ammonia as Marine Fuel – Based on Energy Systems Modelling and Multi-Criteria Decision Analysis*. Sustainability 12(8), 3265; <https://doi.org/10.3390/su12083265>.

Hansson, J., Månsson, S., Brynolf, S., Grahn, M., 2019. *Alternative Marine Fuels: Prospects Based on Multi-Criteria Decision Analysis Involving Swedish Stakeholders*. Biomass and Bioenergy 126 p. 159–173. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.05.008>.

Hansson, J., Hellsmark, H., Söderholm, P., Lönnqvist, T., 2018. *Styrmedel för framtidens bioraffinaderier: en innovationspolitisk analys av styrmedelsmixen i utvalda länder*. f3 2018:10. www.f3centre.se/sites/default/files/42394-1_2108-10_hansson_et_al_final_180514.pdf.

Hjalmarsson, J., 2018. *Omställning till fossilfrihet för statligt ägda fartyg - ett regeringsuppdrag* (Trafikverket No. 2018:236). Trafikverket, Borlänge, Sweden.

Hjort, A., Fagerström A., Rootzén J, Jivén K., Nyberg T, Poulidikou S., Lewrén A., Särnbratt M., Pontus Bokinge P., Heyne S., 2021 *Multi Filling Stations – [Insert subtitle]*. Publ. No FDOS XX:2022. Available at <https://f3centre.se/en/renewable-transportation-fuels-and-systems/>

Holmgren et al., 2021, *Sjöfartens användning av alternativa bränslen - Trender och förutsättningar*, VTI rapport 1093.

IMO, 2018. *Adoption of the initial IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships and existing IMO activity related to reducing GHG emissions in the shipping sector*. Available via: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/06GHGinitialstrategy.aspx>

IMO, 2022. *Development of draft lifecycle GHG and carbon intensity guidelines for maritime fuels (draft LCA guidelines) - Updated draft lifecycle GHG and carbon intensity guidelines for marine fuels*. Submitted by Australia, Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czechia, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Japan, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, the Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, the European Commission and ICS. ISWG-GHG 11/2/3, 28 January 2022.

Jivén, K., Anna Mellin A., Styhre L., Garme K., 2020. *Fossilfri kollektivtrafik på vatten - hinder och möjligheter för färjor med hög miljöprestanda*, Tillgänglig vid https://lighthouse.nu/wp-content/uploads/2021/08/fs3_fossilfrikollektiv_pa_vatten.pdf

Jivén, K., Anders Hjort A., Malmgren E., Persson E., Brynolf S., Lönnqvist T., Särnbratt M., Mellin A., 2022 a. *Can LNG be replaced with Liquid Bio-Methane (LBM) in shipping?* Publ. No FDOS 28:2022. Tillgänglig vid <https://f3centre.se/sv/forskningsprojekt/ar-lbg-en-del-av-losningen-pa-sjofartens-utslapp-av-vaxthusgaser/>

Jivén, K., Anders Hjort A., Bäckström S., 2022, *Systemstudier med flytande biogas till tunga fordon - Systemstudier inom projektet Västsvensk arena för flytande biogas*, IVL rapport C

Jivén, A., Renhammar, T., Sköld, S. och Styhre, L. 2017, *Sjöfartens energianvändning - Hinder och möjligheter för omställning till fossilfrihet*, Koucky & Partners. <https://transportstyrelsen.se/globalassets/global/sjofart/fartyg/sjofartsseminarium-2019/10.45-sjofartens-energianvandning.pdf?msclid=f350f116b46011ec83f570d90eb02268>

Korberg, A.D., Brynolf, S., Grahn, M., Skov, I.R., 2021. *Techno-economic assessment of advanced fuels and propulsion systems in future fossil-free ships*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 142 (2021) 110861.

Lagouvardou, S., Psaraftis, HN, Zis, T., 2020. *A Literature Survey on Market-Based Measures for the Decarbonization of Shipping*. Sustainability 2020, 12, 3953; doi:10.3390/su12103953

Lehtveer, M., Brynolf, S., Grahn, M., 2019. *What Future for Electrofuels in Transport? Analysis of Cost Competitiveness in Global Climate Mitigation*. Environmental Science & Technology 53(3): 1690-1697.

Lloyd's Register/UMAS, 2020. *Techno-economic assessment of zero-carbon fuels*. Report

Lång, E., Björk, L., 2021. *Klimatstyrmedel i transportsektorn i Sverige 2010–2021 - En sammanställning över införda styrmedel och genomförda utvärderingar*. VTI PM 2021:13

Lönnqvist, T., Hansson, J., Klintbom, P., Furusjö, E., & Holmgren, K., 2021. *Drop-in the tank or a new tank?* Publ. No FDOS 17:2021. Available at <https://f3centre.se/en/renewable-transportation-fuels-and-systems/>



Maersk, 2021a, *IMO Symposium on alternative fuels*, Mr. Simon Bergulf, Director of Regulatory Affairs for A.P. MØLLER – MAERSK, Streamed live on Feb 9, 2021, Tillgängligt vid <https://www.youtube.com/watch?v=xIzygXREO3M>

Maersk, 2021b, *Maersk signs shipbuilding contract for world's first container vessel fueled by carbon neutral methanol*, Press release 1 July 2021. Tillgänglig vid <https://www.maersk.com/news/articles/2021/07/01/container-fueled-by-carbon-neutral-methanol>

Malmgren, E., Brynolf, S., Grahn, M., Hansson, J., Holmgren, K., 2021. *The feasibility of alternative fuels and propulsion concepts for various shipping segments in Sweden*. Proceedings of the IAME 2021 29th Conference of the International Association of Maritime Economists, 25-27 November, 2021

Naturvårdverket, 2022. <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/trafik-och-transporter/>

Nilsson, J., 2021. *Uppdrag att analysera och föreslå hur myndighetens fartygsflotta skulle kunna bli fossilfri* (Ärende nr 2020-1103). Kustbevakningen, Karlskrona, Sverige.

Prussi, M., Yugo, M., De Prada, L., Padella, M., Edwards, 2020. *JEC Well-To-Wheels report v5*. EUR 30284 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-20109-0, doi:10.2760/100379, JRC121213. + Prussi, M., Yugo, M., Padella, M., Edwards, R., Lonza, L and De Prada, L. *JEC Well-to-Tank report v5: Annexes*, Hamje, H., EUR 30269 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg ISBN 978-92-76-21707-7, doi:10.2760/06704, JRC119036.

Psaraftis, H.N., Zis, T., Lagouvardou, S., 2021. *A comparative evaluation of market-based measures for shipping decarbonization*. Maritime Transport Research Volume 2, 2021, 100019.

Regeringen, 2016. *Regeringens proposition 2016/17:146 Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige*. <https://www.regeringen.se/49fe25/contentassets/480ed767687b4b7ba6c960f9c1d4857f/ett-klimatpolitiskt-ramverk-for-sverige-prop.-201617146>

Regeringen, 2020. *Kommittédirektiv - Tilläggsdirektiv till Miljömålsberedningen (M 2010:04) – strategi för minskad klimatpåverkan från konsumtion*. <https://www.regeringen.se/4aac8f/contentassets/05a099e599c5401da83938f61688277c/tillaggsdirektiv-till-miljomalsberedningen-m-201004--strategi-for-minskad-klimatpaverkan-fran-konsumtion-dir.-2020110>

Regeringen, 2022. *Ändring av uppdraget att inrätta en nationell samordnare för inrikes sjöfart och närsjöfart*. <https://www.regeringen.se/4905f4/contentassets/e72619c584b14ee79f66e302e9208977/andring-av-uppdraget-att-inratta-en-nationell-samordnare-for-inrikes-sjofart-och-narsjofart>

Schjølberg, I., et al., 2021. *IEA's Hydrogen TCP Task 39, Hydrogen in the maritime - Final report*. Available via: <https://www.ntnu.edu/oceans/iea-hydrogen>

Skatteverket, 2022. Mail från T. Lindgren 2022.

Stena Line, 2022. *Stena Elektra – from vision to vessel*. <https://www.stenaline.com/stena-elektra-from-vision-to-vessel/?msclid=f795bd57b40811ec95e529565dab9b29>

Styhre, L, Jivén, K. och Garme, K., 2022. *Förnybara drivmedel för färjor i kollektivtrafik*. f3 01:2022. https://f3centre.se/app/uploads/f3-25-20_01-2022_Styhre-et-al_FINAL-220124.pdf?msclid=6cdd315ab3ff11ecb52cf6f99cb20b38



Styhre, L., Winnes, H., Bännstrand, M., Karlsson, R., Lützhöft, M., Falk, M., Åström, D., 2014. *Energieffektiv svensk sjöfart*. IVL Rapport B2155.

Sveriges riksdag, 2021. *Miljö- och jordbruksutskottets betänkande 2021/22: MJU1. Utgiftsområde 20 Allmän miljö- och naturvård*. Tillgängligt vid: <https://data.riksdagen.se/fil/994186E7-FE3B4A07-B7FA-6BA4A0056025>

Trafikanalys, 2019. *En breddad ekobonus*, Rapport 2019:1.

Trafikverket, 2022. *Förlängd och breddad eko-bonus*. Trafikverket: 2022:047, <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1643446/FULLTEXT01.pdf>.

Transport & Environment, 2017. *Statistical analysis of the energy efficiency performance (EEDI) of new ships built in 2013-2017*. [https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/Statistical%20analysis%20of%20the%20energy%20efficiency%20performance%20\(EEDI\)%20of%20new%20ships.pdf](https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/Statistical%20analysis%20of%20the%20energy%20efficiency%20performance%20(EEDI)%20of%20new%20ships.pdf)

Transportstyrelsen, 2017. *Konsekvensutredning av förslag till införlivande av IMO-resolutionerna MEPC.251(66) och MEPC.258(67) medförande förändringar i MARPOL annex VI och NOx-koden*. TSF 2015-113.

Transportstyrelsen, 2021. *Kalkylen måste gå ihop*. TSS 2021-2360. <https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/marknadsovervakning/rapport-kalkylen-maste-ga-ihop-210616.pdf>

Wallenius Wilhelmsen, 2021. *Orcelle Wind: Wallenius Wilhelmsen's first full-scale wind-powered RoRo ship*. Tillgängligt vid <https://www.walleniuswilhelmsen.com/news/orcelle-wind-wallenius-wilhelmsens-first-full-scale-wind-powered-ro-ro-ship>

Vierth & Johansson, 2020. *The impact of alternative environmentally differentiated fairway dues systems in Sweden*. Journal of Shipping and Trade, 5(1), 1-20

Winnes H., Fridell E., Hansson J., Jivén, 2019, *Biofuels for low carbon shipping*, TripleF Report nr 2019.121c. Tillgänglig via <https://triplef.lindholmen.se/publikationer>

Zetterberg, L., Rootzén, J., 2021. *Policy brief Shipping in the EU ETS*. Tillgänglig via <https://www.ivl.se/projektwebbar/eu-emission-trading-system.html>

Bilaga A – Frågor till hamnar kring elnät och framtida landanslutning

Här kommer en fråga som är kopplad till ett uppdrag som vi har för Energimyndigheten att utreda och ta fram olika scenarier för framtida användning av bränslen inom sjöfart på Sverige.

Vi tar därför kontakt med er och några andra hamnar för att höra kring hur ni bedömer elnät och möjligheter för att koppla in fartyg i framtiden och er syn på hur detta. Vi har ju i andra sammanhang diskuterat frågor som dessa med er men vi tänker att det är bra att fråga separat kring detta eftersom det ska in i en rapport som avses att bli publik.

Så konkret undrar vi:

1. Hur bedömer ni att elkapacitet / elnät och så vidare idag och framöver kommer kunna möta de behov som en eventuell ökad elektrifiering medför (landel / laddel etc till fartyg)?
2. Ser ni att det är sannolikt att fler av de fartyg som anlöper kommer vilja landansluta i och med kommande krav på att det ska vara möjligt att göra det inom vissa segment? Och om ni i så fall har någon prognos eller gissning på omfattning.
3. Ser ni att det är troligt att det framöver kommer vara fartyg som inte bara kommer att konsumera el för behovet under kajuppehållet utan även kommer att ha större eller mindre batterikapacitet som laddas upp och sedan används till sjöss? Och om ni i så fall har någon prognos eller gissning på omfattning.

Vi förstår att frågorna inte är så lätta att svara på och om det fungerar bättre kan vi kanske ta det på telefon.

Om något är känsligt så behöver vi inte heller skriva att informationen gäller er verksamhet utan redovisa det som generell information som kommit in vid kontakt med hamnar.



IVL Svenska Miljöinstitutet AB // Box 210 60 // 100 31 Stockholm
Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se