



Introduktion av förnybara drivmedel i sjöfarten

KARL JIVÉN,
ANDERS HJORT,
CECILIA ANDERSSON,
LINDA STYHRE,

IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET
IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET
IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET
IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET

LEVERANS NR: 2020.3.2.4

Projektnummer 2020.3.2.4
Titel på projektet – svenska Introduktion av förnybara drivmedel i sjöfarten
Titel på projektet – engelska Introduction of renewable fuels in shipping
Projektledareorganisation IVL Svenska Miljöinstitutet
Namn på projektledare Karl Jivén
Namn på ev övriga projektdeltagare Anders Hjort, Cecilia Andersson, Linda Styhre
Nyckelord: 5-7 st Förnybara drivmedel, sjöfart, fossilfri sjöfart, hållbar framdrift, styrmedel

Sammanfattning

Sjöfartssektorn står inför utmaningar när det gäller att nå målen om kraftigt minskade utsläpp av växthusgaser från verksamheten på grund av brist på koldioxidsnål teknik och bränslen som idag helt enkelt inte finns redo att köpa in och installera respektive bunkra, i stor skala.

Projektet har planerats och utförts under en period där utvecklingen kring förnybara drivmedel varit både kraftfull och allomfattande. Den tekniska utvecklingen och kunskapen kring nya lösningar för förnybara drivmedel inom sjöfarten har öppnat helt nya möjligheter. Samtidigt har långtgående och kraftfulla styrmedel som just syftar till att fasa ut den fossila bränsleanvändningen inom sjöfart på allvar börjat att diskuteras, förhandlas kring och implementeras.

Projektet har finansierats av TripleF och har fått värdefull kunskap och återkoppling från referensgruppen bestående av Stena Line, Wallenius Marine, Färjerederiet, Gasum, Svensk sjöfart, Airclim, Trafikverket, Sjöfartsverket och Transportstyrelsen.

Utvecklingen inom EU och förhandlingar kopplade till Fit for 55 ser dock ut att ge de ekonomiska incitament som krävs inom sjöfarten för att ge rederier de ekonomiska incitament som krävs för att gå över till koldioxidsnåla bränslen och stimulera uppbyggnad av produktionskapacitet för sådana bränslen. Dessa olika styrmedel som beskrivs i studien är i skrivande stund under förhandling men bedömningen är att de med stor sannolikhet kommer att implementeras.

Sammantaget diskuteras och analyseras i denna rapport aspekter som är viktiga att beakta för att få till en snabb och effektiv omställning och i rapporten ges även förslag på åtgärder och styrmedel.

Summary

The shipping sector faces challenges when it comes to achieving the goals of reduced emissions of greenhouse gases from operations due to a lack of low-carbon technology and fuels that are simply not available today to buy in and install respective bunker, on a large scale.

The project has been planned and carried out during a period where the development of renewable fuels has been both powerful and all-encompassing. The technical development and knowledge of new solutions for renewable fuels in shipping have opened up completely new opportunities. At the same time, far-reaching and powerful policy instruments aimed specifically at phasing out the use of fossil fuels in shipping have seriously begun to be discussed, negotiated and implemented.

The project has been financed by TripleF and has received valuable knowledge and feedback from the reference group consisting of Stena Line, Wallenius Marine, Färjerederiet, Gasum, Swedish Shipowners' Association, Airclim, Swedish Transport Administration, Swedish Maritime Administration and the Swedish Transport Agency.

However, developments within the EU and negotiations linked to Fit for 55 package appear to provide the financial incentives required in shipping to provide shipping companies with the financial incentives required to switch to low-carbon fuels and stimulate the build-up of production capacity for such fuels. These various control instruments described in the study are currently under negotiation, but the assessment is that they will very likely be implemented.

Overall, this report discusses and analyses aspects that are important to take into account in order to bring about a quick and effective transition, and the report also gives suggestions for measures and policy instruments.

Förord

Projektet har planerats och utförts under en period där utvecklingen kring förnybara drivmedel varit både kraftfull och allomfattande. Den tekniska utvecklingen och kunskapen kring nya lösningar för förnybara drivmedel inom sjöfarten har öppnat helt nya möjligheter. Samtidigt har långtgående och kraftfulla styrmedel som just syftar till att fasa ut den fossila bränsleanvändningen inom sjöfart på allvar börjat att diskuteras, förhandlas kring och implementeras.

Sammantaget har detta medfört att den studie som planerades för på många sätt blivit än mer relevant i sin helhet men också på grund av den snabba utvecklingen inom området har studien justerats en aning med avseende på inriktning för att vara så relevant som möjligt.

Det har varit möjligt att under projektets gång utnyttja synergier med andra studier och uppdrag inom området. Dels för att den kunskap som inhämtats och arbetats fram i dessa projekt har kunnat användas, dels för att kontaktytorna och diskussionerna med viktiga aktörer har kunnat bli både fler och djupare.

Sammantaget är det författarnas mening att mycket arbete kvarstår för att sjöfarten ska kunna göra sig fri från sitt beroende av fossila bränslen, men att den starka viljan hos svenska intressenter såsom rederier, hamnar, transportköpare, myndigheter, akademi, m.m., att bidra till detta är stark och att möjliga lösningar nu börjar utkristallisera sig. Utvecklingen av kraftiga styrmedel på EU-nivå inom ramen för Fit for 55 ger också starka incitament för olika aktörer att agera. Detta ger oss hopp och vi tror att denna studie kan bidra till att påskynda den här utvecklingen.

Vi vill också rikta ett stort tack till projektets referensgrupp som bidragit med värdefull kunskap och återkoppling, både i direkta samtal och inom ramen för referensgruppmöten:

- Stena Line - Erik Lewenhaupt
- Wallenius Marine - Carl Fagergren
- Färjerederiet - Fredrik Almlöv
- Gasum - Mikael Lidén
- Svensk sjöfart - Fredrik Larsson
- Airclim, Christer Ågren
- Trafikverket - Björn Garberg
- Sjöfartsverket - Sofie Holmin Fridell
- Transportstyrelsen - Sofia Malmsten

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Summary	4
Förord	5
Innehållsförteckning	6
Ordförklaring	7
1 Inledning, omfattning och avgränsningar	10
2 Problembeskrivning, metod och arbetsgång.....	10
2.1 Bidrag till Triple F	13
3 Segment inom sjöfart.....	13
3.1 Energiförsörjning.....	16
4 Hinder och möjligheter	17
5 Tillgängliga lösningar.....	20
5.1 Nybyggnation.....	24
5.2 Retrofit	24
5.3 Elektrifiering med batterier och linfärjor	25
5.4 Vätgas.....	26
5.5 Vind.....	27
5.6 Biogas.....	27
5.7 Ammoniak	28
5.8 Metanol.....	29
5.9 Förnybart producerad diesel (HVO / RME)	29
5.10 Carbon Capture and Storage (CCS)	30
5.11 Kostnader för förnybara bränslen	30
5.12 Faktorer som påverkar omställningens omfattning och hastighet i förhållande till tidigare omställningar inom sjöfarten	32
5.13 Goda exempel och pilotprojekt.....	34
6 Utveckling av styrmedel för sjöfarten.....	35
6.1 Arbetet inom EU	35
6.2 Arbetet inom IMO	36
6.3 Arbetet inom Sverige.....	38
7 Slutsatser och förslag på åtgärder	38
7.1 Förslag på styrmedel	41
Referenslista	43

Ordförklaring

Bareboat charter	<i>Bareboat charter</i> (BB), är ett arrangemang för befraktning eller uthyrning av ett fartyg där kostnad för besättning, bränsle med mera bekostas av den som hyr fartyget.
Biogas	Blandning av gaser med metan som huvudsaklig komponent. Producerad utifrån organiskt material i en rötningsprocess.
CAPEX	<i>Capital expenditure</i> , är kapitalutgifter för att köpa, underhålla eller förbättra anläggningstillgångar.
CBG	<i>Compressed Bio Gas</i> , huvudsakligen komprimerad metangas baserat på biogas.
CNG	<i>Compressed Natural Gas</i> , huvudsakligen metangas som baseras på fossilt petroleum så som naturgas.
CO₂-EKV	Koldioxidekvivalenter, mått på ämnens olika förmåga att bidra till växthuseffekten och global uppvärmning i förhållande till koldioxid.
CSI	<i>Clean Shipping Index</i> är ett miljöindex för fartyg som bland annat ligger till grund för rabatter på svenska farledsvaruavgifter om vissa åtgärder utöver lagkrav har vidtagits.
EEDI	<i>Energy Efficiency Design Index</i> är ett index som anger hur energieffektivt ett fartyg minst måste vara.
EEXI	<i>Energy Efficiency Index for Existing Ships</i> , liknar EEDI fast för befintliga fartyg (byggda före 2013) oavsett ålder.
ESI	<i>Environmental Ship Index</i> , är ett miljöindex för fartyg som bland annat används av hamnar för att utgöra grund för miljörabatter.
Fit for 55	Arbetspaket för att uppnå EU:s övergripande mål att minska nettoutsläppen av växthusgaser med minst 55 procent fram till 2030 jämfört med 1990 års nivåer.
Fordonsgas	Gasblandning (huvudsakligen metan av fossilt och/eller förnybart ursprung) som används som drivmedel till metangasdrivna fordon och som uppfyller specificerade krav enligt standard.
Förvätskning	Används i dessa sammanhang som beskrivning av processen att kyla ner gasformigt metan till flytande form.
GT	Bruttodräktighet, förkortat GT från det engelska <i>gross tonnage</i> , är ett mått på fartygs storlek baseras på total innesluten volym.
HFO	<i>Heavy fuel oil</i> , konventionella fossilt fartygsbränsle i form av restprodukten tjockolja som produceras när råolja förädlas till bensin, diesel och andra petroleumprodukter.
HVO	<i>Hydrogenated Vegetable Oil</i> , biodiesel som är identisk eller mycket lik fossil diesel och därför kan ersätta denna till 100 %.

IMO	International Maritime Organization, FN:s sjöfartsorgan.
ISO	Avser här beräkningsprinciper för klimatnytta i enlighet med krav och anvisningar för livscykelanalys (LCA) i standarden ISO 14044:2006.
Klimatklivet	Stöd till lokala och regionala investeringar som minskar utsläppen av koldioxid och andra gaser som påverkar klimatet. Har sedan 2015 delat ut medel till klimatsatsningar inom exempelvis transporter, industri och energi.
LBM	<i>Liquefied Bio Methane</i> , i form av förvätskad uppgraderad biogas. Benämns ofta som LBG i Sverige (<i>Liquefied Bio Gas</i>) och ibland som <i>Bio-LNG</i>
LCA	<i>Life Cycle Analysis</i>
LNG	<i>Liquefied Natural Gas</i> , i form av förvätskad naturgas.
MEPC	<i>Marine Environment Protection Committee</i> . IMO:s miljökommitté.
Metan	Kolvätet CH ₄ . Huvuddelen av biogas och naturgas. Kraftig växthusgas.
Metanol	Kolvätet CH ₃ OH. Metanol, även benämnt metylalkohol eller träsprit, Metanol bryts snabbt ner i yt- och grundvatten till skillnad mot bensin
MGO	<i>Marine Gas Oil</i> , konventionellt fossilt fartygsbränsle.
Mk1	Den svenska MK1-dieseln, med en svavelhalt mindre än 10 ppm, introducerades 1991. Diesel i form av Mk1 som säljs till fordon på land i Sverige innehåller inblandning av förnybara beståndsdelar för att uppfylla Reduktionsplikten.
OPEX	<i>Operational expense</i> , löpande kostnader för att underhålla en produkt, tjänst eller ett system.
P2G	<i>Power to Gas</i> , gasformigt bränsle som producerats med exempelvis elkraft. Exempelvis som vätegasproduktion med hjälp av elektrolys men också eventuellt vidare processat till andra gasformiga bränslen så som metan. Sådan process kräver koldioxid som exempelvis kan tas från biogasproduktion i form av rötgas varvid synergier skapas.
P2X	<i>Power-to-X</i> (även P2X) beskriver möjligheten att använda elkraft för att producera och lagra energi i andra former. X:et kan referera till exempelvis ammoniak, väte, metan, andra bränslen eller kemikalier.
RED I	Förnybarhetsdirektivet 2009/28/EG benämns ofta som RED I och innehåller mål om att andelen förnybar energi i transportsektorn i varje medlemsstat ska vara 10% år 2020. Detta beräknas som alla typer av förnybar energi som används för alla former av transporter som andel av den totala slutliga energianvändningen i transportsektorn.
RED II	Förnybarhetsdirektivet - RED II. Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2018/2001 om främjande av användningen av energi från förnybara

energikällor (RED II). Antogs i december 2018 och benämns ofta RED II och ställer krav på effektivitet i form av utsläppsminskningar som respektive biodrivmedel ska uppfylla. Överenskommelsen innebär att EU sätter ett övergripande mål att 32 procent av all energi i EU ska komma från förnybara källor till 2030. En grundförutsättning i direktivet är att energi från förnyelsebara källor ska framställas hållbart varför kriterier för detta är en viktig del i direktivet. Exempelvis beaktas faktorer som biologisk mångfald och risken för ökade växthusgasutsläpp vid förändring av markanvändning. Grödbaserade biodrivmedel ska vara högst en procentenhet högre än andelen sådana bränslen i den slutliga energianvändningen inom väg och järnvägstransportsektorerna i den medlemsstaten 2020 och högst uppgå till 7 procent av den slutliga energianvändningen inom väg- och järnvägstransportsektorerna i respektive medlemsstat.

Reduktionsplikt	Den reduktionsplikt som införs 1 juli 2018 innebär ett krav på att minska utsläppen av växthusgaser med 19,3 procent för dieselbränslen. Den 1 januari 2022 höjdes kravet till 30,5 procent. Andelen biodrivmedel som behöver blandas in beror på hur låga växthusgasutsläpp de biodrivmedel som används har (konsekvensanalys). Hållbarhetslagen och bränslekvalitetsdirektivet styr hur partier av olika drivmedel får blandas.
ROPAX	Fartyg som transporterar både passagerare och rullande last (bilar lastbilar osv).
RORO	Fartyg som transporterar rullande last (bilar lastbilar osv).
SEEMP	<i>Ship Energy Efficiency Management Plan</i> , obligatorisk energieffektiviseringsplan för fartyg.
Substrat	Med substrat avses här den biomassa biogasen härstammar från.
Time charter (TC)	En tidscharter är uthyrning av ett fartyg för en viss tidsperiod där fartygsägaren står för besättningen och fartygsunderhåll men befraktaren väljer hamnar, rutt och fart samt betalar för bränsle och hamnavgifter.
Uppgradering	Här som benämning på den process där rötgas förädlas till fordonsgas i och med att koldioxid, vattenånga och andra oönskade substanser separeras ut.
WTT	<i>Wheel To Tank</i> . Benämning inom livscykelanalyser att sammanställningen avser miljöpåverkan från källa till tank. Mäter miljöpåverkan av de olika faserna i bränsleproduktionen.
WTW	<i>Well To Wheel</i> . Benämning inom livscykelanalyser att sammanställningen avser miljöpåverkan från källa till hjul”. Uttrycket “Well-to-Wheels” (WtW) eller “från ”källa till hjul” används för att göra en LCA av bränslen. Analysen tar hänsyn till alla faser i ett bränsles livscykel – från utvinning av råvaran till hur det sedan används.

1 Inledning, omfattning och avgränsningar

Det finns många tekniska och operativa åtgärder att arbeta med för att minska klimat- och miljöpåverkan från sjötransporter. Ruttoptimering, ökade fyllnadsgrader, minskad andel ballastresor inom trampsjöfart, sänkt fart och så vidare, är viktiga områden för ett rederi att arbeta med. Denna studie fokuserar dock på minskad klimatpåverkan genom introduktionen av nya hållbart producerade drivmedel.

Klimatpåverkan som samhällsutmaning är riktigt stor och utmaningen för sjöfarten att ställa om för att klara redan uppsatta nationella och internationella mål är på samma sätt mycket omfattande. Sammantaget stod sjöfarten för 2,89 procent av de globala antropogena växthusgasutsläppen år 2018, vilket ökat från 2,76 procent 2012 (IMO, 2021). Det finns många studier som beskriver varför samhället i stort och sjöfarten specifikt behöver ställa om mot minskad klimatpåverkan och detta kommer därför inte att beskrivas i denna studie.

Introduktionen av förnybara drivmedel inom sjöfarten kommer att behöva ske i en takt som kommer att kräva kraftiga åtgärder om sjöfarten exempelvis ska klara av att nå målen som satts upp i Parisavtalet kring kraftigt minskad påverkan på klimatet.

Det finns en lång rad olika lösningar som var och en har sina för- och nackdelar, möjligheter och begränsningar. Idag är det fortfarande inte enkelt att besluta vilken lösning som är mest lämplig att välja när nya fartyg ska byggas eller existerande fartyg ska ställas om mot förnybar drift. Lösningar som finns tillgängliga är bland annat eldrift, där elen ombord kan komma från batterier eller bränsleceller som drivs med vätgas eller ammoniak. Det kan vara förnybart producerade bränslen att användas i dieselmotorer, såsom metan i form av flytande biogas (LBM), metanol, HVO eller ammoniak. De olika lösningarna har sina olika för- och nackdelar, vilka även kommer att förändras över tid i takt med den tekniska utvecklingen, men även vilka lösningar som blir mer eller mindre dominerande och därmed med förväntad bättre tillgänglighet.

Fokus för studien är minskade utsläpp av växthusgaser men sjöfarten har också förhållandevis stora utsläpp av kväveoxider, partiklar och svaveloxider, varför dessa aspekter också tagits i beaktande. Sjöfarten har också en påverkan på omgivningen exempelvis i form av över- och undervattensbuller, utsläpp av förorenat vatten såsom skrubber- och länsvatten med mera. Beroende på vilka lösningar som väljs för att tackla klimatpåverkan så kommer även mängden övriga emissioner, buller och så vidare att påverkas. Därför är övrig omgivningspåverkan också viktigt att beakta när nya lösningar ska väljas. Nya drivmedel och tekniker behöver utvärderas ur ett system- och livscykelperspektiv. På samma sätt som att de nya lösningarna som vi nu arbetar mot behöver vara ekonomiskt och praktiskt genomförbara, så är alltså även parametrar som övriga luftutsläpp och buller delar som integreras i denna studie.

2 Problembeskrivning, metod och arbetsgång

Målet med projektet är att beskriva hur olika typiska godstransporter med fartyg kan genomföras med förnybara drivmedel, identifiera vilka hinder som finns för att genomföra nödvändiga förändringar, samt föreslå lösningar som konkret påskyndar övergången till ren och fossilfri framdrift inom både inrikes och internationell sjöfart. Dels genom att peka på åtgärder som behöver genomföras, dels genom att visa på vilka styrmedel som kan behöva implementeras för att få övergången att ske.

IMO:s initiala växthusgasstrategi antogs 2018. Den inkluderade en lista över åtgärder på kort, medellång och lång sikt för att möta IMO:s ambition att minska CO₂-utsläppen per utfört transportarbete med minst 40 procent till 2030 jämfört med 2008, och att minska de absoluta globala växthusgasutsläppen från sjöfarten med 50 procent till 2050.

Inom EU arbetas det på motsvarande sätt inom ramen för det så kallade Fit for 55-paketet för att uppnå EU:s övergripande mål att minska nettoutsläppen av växthusgaser med minst 55 procent fram till 2030 jämfört med 1990 års nivåer. I denna målsättning ingår även sjöfarten och för tillfället (2022) förhandlas inom ramen för Fit for 55 ett helt paket med förordningar och direktiv som syftar till att sjöfarten ska kunna nå uppsatta klimatmål.

Det är författarnas bedömning att förändringstakten för en övergång mot lägre klimatpåverkan verkligen accelererat under den senaste tiden och att det under de senaste två-tre åren har genomförts mer konkreta åtgärder än under de tidigare tjugo åren.

Rederier har på allvar börjat designa och beställa fartyg avsedda för nya alternativa bränslen. Inom IMO har det under de senaste åren tagits beslut om krav på att fartyg ska bli mer energieffektiva. Motortillverkare med flera arbetar med nya drivlinor som är anpassade till bränslen med låg klimatpåverkan och befintliga bränsleproducenter, och nya aktörer har börjat att bygga kapacitet för att producera de nya och hållbara bränslena. Inom akademi, institut, klassningssällskap med mera pågår numera också ett intensivt arbete med att hitta säkra och effektiva metoder att producera, hantera och använda dessa nya hållbara bränslen. Då fartyg till stor del skiljer sig mycket åt till vad de används till, hur de opereras och var de opereras behövs olika kunskap, information och lösningar till olika användningsområden. Även tidigare har olika fartygssegment till viss del använt olika bränslen och lösningar, och det kommer sannolikt även framöver vara olika förnybara lösningar och bränslen som är mest optimala för olika segment och applikationer.

Denna studie utgår från dagens situation i form av vilka lösningar för fartygsdrift med låg klimatpåverkan som ser ut att vara mest gångbara i dagens läge och på sikt. Som exempel kan fartyg drivas med förnybart producerad ammoniak som inte innehåller kol och som kan förbrännas i konventionella dieselmotorer och som ser ut att kostnadsmässigt på sikt vara konkurrenskraftigt. Dock är bränslet mycket giftigt varför en omfattande utveckling behöver ske inom säkerhetsområdet innan ammoniak kan bli ett konventionellt accepterat och använt bränsle. Därutöver krävs också utbyggnad av produktionen av ammoniak som även kräver tillgång till förnybart producerad el. På andra sätt finns lösningar som kan börja användas redan idag såsom att fartyg designade för att drivas med fossil LNG kan bunkras med förnybart producerad biometan i form av LBM. Här krävs inga tekniska förändringar ombord eller i terminalerna. Problematiken kring LBM är istället att det tar tid att bygga upp produktionskapaciteten, och även om avfallet och andra substrat som biometan kan produceras av räcker till avsevärt större produktion, så skulle inte alla fartyg kunna drivas med LBM. Dessutom konkurrerar även andra sektorer såsom lastbilar och industrier om biometanet.

Tidigare har ett stort problem varit att det i princip helt saknats ekonomiska incitament för att driva fartyg med annat än konventionella fossila bränslen som tjockolja, gasolja eller LNG. Att byta bränsle till ett förnybart kan öka bränslekostnaden med en faktor två till tre och medföra en totalt ökad transportkostnad på 20–40 procent (Winnes, 2019). Fortfarande idag är bränslen som används inom sjöfarten obeskattade och helt utan miljöavgifter och detta oavsett om det handlar om oceansjöfart eller kollektivtrafikfärjor i svenska städer. Att finansiera en sådan åtgärd kräver

antingen stöd eller att den ökade kostnaden kan tas ut gentemot kund vilket vanligtvis är svårt. Då det generellt sett har varit svårt att finansiera drift av fartyg med förnybara bränslen har utvecklingen av alternativa drivmedel och framdriftsalternativ för sjöfarten befunnit sig på en låg nivå. Denna situation har alltså under lång tid gjort att det varken funnits efterfrågan eller tillgång på alternativa bränslen för sjöfart.

Under de senaste åren har man på EU-nivå arbetat intensivt med att få fram incitament för att sjöfarten ska utvecklas och nå klimatmål på motsvarande sätt som för övriga samhället. De viktigaste sådana medlen kopplade till sjöfart som bedrivs inom EU inom ramen för Fit for 55 är:

- Att sjöfarten planeras att införlivas i utsläppshandelssystemet EU ETS och därmed kommer att belastas med kostnader för de koldioxidutsläpp som genereras.
- Att skattedirektivet inom EU ändras från att fartygsbränsle inte alls beskattas till att fartygsbränsle som används inom EU ska beskattas med en lägre skattesats för förnybara bränslen och el och med en högre för fossila bränslen.
- Införandet av ett FuelEU Maritime-direktiv som bland annat innehåller krav om andelen förnybara bränslen som fartyg inom EU drivs med och som ökar över tid samt att landel ska finnas tillgängligt i de större hamnarna.

Sammantaget ser det ut som att om dessa EU-direktiv för sjöfarten utformas i linje med de förslag som i dagsläget förhandlas, så kommer de ekonomiska incitamenten att gå över till drift med förnybara bränslen med låg klimatpåverkan att bli signifikant samt att kraven på inblandning från FuelEU Maritime över tid skulle kräva en övergång som medför utfasning av merparten av det fossila bränslet.

Inom IMO har fokus hittills främst legat på att få till tvingande krav på energieffektivisering där kraven över tid ökar i form av att koldioxidutsläppen per utfört transportarbete ska minska.

Även om de planerade nya och förändrade direktiven för sjöfarten ännu inte beslutats så har det faktum att de troligen kommer att implementeras redan satt fart på utvecklingen. Idag finns nya fabriker för förnybara fartygsbränslen både på planeringsstadiet och till viss del även under byggnation, om än i relativt liten skala i jämförelse med totalt förbrukade volymer av fartygsbränsle. Och de flesta rederier som bygger nya fartyg idag ser till att de motorer som installeras kan klara av att drivas även med något av de framtida förnybara fartygsbränslen som förväntas bli tillgängliga, såsom metanol eller LBM.

En del av problematiken är att exempelvis de direktiv som nu förhandlas inom ramen för Fit for 55 inte kommer att gälla för alla fartyg då mindre fartyg förväntas undantas. Även fartygssegment såsom militära fartyg och fiskefartyg kommer sannolikt också att undantas. Här kan det krävas olika former av nationella insatser för att få till utsläppsminskningar även från dessa segment.

Studien har bland annat utgått från litteraturstudier, diskussioner, intervjuer och avstämningar med referensgruppen samt andra externa experter. Men i tillägg även i form av arbete som utförts inom och tillsammans med andra studier och projekt parallellt och i synergi med detta projekt. Exempelvis på sådana parallella studier är:

- *Can LNG be replaced with Liquid Bio-Methane (LBM) in shipping?* (Jivén, 2022b) som analyserat möjligheterna att fasa ut fossil LNG inom sjöfarten med förnybart producerad metan.
- Inom projektet *Studie på sjöfartsområdet - Styrmedel och scenarier för sjöfartens omställning*, har en genomgång genomförts av olika scenarier för sjöfartens möjligheter att ställa om med hänsyn till

aspekter som vad som är tekniskt och juridiskt möjligt samt vilka miljöeffekter olika alternativ förväntas föra med sig (Fridell, 2022).

- Inom den ännu inte publicerade studien *Costs for decarbonising shipping*, Jivén, (2022a) har kostnader för sjöfartens omställning sammanställts och beräknats.
- Studien *Förnybara drivmedel för färjor i kollektivtrafik* har tittat på möjligheten att fasa ut fossila drivmedel inom segmentet kollektivtrafik på vatten (Styhre, 2022).

Då arbetet pågått parallellt har vissa delar av denna studie delredovisats i dessa studier och i dessa fall görs hänvisningar till dessa i denna rapport.

På många sätt är både hinder och möjligheter desamma för övergången mot fossilfria lösningar för inrikes som för utrikes sjötransporter. Vi har därför i studien valt att mer generellt behandla både problematiken och de möjligheter till lösningar som kunnat identifieras.

2.1 Bidrag till Triple F

Projektet utförs inom ramen för TripleF som är Trafikverkets forskning- och innovationssatsning med syfte att bidra till det svenska godstransportsystemets omställning till fossilfrihet. Fokus ligger därför på godstransporter och åtgärder som bidrar till att minska godstransporternas CO₂-utsläpp enligt uppsatta mål. Utgångspunkten är Sveriges politiskt satta klimatmål att minska CO₂-utsläppen från inhemska transporter med minst 70 procent mellan 2010 och 2030. I studien redogörs för de handlingsalternativ som främst bedöms tillgängliga för att uppnå dessa mål samt de hinder och möjligheter som är kopplade till omställningen.

TripleF har två övergripande mål; att bidra med resultat i form av forskning och utveckling av innovativa lösningar samt att skapa en plattform för att både utveckla och sprida kompetens mellan aktörer, branscher och regioner. Denna studie bidrar framför allt till att utveckla och sprida kompetens för att underlätta för aktörer att nyttja, utveckla och vidareutveckla de innovativa lösningar som behövs.

En målsättning är att skapa incitament för företag och andra berörda aktörer att implementera hållbara mindre fossilberoende eller fossilfria godstransportlösningar. Det europeiska och globala perspektivet är viktigt eftersom Sverige som land inte har rådighet över samtliga styrmedel och för att sjöfarten är en bransch som är global och internationellt konkurrensutsatt. Denna studie redogör bland annat för vilka styrmedel med vilka Sverige kan agera för att driva på utvecklingen mot fossilfrihet.

Sjöfarten nyttjas idag till att utföra inhemska godstransporter till exempel genom transport av petrokemiska varor med produkttankers, ombord på inrikes RoPax-färjor som Gotlandstrafiken och ombord på Färjerederiets alla vägfärjor. Inom dessa segment såväl som inom övrig sjöfart finns redan idag möjliga alternativa fossilfria lösningar men det är fortsatt en svår fråga respektive rederi står inför att välja vilka lösningar som på kort och lång sikt kommer att vara framgångsrika. Denna studie beskriver frågeställningar och lösningar och bidrar därmed till att aktörerna kan genomföra mer välgrundade val.

3 Segment inom sjöfart

Världshandelsflottan av fartyg över 100 GT består av ca 100 000 fartyg. Fartyg har en förhållandevis lång livslängd i förhållande till bilar och lastbilar. Det genomsnittliga fartyget är

strax över 21 år och fartyg skrotas ut då de är mellan 25 och dryga 30 år, lite varierande med marknadsläget för det specifika fartygssegmentet (Clarksons Research, 2014). Det kan ses som troligt att denna fartygsdemografi på många sätt kommer att bestå även i framtiden, varför en stor del av den fartygsflotta vi har idag kommer att finnas kvar många år framöver och att de fartyg som designas idag kommer att segla en bra bit in på 2040-talet. (UNCTAD, 2020)

Att fartyg har en lång livscykel kan i grunden ses som positivt då det inte behöver gå åt lika mycket resurser för att bygga och skrota fartyg. Men det innebär också att många fartyg seglar runt med gammal teknik och gårdagens prestanda. De stora kliven i energieffektivisering brukar ske när en ny fartygsgeneration inom ett rederi utvecklas och det är inte ovanligt att energieffektiviteten per utfört transportarbete förbättras 20–50 procent när en ny generation fartyg introduceras i jämförelse med de fartyg i samma rederis flotta som byggts några år tidigare. Sådana energi-effektiviseringskliv har bland annat belagts i studier som IVL utfört på uppdrag av Furetank respektive Wallenius SOL och Tärntank och därefter publicerats i informationsmaterial av de respektive rederierna men även i form av exempel när Maersk Line introducerat nya fartygsgenerationer så som TripleE eller Stenas E-flexers.

Ett stort fokus på energieffektivitet och klimat- och miljöprestanda vid projektering av nya fartyg är därför av avgörande roll för att totalt sett skapa energieffektiva sjötransporter över tid. Men då redan sjösatta fartyg seglar 25–30 år så är det också helt avgörande för omställningen att hitta lösningar som kan förbättra klimat- och miljöprestanda på befintliga fartyg.

För att i stor skala påverka sjöfartens klimatpåverkan genom introduktion av förnybara drivmedel gäller det att hitta lösningar som går att applicera på nya fartyg men även lösningar som fungerar att använda ombord på befintliga fartyg. Det kan tänkas att det finns lösningar som kräver ett nytt koncept och ett helhetstänk som sammantaget är mycket lyckade, men som kanske i princip bara fungerar på nybyggda fartyg. Sådant exempel är seglande fartyg som kan kräva att hela fartygets struktur måste klara att ta upp de krafter som seglen genererar, även om vindassistans kan fungera som retrofit på vissa fartyg. Andra lösningar kan fungera väl även för befintliga fartyg, som förnybart producerade elektrobränslen av vilka vissa kan användas i befintliga eller konverterade dieselmotorer. Oavsett vilket är aspekten om lösningar lämpar sig i första hand till nybyggen eller även för befintlig flotta viktig att ha med sig när de olika lösningarna analyseras och relateras till hur väl de bedöms passa olika fartygssegment.

Exempel på aspekter som är viktiga att beakta i analyserna för vilka lösningar gällande framdrift och bränsleval som kan passa vilka segment:

1. Är det ett befintligt fartyg som behöver anpassas till ett eller flera specifika bränslen eller är det ett nytt fartyg som ska byggas där det mer öppet kan väljas mellan olika lösningar?
2. Opererar fartyget i linjesjöfart såtillvida att det trafikerar bestämda hamnar eller är det ett fartyg som verkar inom trampsjöfart och därför kanske inte kan antas passera specifika hamnar eller terminaler där ett specifikt bränsle eller laddmöjligheter finns tillgängliga?
3. Vilken operationsradie mellan bunkring alternativt laddning behöver fartyget klara?
4. Hur ser energibehovet per bunkring ut och vilken tid kan finnas till förfogande för bunkring eller laddning?
5. Vilka bränslen kan förväntas finnas tillgängliga där fartyget planeras att operera?
6. Hur flexibelt behöver fartyget vara för att kunna operera på andra rutter eller klara andra typer av förändringar gällande användning?

Som exempel kan nämnas att fartygssegment som varit tidiga med att introducera LNG som bränsle har varit produkttankers och ROPAX-färjor där det finns en relativt stabil trafik mellan

specifika hamnar, varför tillgängligheten på bränslet varit möjlig att säkerställa. Introduktionen av LNG som fartygsbränsle har också skett i samband med nybyggnation. Generellt sett är det ovanligt att man på annat än mindre fartyg byter huvudmaskineri då detta är en relativt omfattande och kostsam åtgärd.

Sett till total konsumtion av bränsle till fartyg som bunkras i Sverige är det fartyg som går i internationell trafik som dominerar. Från till exempel nationell statistik över svensk bunkring kan utläsas att utrikes trafik står för storleksordningen 95 procent av den totala energiförbrukningen (Fridell, 2022).

För den svenska inrikes sjöfarten utgörs nästan 50 procent av bränslet till statligt drivna eller upphandlade fartyg, varav Gotlandstrafiken ensamt svarar för cirka 35 procent och övrig kollektivtrafik till sjöss (främst i Stockholm och Göteborg) ca 7 procent.

För utrikes handelstrafik har bedömts hur fördelningen mellan olika fartygstyper ser ut, vilket kan ses i Tabell 1 (Fridell, 2022). En stor andel av den totala energiförbrukningen ligger i segmenten RoRo- och RoPax-fartyg, alltså lastfartyg och färjor som tar rullande gods.

Tabell 1. Uppskattad förbrukning per fartygssegment för inrikes och utrikes sjöfart som bunkras i Sverige från underlagsarbetet till (Fridell, 2022).

	Uppskattad förbrukning 2020 [TWh]	Andel
Tankfartyg	4.3	18%
Bulkfartyg	0.7	6%
General cargo	4.2	10%
Containerfartyg	1.2	3%
RoRo/RoPax	16.0	42%
Biltransportfartyg	1.9	5%
Passagerar- och kryssningsfartyg	1.5	6%
Övriga fartyg	0.7	10%
Totalt	30.5	

Fartyg som används över långa avstånd såsom oceangående 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.

Bränslealternativ som fungerar för fartyg som opererar på kortare distanser är fler. De kortare distanserna medför att helelektriska eller batterihybridbaserade framdrivningssystem till och med kan vara mer effektiva än traditionella bränsle/framdrivningssystem. Lösningar som utvecklas och mognar inom närsjöfartssegmentet kan också tänkas användas framöver även för exempelvis oceangående fartyg.

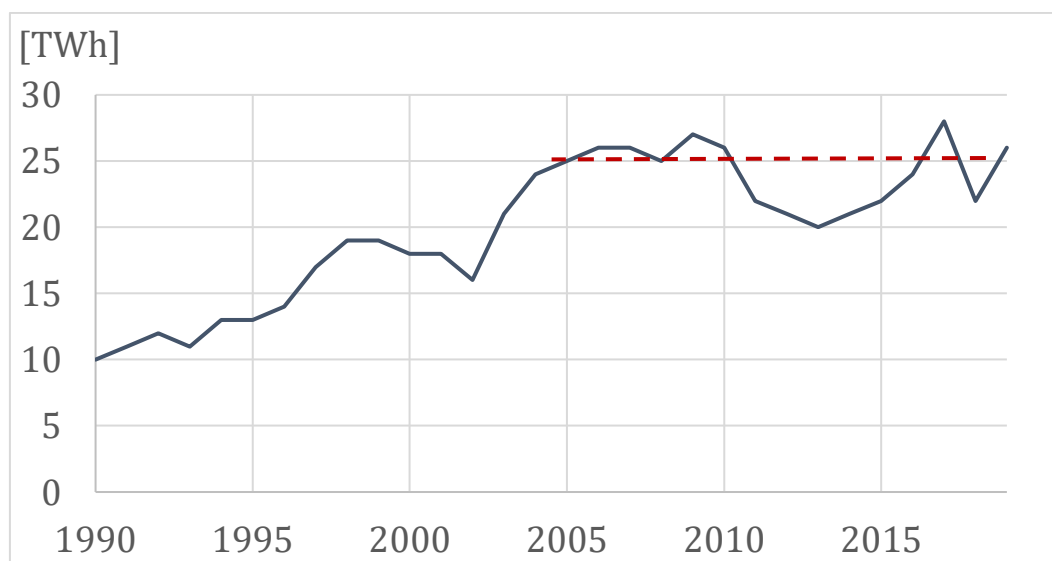
Fartyg som går i fast linjetrafik till bestämda destinationer på begränsade ruttlängder är ofta de segment där det är lättast att introducera nya koncept.

Förnybar diesel är i dagsläget det enda bränslet som kan användas för alla fartygskategorier utan teknisk utveckling eller förändrade krav.

För segment såsom RoRo-fartyg, tankfartyg 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 lastbilsmotorer finns i gasmotormodeller inom både Volvo och Scania's modellprogram men alltså inte för den marina sidan.

3.1 Energiförsörjning

Den energi som i Sverige årligen bunkras av fartyg kommer på sikt att behöva skiftas ut från dagens i princip helt fossila energimix till förnybart producerade bränslen med låg klimatpåverkan. I dagsläget bunkras fartyg i storleksordningen 25 TWh årligen i Sverige där i princip allt fartygsbränsle är fossilt, se Figur 1. Detta kan jämföras med att all trafik på landsidan förbrukar drygt 90 TWh varav cirka 20 procent av detta är förnybart.



Figur 1. Mängd fartygsbränsle som bunkras i Sverige årligen under 1990–2019. Den röda streckade linjen indikerar en ungefärlig nivå av årligen bunkrade volymer om 25 TWh för de senaste åren.

De tvingande energieffektiviseringsåtgärder som beslutats inom IMO bedöms för de närmsta åren kunna sänka sjöfartens totala energiförbrukning trots en förväntad fortsatt ökning av sjöfartens totala transportarbete. På sikt bedöms också att de ökade kostnader för att använda och fasa ut fossila bränslen som sjöfarten förväntas ställas inför också kommer att driva på energieffektivisering och hålla ner sjöfartens totala energianvändning. Här har till exempel bedömningar gjorts när förslag lagts fram inom EU:s Fit for 55 att förslagen inom FuelEU Maritime (European Commission, 2021b) med infasning av förnybara bränslen kommer att minska totala transportarbetet med ca 3 procent i jämförelse med ett basscenario utan denna implementering. På motsvarande sätt har bedömningar gjorts kring hur mycket ytterligare energieffektivisering som kan tänkas genomföras i det fall sjöfarten införlivas i EU:s utsläppshandelssystem EU ETS samt krav på inblandning av förnybara bränslen (European Commission, 2021a). Här är bedömningen att sådan energieffektivisering kan ligga på en nivå om ca 8 procent mer energieffektiva transporter per transportarbete i jämförelse med att åtgärderna inte genomfördes.

Det finns en mängd olika studier publicerade som med olika angreppssätt bygger modeller och scenarios för framtida energianvändning inom bland annat sjöfart. Ofta utgår sådana modeller bland annat från vilken produktionspotential som bedöms rimlig för respektive bränsle, kostnadsuppskattningar för att producera och använda olika tänkbara bränslen samt vilken total miljö- och klimatprestanda som ska uppnås över tid. I vissa scenarier finns fossila bränslen med som fartygsbränslen långt in i framtiden men då vanligen i kombination med att koldioxid avskiljs och lagras (CCS). Exempelvis finns i DNV (2021b), *Energy transition outlook 2021*, scenarier med en över lång tid ökande användning av fossil LNG i kombination med CSS.

Efterfrågan på alternativa fartygsbränslen är idag låg men flera rederier har kommunicerat att de planerar att succesivt börja blanda in och på sikt gå över till förnybara drivmedel. På sikt kommer detta ge ökad konkurrens om bränslen som biometanol och biogas. Den hårdaste konkurrensen om bränslet kan dock tänkas komma från andra branscher såsom industrier som efterfrågar grön energi.

Även energianvändningseffektivitet för olika lösningar ur ett systemperspektiv är viktigt att beakta när stora sektorer såsom sjöfarten ska ställa om. I exempelvis studien Nordic Clean Energy Scenarios (Wråke, 2021) konstateras att direkt elektrifiering kräver mycket mindre elproduktion än i det fall att bränslen ska produceras baseras på el, så kallad Power-to-X då, eftersom produktionen av P2X-bränslen är elintensiv.

4 Hinder och möjligheter

Exempel på hinder för rederier som vill genomföra satsningar och investera i fartyg och system med bättre miljöpåverkan diskuteras exempelvis i Transportstyrelsens intervjustudie med 15 svenska rederier (Transportstyrelsen, 2021). I många fall är det både dyrare och upplevs som osäkrare att satsa på nya lösningar som har mindre miljöpåverkan. Samtidigt är incitamenten i form av möjligheter till sänkta avgifter, högre pris mot kund och så vidare ännu inte tillräckliga för att i dagsläget kunna räkna hem satsningarna rent företagsekonomiskt på kort sikt. I diskussioner med rederier som ändå utvecklar och investerar i ny teknik framhålls ofta att de ändå gör detta för att de dels vill driva sin verksamhet i en hållbar riktning, dels för att de framöver förväntar sig ökade krav och att olika former av miljöstyrande incitament kommer att införas inom en inte alltför avlägsen framtid.

Hinder

Det finns en mängd faktorer som idag håller tillbaka investeringar och åtgärder kopplade till minskad klimatpåverkan från fartygsdrift. Exempel på faktorer som kan motverka eller försena utvecklingen mot mer hållbara lösningar är:

- **Finansiering.** Fartyg finansieras generellt sett till en viss andel av banker och kreditinstitut. Nya lösningar i form av framdrivning med förnybara bränslen osv kostar idag generellt sett mer. Detta leder till att kapitalkostnaden ökar totalt och att den mängd eget kapital som rederiet själva behöver stå för också ökar.

Så som finansieringen av nya fartyg idag fungerar i praktiken sker därför ofta en optimering mot en låg total investeringskostnad och inte lika markant mot lägre total livscykelkostnad. Detta är en speciellt viktig aspekt i de fall fartygsägaren står för investeringen (CAPEX) men sedan hyr ut till ett annat rederi via time charter (TC) eller bareboat charter (BB), där den som chartrar fartyget står för de operationella kostnaderna (OPEX).

Problematiken har exempelvis medfört att fartyg drivna med LNG förses med motorer som ger högre nivåer av så kallad metanslip och samtidigt har högre energiförbrukning. Detta istället för

motortyper som har lägre metanslip och lägre energiförbrukning. Detta trots att de effektivare och renare motorerna har lägre total kostnad på sikt men på grund av att de kräver en högre total initial investering. Detta ger en i längden ekonomisk nackdel och en högre miljö- och klimatpåverkan.

- **Priset på förnybara bränslen** och totalkostnaden för driften i jämförelse med de fossila alternativen är, i alla fall för närvarande, mycket högre inkluderat att bränslen till sjöfart även är obeskattade. Kostnaderna på sikt är 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
- **Risk.** Ny och oprövad teknik medför i princip alltid risker. Dels risken att investera i en teknislösning som framöver inte visar sig få genomslag, vilket exempelvis kan äventyra tillgång till valt bränsle, att lösningen i förhållande till andra lösningar på sikt visar sig inte stå sig ekonomiskt i konkurrens med andra lösningar osv. Men dels också i form av att oprövade lösningar kan visa sig vara rent tekniskt mindre lyckade. Ett rederi som satsat på en ny lösning står vanligen själva för stora delar av konceptutveckling och risk för att lösningen inte blir lyckad. Ett åkeri eller flygbolag som letar efter nya fordon eller flygplan med bättre miljöprestanda kommer istället att vända sig till lastbils- respektive flygplanstillverkare med sina önskemål. Det är sedan tillverkarna som ansvarar för utveckling av de nya produkterna och som garanterar deras funktion. Inom sjöfarten är det alltså istället vanligtvis rederierna själva som inhouse, med egna resurser, eller i form av att externa fartygsdesignkontor upphandlas som på rederiets uppdrag och risk utvecklar och tar fram designen för nya fartyg. Detta sker i samarbete med motortillverkare, varv och andra leverantörer men rederiet tar vanligen den största risken.
- **Små serier.** Vanligen utvecklas nya fartyg och fartygskoncept i mycket liten skala i form av ett nytt fartyg eller ett mindre antal systerfartyg. Detta ger av naturliga skäl inte alls samma möjligheter att till fullo optimera designen, som fallet då exempelvis fordon på landsidan utvecklas som istället byggs i serier räknat i tusental.
- **Incitament** för övergång mot mindre miljöpåverkande lösningar. Historiskt sett och fortfarande idag betalar man inom sjöfarten i princip inga miljöavgifter alls. Utsläpp från fartygen och själva användningen av fossila bränslen är fortfarande i princip helt befriade från miljö- och klimatavgifter och skatter. Ett fartyg med hög miljöprestanda kan erhålla rabatter från enskilda stater och hamnar, tex sänkt farledsavgift till Sjöfartsverket i Sverige och rabatt på hamntaxor i tex. Stockholm och Rotterdam. Rabatterna är dock i allmänhet för små för att kunna kompensera för de högre kostnaderna som ny teknik och drivmedel innebär.
- **Osäkerhet** kring vilka lösningar som kommer att bli kommersialiserade och dominerande. Det finns idag en uppsjö av lösningar. Till viss del kan olika lösningar samverka och medge flexibilitet framöver. Men andra lösningar kan istället kräva att val görs redan vid byggnation eller i annat fall kräva större och dyra ingrepp i fartygen i form av retrofit om de senare ska implementeras. Exempelvis är det ofta svårt att ekonomiskt motivera ett byte av ett fartygs huvudmaskin. Det är svårt för alla rederier att veta vilken lösning som över tid kommer vara mest lovande. Denna stora osäkerhet gör att många företag därför upplever det som mindre riskfyllt att satsa på de konventionella lösningarna som inte leder till en bättre miljöprestanda. En sådan strategi kan mycket väl på sikt istället visa sig vara mer riskfylld även om den idag kan upplevas som säkrare.
- Etablerade **låga priser på transporttjänster.** Transportköpare och även slutkunder är vana vid att transporter ska vara billiga och inte påverka varans slutpris nämnvärt. Detta har dock förändrats under pandemin och med andra marknadsförändringar då exempelvis priset för att transportera containers mellan Asien och Europa har femfaldigats under de senaste åren¹.
- **Livscykelperspektiv** har till stora delar tidigare saknats för alternativa och förnybara drivmedel inom sjöfarten såsom vid EU-rapportering enligt MRV. Detta då det handlar om nya bränslen som i princip ännu inte börjat att produceras i stor skala. IMO och EU har haft på sin agenda att fastställa beräkningsprinciper och emissionsfaktorer avseende koldioxidkvalenter för sjöfartens drivmedel. Målsättningen är att utsläpp av växthusgaser beräknas för hela livscykeln från ”well to wake” det

¹ *Global container freight rate index from January 2019 to May 2022.*

<https://www.statista.com/statistics/1250636/global-container-freight-index/>

vill säga från källa (framställning och transport av drivmedel etc.) till energiomvandling (förbränning) ombord. Detta är grunden för att kunna ta välgrundade beslut och styra i rätt riktning. Här har en hel del arbete utförts under den senaste perioden, både inom EU och IMO men vissa delar återstår dock.

- **Låga krav** på miljöprestanda. Tanken om att så kallad *Best Available Technology* (BAT) ska användas för att undvika utsläpp av emissioner och som länge varit gällande på landsidan har ännu inte börjat att appliceras inom sjöfarten. Exempelvis är det få fartyg där rökgaserna renas från kväveoxidutsläpp, trots att möjligheten finns med hjälp av selective catalytic reduction (SCR). Här finns en stor skillnad jämfört med landbaserad industri som vid ändringar i sin verksamhet måste välja BAT för att få miljötillstånd. På motsvarande sätt har även kraven från transportköpare på sjötransporter varit lägre än krav som ställs på landtransporter.
- För en del alternativa bränslen saknas **regelverk** för installation, bunkring och användning av bränslet, vilket för tillfället utgör ett hinder för en bredare användning. 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.

Oavsett segment eller användningsområde för de fartyg som projekteras eller som ska modifieras till att få bättre klimatprestanda finns det en mängd faktorer som är mer eller mindre osäkra och därmed komplicerar beslutsprocessen. Exempel på framtida osäkerheter i form av potentiella hinder för att idag ta beslut är:

- **Prisutveckling på förnybara drivmedel.** Det finns idag en osäkerhet gällande tillgång och pris på förnybara drivmedel och hur detta kommer att utvecklas. Detta ger svårigheter att bedöma vilka lösningar som är mest gynnsamma att välja. Osäkerheten beror bland annat på att andra transportslag och även andra branscher kommer att konkurrera om samma drivmedel. Men även priset på de insatsvaror som krävs för att producera de förnybara bränslena såsom framtida kostnad för förnybart producerad el är svårt att bedöma.
- **Framtida ekonomiska incitament** så som kostnader för olika typer av utsläpp och påverkan internaliseras och behöver betalas av rederiet eller transportköparen. Idag finns krav på emissionsnivåer för exempelvis kväveoxider inom vissa regioner men generellt sett finns inga kostnader kopplade till utsläpp från fartyg.
- Frågan om det främst är utsläpp av växthusgaser som framöver kommer att omfattas av ekonomiska styrmedel eller andra incitament, eller om även partiklar, kväveoxider, buller och så vidare kommer att regleras kraftfullt.
- Frågan om det kommer att utvecklas bra alternativa förnybara bränslen med goda livscykelprestanda gällande klimatpåverkan vilka medger fortsatt användning av konventionella dieselmotorer ombord på fartyg ur ett klimatperspektiv. Samt ifall konventionella dieselmotorer kan utvecklas till att få godtagbara prestanda i förhållande till utsläpp av kväveoxider, partiklar och bullernivåer.

Möjligheter och påskyndande faktorer

Exempel på åtgärder som kan påskynda utvecklingen mot mer hållbara lösningar är:

- **Långsiktighet och styrmedel.** Framför allt EU har under den senaste tiden börjat bli tydlig kring att det kommer att införas tvingande och kraftfulla styrmedel för att få till sjöfartens omställning, vilket ger en stabil beslutsgrund för rederier att hitta lösningar som bygger på förnybara bränslen. Det ger också potentiella producenter av förnybara bränslen den tydliga signalen om en kommande efterfrågan på dessa. Tydlig vetskap om att ekonomiska incitament eller tvingande krav kommer att införas är en mycket stark påskyndande faktor.
- **Finansieringsmodeller och ekonomiskt stöd till pilotprojekt** som gynnar investeringar i energieffektivitet, förbättrad klimatprestanda och introduktion av förnybara bränslen. Detta kan vara i form av stödsystem som överbryggar tiden till dess tvingande regler eller andra incitament

finns på plats och som delar risk och finansiering kopplat till de merkostnader som uppstår i samband med installation och drift av energieffektivare och renare lösningar. Idag finns exempel på stöd till laddhybridisering av fartyg från Klimatklivet. Nyligen har också Klimatklivet kommunicerat att de välkomnar ansökningar som är kopplade till exempelvis elektrifiering av fartyg. Här kan stöd även till mindre testprojekt vara viktiga att se över. I praktiken kan det innebära ekonomiskt stöd för att utvärdera förnybara drivmedel vid inblandning i befintligt konventionellt bränsle, nya tekniska lösningar för att lagra, hantera och transportera nya bränslen, eller stöd till retrofit i form av elhybridisering, vindassistans och andra former av energieffektiviseringar. En faktor som kan behöva ses över är då statsstödsregler.

- Det finns även initiativ som syftar till att ge finansiärer verktyg att premiera lösningar som är mer klimatpositiva och nedprioritera investeringar i lösningar med sämre prestanda. Ett sådant initiativ är ”Poseidon principles”, till vilka banker och finansinstitut som representerar över hälften av alla globala fartygsinvesteringar har anslutit sig. Huvudsyftet med Poseidon-principerna är att följa upp att finansinstitutens utlåning bidrar till klimatanpassning i linje med de ambitioner som IMO satt upp om att minska sjöfartens växthusgasutsläpp med minst 50 procent till 2050 baserat på 2008 års nivåer.
- **Policy- och principbeslut** om att gå i riktningen mot mer hållbar operation och drift. Som exempel kan nämnas att ett av världens största rederier Maersk Line under många år försett sina större containerfartyg med energiåtervinning av värme ur avgaserna och med detta producerat el för användning ombord, medan detta fortfarande är ovanligt ombord på motsvarande fartyg hos andra rederier. Dessa så kallade *Waste heat recovery systems* sänker typiskt den totala energiförbrukningen ombord med 5–10 procent och är lönsamma trots att de är dyra i inköp och installation. Anledningen till att dessa installationer genomfördes var att ledningen helt enkelt tagit ett beslut om att detta var det rätta att göra och att energieffektiviseringsåtgärder prioriterades. Ett annat exempel är Walleniusrederierna som också har beslutat sig för att verka mot hållbar sjöfart och som under lång tid arbetat med konceptfartyg för fartygsdrift med mycket låg omgivningspåverkan. Över tid har olika lösningar systematiskt analyserats vilket nu utmynnat i designen av ett seglande biltransportfartyg. Rederiet Wallenius Wilhelmsen har kommunicerat att det första seglande fartyget planeras vara i drift 2026.²
- **Samarbete och samverkan** mellan rederier, lastägare, motortillverkare, bränsleproducenter och andra aktörer. Utveckling, implementering och tillgänglighet till nya bränslen och nya alternativa lösningar kräver omfattande resurser och användare för lyckad etablering. Om flera aktörer samverkar skapas större förutsättningar för att få till den kritiska massa av användare som krävs för att säkerställa att det nya bränslet finns tillgängligt, att nog med resurser satsas på vidare utveckling och att kunskap, kunnande och service kopplat till den nya lösningen kommer på plats. Här finns dels samarbeten mellan enskilda företag och organisationer, men även mer eller mindre formaliserade nätverk som medger ökade och fördjupade samarbeten. Som exempel kan nämnas Lighthouse som även har fokusgrupper kopplade till smarta fartyg, hamnar och fossilfri sjöfart. Internationellt finns organisationer så som *Getting to Zero Coalition* och *Maersk Mc-Kinney Møller Centre for Zero Carbon Shipping*.

5 Tillgängliga lösningar

Fokus för denna studie ligger i första hand på åtgärder som är kopplade till nya drivmedel för att få en acceptabel klimatprestanda för sjötransporter. Men då vissa sådana lösningar, som elektrifiering med batterilösningar eller vätgas och bränsleceller, även kraftigt minskar eller rentav eliminerar annan negativ påverkan som utsläpp av partiklar och kväveoxider och även kan bidra till att minska buller och utsläpp av förorenat vatten avsevärt, så beskrivs dessa först.

² Se exempelvis kommunikation från Wallenius Wilhelmsen:
www.walleniuswilhelmsen.com/news/royal-interest-in-orcelle-wind-a-real-climate-solution

Många bränslen kan produceras mer eller mindre hållbart med olika miljöprestanda som följd. I denna studie förutsätts att de förnybara bränslen som avhandlas produceras med hjälp av förnybara insatsvaror så som förnybart producerad el med låg klimatpåverkan.

Exempel på lösningar och bränslen som beaktas i denna studie:

- Elektrifiering med batterier samt elektriskt drivna linfärjor
- Vätgas och bränsleceller
- Vinddrift och vindassistans
- Metan (biogas)
- Ammoniak
- Metanol
- Förnybara dieselbränslen som HVO och RME
- Carbon Capture and Storage (CCS)

Som exempel har Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping arbetat aktivt med lösningar för att driva fartyg med förnybara drivmedel. Centret publicerar regelbundet sammanställningar och lyfter exempelvis fram bränslen som metan, metanol och ammoniak (Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping, 2022). Exempelvis bedöms biogasdrift i LNG-/metanmotorer vara de mest utvecklade, medan ammoniakmotorer fortfarande är under utveckling med högre osäkerhet.

Motortillverkare såsom MAN och Wärtsilä erbjuder numera så kallade dual-fuel motorer som kan drivas både med konventionella dieselbränslen som MGO eller de förnybara varianterna HVO eller RME, alternativt motorer som kan drivas med MGO eller metan / metanol och framöver ammoniak. Nyligen har också MAN kommunicerat att vissa av deras befintliga motorer kommer att kunna efterkonverteras till att kunna drivas med nya förnybara bränslen (MAN, 2022).

Det kan också vara så att den mest optimala totallösningen är en kombination av flera olika lösningar. Exempelvis har vissa av Finlandsfärjorna landanslutits i Stockholms hamn sedan 1980-talet för att därigenom kunna stänga av fartygets hjälpmaskinerier under hamnuppehållet. Idag byggs fler och fler fartyg hybridiserade såtillvida att de har batteribackuper ombord, så kallade UPS (Uninterruptible Power Supply) som kan medge att exempelvis hjälpmaskindrift kan optimeras eller att fartygen rentav drivs elektriskt in och ut ur hamnar och under manövrering. På motsvarande sätt kan vindassisterande lösningar som Fletnerrotorer bidra till framdriften och därmed minska mängden bränsle som förbrukas. Det är också möjligt att olika lösningar och bränslen väljs till huvud- respektive hjälpmaskineri.

I Tabell 2 visas ett antal förutsättningar som bedömts för ett antal förnybara bränslen (Fridell, 2022).

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. 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 mellan aspekter och enskilda bränslen. Från Fridell (2022)

Bränsle (energibärare)	Framdrivnings- och lagringsteknik	Teknisk mognadsgrad (bränsle ⁰⁰ /framdrivningsteknik)	Kostnader: Bränslekostnad/ Investeringkostnad (inklusive framdrivning och lagring av bränsle)	Bränsletillgång: Nuvarande produktion/ Produktionspotential	GHG-utsläpp (LCA-perspektiv) ⁰	Påverkan försurning 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 (bio-baserad 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	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 för ammoniak.

⁰ GHG-utsläpp beror på produktionsväg och kan därmed variera.

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

5.1 Nybyggnation

Vid nybyggnation är frihetsgraderna med tänkbara och rimliga lösningar mycket större. I princip kan de flesta lösningar användas vid nybyggnation även om vissa passar mer eller mindre bra till olika applikationer.

Idag räknar de rederier som vi inom studien varit i kontakt med, inklusive de i referensgruppen, med att fartyg som opererar i Europa inom några år kommer att belastas med relativt omfattande kostnader kopplat till att driva fartyg med fossila bränslen. Dessa rederier letar därför aktivt efter lösningar som möjliggör en övergång till förnybar drift för de fartyg som projekteras och byggs idag. Det handlar exempelvis om att fartygen designas för gasdrift (LNG) där tanken är att ersätta fossil LNG framöver med förnybar flytande metan (LBM) eller installation av dual-fuel motorer som klarar att drivas med både konventionella marina bränslen som MGO och metanol, vilka då planeras vara förnybart producerade.

5.2 Retrofit

Optimalt är oftast att nytt maskineri för nya alternativa bränslen eller andra miljö- och klimatåtgärder installeras och planeras i samband med nybyggnationen. Konvertering i form av retrofit medför normalt att det är färre år att betala av investeringen på, att det kan vara svårare att praktiskt passa in ny utrustning då det kan ta mer plats eller vikt ombord, samt att fartyget kan behöva tas ur drift under tiden installationen sker. I andra fall kan en ombyggnation vara en förutsättning för att kunna fortsätta operera eller rentav ge direkt sänkta kostnader, så variationerna är stora.

Vissa åtgärder fungerar relativt bra att introducera även på existerande fartyg. Enklast är naturligtvis om samma framdrivningsmaskineri kan användas och att istället bara bränslet byts från ett fossilt till ett förnybart producerat med bättre klimatprestanda. Detta exempelvis genom att marin gasolja byts till HVO eller att LNG byts till LBM. Få eller inga ens operativa åtgärder behöver då genomföras och det handlar då istället om livcykelprestanda för det alternativa bränslet, tillgång till det förnybara bränslet och till vilket pris som bränslet finns tillgängligt.

Andra åtgärder som kan vara relativt enkla att genomföra är olika former av energieffektivisering såsom byte till effektivare propellrar, mindre modifiering av skrovet för att vara bättre optimerat mot exempelvis en lägre hastighet (som byte av bulb) och installation av batterikapacitet som möjliggör att användning av hjälpmaskineri ombord kan optimeras.

Större och mer genomgripande förändringar såsom byte till nytt maskineri och framdrivning med miljö- och klimatprestanda som ligger i linje med målen om kraftigt mindre omgivningspåverkan kan däremot vara rejält kostsamma och svåra att räkna hem utan antingen stöd, att nya kraftiga ekonomiska incitament eller rent av tvingande regler kräver en anpassning. I olika tidigare studier och som även bekräftas av rederier som intervjuas (exempelvis Transportstyrelsen, 2021) påvisas att omfattande ombyggnader med dagens avgifter och incitament normalt sett inte går att räkna hem. Detta kan naturligtvis ändras och en sådan förändring som precis har beslutats om inom IMO är att även befintliga fartyg som är byggda innan EEDI-kraven (se avsnitt 6.2 *Arbetet inom IMO*) på fartygs energieffektivitet framöver kommer att behöva klara motsvarande krav med benämningen EEXI. Dessa krav är tvingande och befintliga fartyg som har en för hög beräknad energiförbrukning per utfört transportarbete kommer antingen att behöva modifieras för att klara kraven eller helt enkelt behöva skrotas ut (se avsnitt 6.2 *Arbetet inom IMO*).

5.3 Elektrifiering med batterier och linfärjor

Sett ur resurseffektiv användning av energi ger lösningen att driva fartyg med elmotorer som matas med el från batterier en bra väg att gå då omvandlingsförlusterna totalt sett blir låga. Kostnadsmissigt kan batterilösningar för de applikationer som de lämpar sig bäst för redan idag vara lönsamma trots att de ekonomiska incitamenten för att fasa ut fossila bränslen inom sjöfarten ännu inte finns på plats (Jivén, 2020). Exempel på sådana applikationer är mindre fartyg på fasta kortare rutter som kan laddas ofta. Så i fall där batterilösningar är möjliga är detta den lösning som bör övervägas.

Idag finns många exempel på både mindre och större fartyg som drivs med el och tekniken kan sägas vara mogen men under fortsatt utveckling. Problematik kopplat till att driva fartyg med el och batterier är bland annat kopplade till vikt, kostnader, räckvidd och laddning.

För att få till en ren eldrift till rimlig kostnad kan batteristoleken i fartygen behöva begränsas. Detta i sin tur kommer troligen i de flesta fall också kräva att färjorna/fartygen kan snabbladdas under den del av dygnet som själva driftsperioden infaller eller så ofta som är möjligt.

Att få till laddningsmöjligheter i hamnar och vid anlöpskajer kan vara en utmaning ur flera synvinklar. Det kan vara brist på tillgänglig eleffekt i närheten av laddpunkter och därmed förknippat med större eller mindre etableringskostnader beroende på hur stora insatser som krävs för att dra fram eleffekten. En stor utmaning ifall större fartyg ska elektrifieras och laddas under hamnuppehållen är då att få fram eleffekt till hamnarna och att det också råder konkurrens kring sådan tillgänglig effekt. Ett exempel är Göteborgs Hamn där utgångsläget för tillgänglig elkapacitet är relativt god sett ur hamnens framtida elektrifieringsbehov, men där planerade etableringar av till exempel Northvolts batterifabrik och trolig elektrobränsleproduktion också förväntas konkurrera om tillgänglig kapacitet. Men det kan i vissa fall även vara en utmaning att få till tillstånd för att etablera den fysiska infrastrukturen i form av tillgång till mark och bygglov där flera aktörer kan behöva samverka inklusive kraftbolag.

Om utökning av landel kan bedömas hanterbart i många hamnar, anses det förväntade behovet av att kunna ladda batteridrivna fartyg vid korta anlop vara en betydligt större utmaning. Detta ställer helt andra krav på infrastruktur och tillräcklig kapacitet i hamn (Fridell, 2022).

Så som teknik med batterier ombord på fartyg ser ut idag ser det rimligt möjligt ut att exempelvis elektrifiera färjelinjer för godstrafik mellan exempelvis Göteborg och Fredrikshamn med ett avstånd om ca 60 NM (ca 110 km), vilket Stena Line tagit fram fartygskoncept för och som diskuteras kunna beställas 2025 och vara i drift 2030 (Svensk sjöfart tidning, 2021). Däremot ser det inte i dagsläget ut som troligt att exempelvis godstrafik med handelsfartyg i oceantrafik skulle komma att elektrifieras med idag tillgänglig och känd batteriteknik.

Det finns exempel på fartyg som efterkonverterats till eldrift även om det bedöms som mer kostnadseffektivt att redan från början designa fartyg för eldrift. Men för vissa fartyg så som exempelvis fartyg med dieselelektrisk drift är konvertering relativt sett lättare.

Batteridrift för fartyg som går längre sträckor ses ofta inte som realistiskt i en nära framtid då energidensiteten i batterier är mycket lägre än för flytande drivmedel, vilket medför mycket stora batterier, framför allt för långväga transporter där fartygen med långa avstånd mellan laddningsmöjligheter i hamn.

För kortare avstånd är linfärjor en lösning som kan fungera bra och drivas direkt med el. Färjerederiet bedriver trafik med sju linfärjor där den totala energiförbrukningen kan reduceras till hälften i jämförelse med om motsvarande färjor drivits med förbränningsmotorer (Trafikverket, 2022).

5.4 Vätgas

Vätgas har fördelen att det är en energibärare som relativt enkelt kan produceras med hjälp av elektrolys med en elektrolysör som endast kräver el och vatten. Vid användning av vätgas i bränslecell produceras i princip endast el, värme och vattenånga. Möjligheten finns också att framöver använda vätgas som bränsle i förbränningsmotorer och mycket tyder på att effektiva sådana motorer håller på att utvecklas och att sådan drift kan ske med låga emissioner i jämförelse med drift med dieselbränslen.

I jämförelse med konventionella fossila bränslen så som diesel har dock vätgas ett antal aspekter som är mindre fördelaktiga och som kräver nya lösningar eller anpassningar. Vätgas som bränsle är lätt men tar avsevärt mer plats att lagras ombord på ett fartyg. I trycksatt form kan man räkna med att tankarna tar i storleksordningen tio gånger mer plats än exempelvis MGO för motsvarande energimängd. Om vätet istället bunkras och lagras i flytande form kan energitätheten ökas en aning. Samtidigt ges plats ombord såsom på fartygens övre däck eftersom utrustning såsom rökgaskanaler och skorsten inte längre behövs.

Utmaningarna för att kunna använda vätgas som sjöfartsbränsle i större skala är främst kopplade till möjligheten att kunna lagra stora mängder vätgas ombord på fartyg, men även utbyggnad av 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 behöver utvecklas. Produktionen av den förnybara vätgasen behöver också skalas upp.

Det finns idag ett begränsat antal vätgasfartyg byggda och i drift där i princip alla hittills med något undantag har vätgas lagrat i komprimerad form ombord. En större färja har levererats i Norge 2021 där vätgas tankas och lagras i flytande form (bilfärjan Hydra som opereras av Norled i norska Rogaland).

Väte i flytande form kräver att temperaturen hålls på en nivå om ca -253° C. Denna låga temperatur kräver i sin tur att tankarna är extremt välisolerade och vätet kommer också över tid att värmas, varför det inte kan lagras hur länge som helst utan kommer med tiden att tappa kyla och börja avdunsta.

Sett ur synvinkeln resurssnål användning av tillgänglig energi är det mest effektivt att använda trycksatt vätgas då det åtgår stora mängder energi för att kyla ner väte till flytande form. Det är också mer energieffektivt att använda väte i ren form än att lagra vätet i andra medier så som ammoniak.

Andra områden som är viktiga att beakta och där arbete med att ta fram lösningar, riktlinjer och metoder för hantering i hamnar och ombord på fartyg är säkerhet och hur vätgasen kan lagras för att minimera risk för brand eller explosioner. Vätgas är explosivt och har exempelvis lättare att antändas, även inom ett större spann av blandningsförhållanden med luft jämför med metangas. Ny kunskap om hur tankar med mera bör utformas håller på att arbetas fram.

Det finns idag kunskap om att även vätgas som släpps ut i luft medför växthusgaspåverkan i form av sekundära effekter. Hur stora vätgasutsläppen i praktiken är vid olika typer av användning och hur pass potent vätgasen är som växthusgas behöver dock utredas vidare.

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).

5.5 Vind

Vind har genom historien använts för att driva fartyg men konkurrerades ut genom introduktionen av de fossila bränslena. Idag finns lösningar tillgängliga för vindassistans och utveckling pågår av fartyg där vind planeras vara den dominerande framdriftskällan.

Idag är tanken med seglande fartyg att vinden kan vara den dominerande energikällan och att det därför krävs att det finns alternativa framdrivningsalternativ. Även rutter kan vara mer eller mindre lämpade för att segla beroende på dominerande vindar i olika områden. De svenska kusterna bedöms ha relativt bra vind.

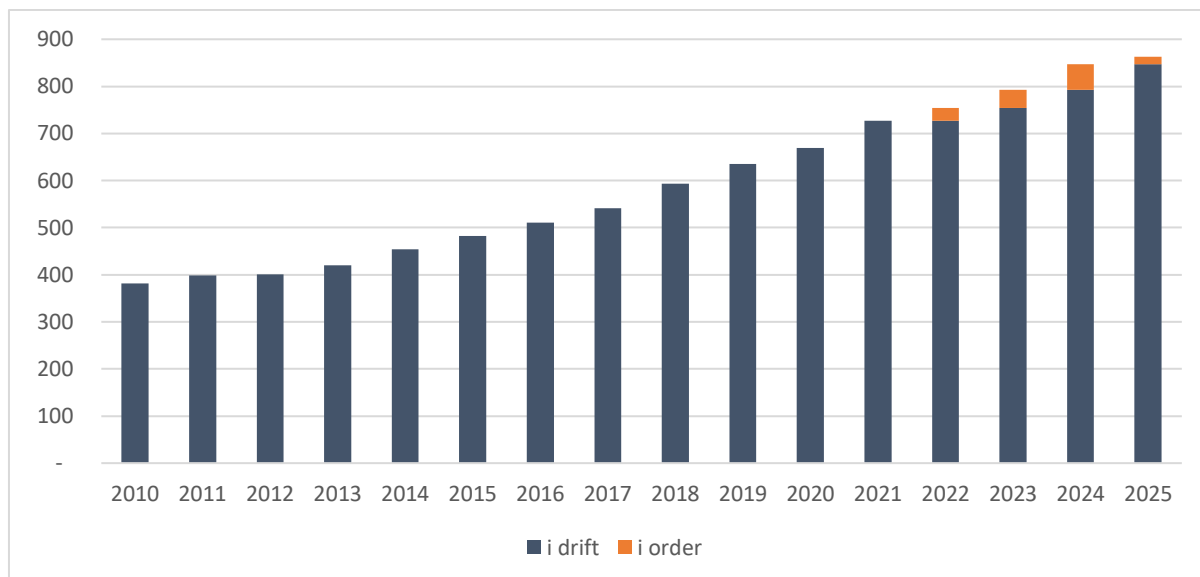
Det finns idag ett antal kommersiella projekt där vinddrivna fartyg projekteras och ett av de projekt som bedömts kommit långt är Wallenius Marines projekt Orcelle Wind som är ett seglande biltransportfartyg och som planeras kunna vara i drift 2026, eftersom? Wallenius Wilhelmsen redan? har kommunicerat ambitionen att lägga beställning (Wallenius Wilhelmsen, 2022). Detta skulle då bli världens största seglande fartyg med en kapacitet att transportera 7000 fordon och med en längd om 220 meter och segla med en fart på 10–12 knop. Bedömningen är att 90 procent av sammantagen energi för framdrift ska kunna komma från vinden. Det finns också fler konsortier och rederier som utvecklar seglande konceptfartyg.

Fartyg kan också föres med vindassisterande utrustning så som exempelvis flettnerrotorer som är en stående cylinder som monteras på fartygsdäcket och som när den roteras och vinden blåser på den kan skapa en framdrivningskraft med hjälp av coreoliskrafter. Flettnerrotorer har testats ombord på fartyg sedan 1920-talet och bedöms kunna spara storleksordningen 5–15 procent av bränsleförbrukningen för framdrift. Flettnerrotorer kan monterats på fartyg både vid nybyggnation och som retrofit på existerande fartyg.

5.6 Biogas

Fartyg som är försedda med motorer som kan drivas med metan i form av LNG kan utan några tekniska åtgärder istället bunkras med det tekniskt sett helt likvärdiga bränslet LBM som istället är förvätskad förnybart producerad biogas. Detta är en förhållandevis enkel och relativt sett billig övergång till förnybar framdrift. I dagsläget är det tillgången på LBM som skulle sätta gränsen om flera av de större fartyg som drivs med LNG skulle gå över till den förnybara produkten men på sikt finns potential att bygga ut produktionskapaciteten i Sverige till att runt 2030 producera storleksmässigt så pass mycket LBM så att exempelvis 15 procent av allt fartygsbränsle som bunkras i Sverige utgörs av LBM (Jivén, 2022b).

Antalet fartyg som försetts med framdrivningssystem som baseras på metan ökar stadigt sedan LNG började introduceras som ett fartygsbränsle år 2020. ABS har i studien, *Setting the Course to Low Carbon Shipping: Zero Carbon Outlook* (2022) sammanställt antalet LNG-fartyg och orderläget framåt vilket kan ses i Figur 2. Olika studier har kommit med skiftande prognoser på hur stor andel av fartygsbränslet som framöver kommer att vara i form av metan men ofta hamnar prognoserna runt 10–20 procent av totalt förbrukat bränsle. Detta är då den mängd som skulle vara möjlig att rent tekniskt sett utan problem kunna konverteras till förnybart LBM.



Figur 2. Antal fartyg som är försedda med LNG-motorer (från ABS, 2022)

Kostnadsmässigt bedöms LBM kunna produceras och tillgängliggöras till fartyg till ett pris på 0,8–0,9 SEK/kWh vilket är avsevärt mer än vad LNG-priset historiskt sett legat på (storleksordningen 0,3 SEK/kWh). Men i och med förändringar på energimarknaden som eskalerats i kölvattnet av Rysslands invasion av Ukraina och den gasbrist som uppstått säljs idag LNG till prisnivåer som ligger avsevärt närmre kostnaden för LBM. Svenska riksdagen beslutade 2021 om ett nytt 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. Sammantaget ger detta en möjlighet till att produktionsmässigt kunna producera LBM till konkurrenskraftiga prisnivåer. Men då marknadspriset på LBM normalt sett är indexerat till priset på det fossila LNG krävs troligen ett större engagemang från bränsleköparens sida i utbyggnaden av produktionskapacitet för att få tillgång till LBM till konkurrenskraftiga villkor.

5.7 Ammoniak

Ammoniak kan produceras förnybart med hjälp av vätgas förutsatt att vätgasen producerats förnybart. En stor fördel med ammoniak som bränsle är att dess kemiska sammansättning inte innehåller kol och att bränslet därmed inte heller genererar koldioxid vid användning ombord på fartyget. Ammoniak kan användas i dieselmotorer som är anpassade för detta men även i vissa typer av bränsleceller.

Ammoniak tar både mer plats och har lägre energidensitet än fossila marina bränslen som MGO. Volymmässigt ombord tar ammoniak ungefär lika mycket plats att lagra som LNG men har lägre energidensitet.

Den stora problematiken kopplat till ammoniak är dess toxicitet för både människor och miljö och att spill eller läckage även i små mängder kan medföra stora risker. Att använda ammoniak ombord på fartyg som bränsle kräver därmed att all hantering och alla system kan utformas säkert. I dagsläget arbetar motortillverkare som MAN med att utveckla koncept för att deras fartygsdieslar ska kunna drivas med ammoniak och de större klassningssällskapen arbetar parallellt med att ta fram klassregler för vad som ska gälla för att få sådana installationer godkända. Det kan noteras att även om ammoniak är ett farligt ämne så hanteras och transporteras även idag stora mängder ammoniak ombord på fartyg som är anpassade för detta.

Även förbränningsegenskaper för ammoniak behöver studeras vidare såsom möjliga utsläpp av lustgas (N_2O) och ammoniakläckage.

Kostnadsmissigt är förnybart producerad ammoniak idag dyrt men bedöms på sikt kunna bli ett konkurrenskraftigt bränsle av de förnybara.

Exempelvis har Maersk Line - som till stor del opererar fartyg i oceansjöfart - valt att i dagsläget lägga beställningar på fartyg som kan drivas med metanol. Samtidigt kommunicerar Maersk Line att de även ser ammoniak som ett av de möjliga och troliga fartygsbränslena för deras fartyg framöver.

5.8 Metanol

Metanol har utvecklats som fartygsbränsle under ett antal år och testats i både större och mindre fartyg över tid. Efter anpassning av fartygsmotorer för att drivas med metanol har detta visat sig vara ett väl fungerande bränsle som också ger lägre utsläpp av både kväveoxider, svavel och partiklar jämfört med traditionell marin diesel.

Metanol tar både mer plats ombord och har lägre energidensitet än fossila marina bränslen som MGO.

Idag planeras och byggs fabriker för produktion av förnybart producerad metanol avsedd att användas ombord på fartyg. I jämförelse med totalt använd mängd bunker inom sjöfarten är det fortfarande fråga om små mängder även om det idag handlar om industriell produktion.

Av de rederier som idag förbereder sig för att framöver kunna driva sina fartyg på förnybara bränslen har just metanol varit det bränsle som jämte LBM är det som oftast väljs som lösning när nya fartyg ska beställas. Samtidigt har motortillverkare kunnat erbjuda dual-fuel motorer som kan drivas med både metanol och konventionell fossil MGO.

5.9 Förnybart producerad diesel (HVO / RME)

Det rent tekniskt sett enklaste alternativet för att gå över till förnybara bränslen inom sjöfarten är att köpa in ett förnybart producerad dieselbränsle såsom HVO. Detta kan användas i befintliga fartygsdieslar i princip utan någon anpassning. HVO kan även blandas in i konventionellt fossilt fartygsbränsle som så kallat drop-in bränsle.

Problematiken med förnybart producerad diesel är kopplad till pris och tillgång. HVO kan framställas av många olika substrat, till exempel av vegetabiliska oljor eller animaliska fetter, slaktavfall och så vidare. Tillgången på dessa substrat är sammantaget begränsad varför inte heller denna typ av biodiesel kan utgöra annat än en marginell del av lösningen för att fasa ut fossila bränslen inom sjöfart. Det finns också en problematik kopplad till biodieselproduktion baserad på substrat från grödor då detta kan stå i konkurrens med matproduktion.

I princip kan produktionen av ett förnybart dieselbränsle rent tekniskt ske med olika processer baserade på vätgas och koldioxid under tillförsel av energi. Ett sådant bränsle är dock mer komplext och dyrare än de kemiskt sett enklare bränslena metanol och ammoniak. Detta gör att det prismässigt antagligen kommer att bli för dyrt med förnybart producerad diesel till större fartyg med hög förbrukning. För mindre fartyg där fartygsbränslet inte är så dominerande kostnadsmissigt, och där kostnader för hantering av bränslet står för en större del av totala driftskostnaderna, så kommer kanske priset på bränslet inte att vara lika avgörande.

5.10 Carbon Capture and Storage (CCS)

Avskiljning och lagring av koldioxid är välkänd teknik inom många olika processer och skulle också kunna vara ett sätt att minska utsläppen av växthusgaser från sjöfart. Skulle koldioxid avskiljas och tas om hand efter förbränning av fossila bränslen ombord kan växthusgaspåverkan minskas i motsvarande grad. Används bibränslen och därmed biogen koldioxid avskiljas och omhändertas kan så kallade negativa utsläpp genereras. Det finns idag inga fartyg som opereras med koldioxidavskiljning installerad ombord annat än installationer av testanläggningar, men däremot pågår utveckling inom området.

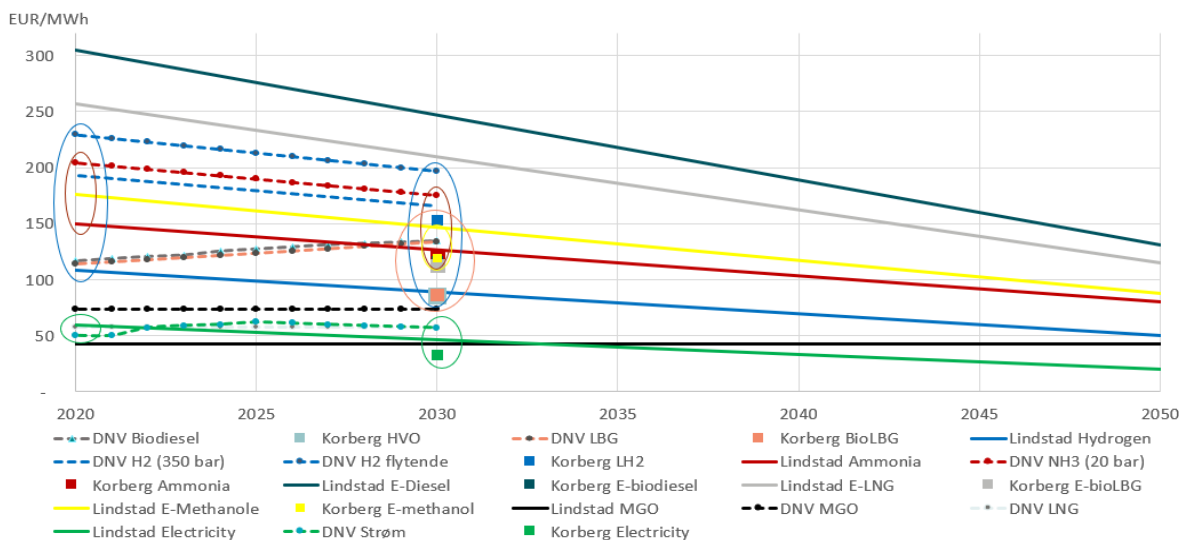
Rent teknisk och praktiskt ser det ut att gå att installera avskiljnings-, insamlings- och lagringsutrustning ombord på fartyg. Det finns flera lovande lösningar som ser ut att kunna fungera ombord, såsom absorption, kryogen avskiljning eller med membran med olika för- och nackdelar. En fråga som ser ut att kunna vara svår att lösa är dock totalkostnaden för att avskilja och lagra ombord, distribuera insamlad koldioxid och sedan permanent lagra in den i exempelvis lämplig berggrund eller i nedlagda olje- eller gasfält.

En av de faktorer som talar för att CSS kan komma att bli aktuell även inom sjöfarten är det faktum att det finns så många länder med olje- och gasfyndigheter som kommer vilja fortsätta utvinna dessa trots alla goda skäl som finns för att låta detta kol ligga kvar i marken. För att hantera den problematiken finns ett starkt tryck att hitta möjliga lösningar att kunna fortsätta utvinningen, varför det kan tänkas finnas gott om finansiering till utveckling och installation av CCS-lösningar även till sjöfarten.

Det återstår att se om CCS kommer bli en av de framtida lösningarna för att reducera växthusgasutsläpp från sjöfarten.

5.11 Kostnader för förnybara bränslen

Idag är alternativa bränslen att använda ombord på fartyg flera gånger dyrare att köpa in än tillgängliga förnybara bränslen. Kostnader för förnybara bränslen förväntas att sjunka över tid, se Figur 3. På sikt förväntas framför allt el, vätgas och ammoniak att kunna produceras och tillhandahållas till jämförelsevis konkurrenskraftiga prisnivåer.



Figur 3. Sammanställda kostnadsuppskattningar för fartygsbränslen och dess utveckling över tid (från Jivén, 2022a).

Lagring av vätgas ombord är dock plats- och kostnadskrävande, lagring av el i större mängder är också kostsamt och hantering av ammoniak är - på grund av ämnets toxicitet - förknippat med utmaningar gällande säkerhet. De totala kostnaderna för framdrift med förnybara bränslen blir en kombination av förändrade kostnader för faktorer som totalinvestering, förändrad förmåga ombord på fartyget att få plats med gods respektive passagerare, logistik och hantering av de bränsle som valts, samt kostnader för själva bränslet och kostnader förknippade med detta som utsläppsrätter, skatter och andra avgifter.

Tas hänsyn till att konventionella fossila bränslen inom EU framöver med största sannolikhet kommer att belastas med kostnader för att köpa utsläppsrätter när sjöfarten införlivas i EU:s utsläppshandelssystem EU ETS samt sannolikt även belastas med en energiskatt, så kommer också användning av fossila bränslen att fördyras. Exempel på en sådan kostnadsuppskattning ses i Figur 4 för MGO och förnybart producerad ammoniak, där det redovisade kostnadsexemplet medför att ammoniak som fartygsbränsle skulle vara konkurrenskraftigt kostnadsmissigt någon gång efter 2050. Motsvarande beräkningar visar att om förnybart producerad metan i form av LBM kan bli tillgängligt prismässigt till kostnadsnivåer som ligger i linje med produktionskostnaderna, så skulle detta i princip redan idag vara konkurrenskraftigt prismässigt i förhållande till MGO ifall det fossila bränslet belastades med kostnader för utsläppsrätter och energiskatt (ETD).



Figur 4. Exempel på uppskattad kostnadsutveckling för användning av MGO respektive förnybart producerad ammoniak efter att sjöfarten införlivats i EU ETS samt belastas med energiskatt i linje med de förslag kring förändrat Energiskattedirektiv (ETD) som förhandlas inom EU. Kostnader i EUR för en energimängd motsvarande 1 ton MGO. (Från Jivén, 2022a).

I en av OCEANS ONE och GMW Consultancy nyligen utförd studie (2022), *Fuel Strategy Advisor for MGX-24-Class Ships*, analyseras bränslekostnader för att driva stora containerfartyg med olika alternativa förnybara bränslen som metanol, ammoniak och vätgas i jämförelse med konventionella fossila fartygsbränslen. Kostnadsmässigt konstateras att förnybara bränslen förväntas kosta 2.5 till troligtvis upp mot 4 gånger mer än de fossila alternativen så som dessa kostat de senaste tio åren. Slutsatser som dras i studien är bland annat att just bränslekostnadernas andel av totala transportkostnaden kommer att öka från idag runt en tredjedel till att vara den dominerande kostnaden samt att investeringskostnaderna kommer att minska i betydelse i jämförelse med bränslekostnaderna. Slutsatser som dragits kopplat till studien är bland annat att investeringskostnaderna (CAPEX) inte längre kommer att vara lika viktiga som tillgängligheten och priserna på lämpligt förnybart producerat bränsle. Samt att det kommer att krävas samarbete och gemensamma utvecklingsprojekt för bränsleförsörjning för att få fram sådana hållbara och konkurrenskraftiga lösningar.

5.12 Faktorer som påverkar omställningens omfattning och hastighet i förhållande till tidigare omställningar inom sjöfarten

Helt avgörande för att få till omställningen mot förnybara bränslen är att få igång en fungerande marknad med efterfrågan som triggar aktörer att investera och bygga ut produktionskapaciteten för hållbara bränslen till sjöfarten. Grunden för att få till detta är att genom regleringar och/eller ekonomiska incitament se till så att det antingen blir tvingande att sluta använda bränslen som ger upphov till växthusgaser eller att det på annat sätt blir mer fördelaktigt att använda de förnybara alternativen.

Att bygga ut produktionskapacitet för produktion av förnybara bränslen i stor skala kräver tid, stora investeringar, miljötillstånd, kunskap och en tro på att det finns en avsättning för produkterna till ett rimligt pris i relation till kostnaden för framställning. En stor anläggning som kan ge stort bidrag till sjöfartssektorn i form av förnybart producerade bränslen kan idag ta storleksordningen fem till tio år från planeringsstadiet till det att anläggningen kan tas i bruk. Tiden kan kortas om det handlar om

befintliga anläggningar som byggs om, ifall exempelvis eleffekt (om sådan krävs) redan finns tillgänglig och om tillståndsprocesser kan genomföras i samförstånd utan långa överklaganden.

Kopplat till utbyggnad av produktionskapacitet för förnybara bränslen samt för att tillgängliggöra för fartyg att laddas finns det mycket som samhället kan göra.

- Från samhällets sida genom antagna strategiplaner och breda politiska överenskommelser signalera till marknaden att det finns en samsyn att det behövs produktion av hållbara och förnybara drivmedel till sjöfarten; samt att samhället kommer att verka för att sådana bränslen ska bli norm framöver. Detta för att ge aktörer som kan tänka sig att bygga och investera i produktionsanläggningar en större trygghet och därmed påskynda viljan att initiera och driva sådana projekt.
- Tydligt från samhällets sida fortsatt och konsekvent kommunicera en vilja att verka för att regler och eller incitament ska komma på plats som driver på utfasningen av de fossila bränslena och introduktionen av hållbara, förnybara drivmedel inom alla sjöfartssegment.
- För produktion av förnybara bränslen krävs för många av lösningarna såsom elektrobränslen tillgång till elektrisk effekt. På samma sätt krävs eleffekt vid kajer där fartyg ska kunna förses med landel och/eller laddas. Samhället behöver därför ta in även de behov som sjöfarten har vid planering och prioriteringar av elproduktion och infrastruktur för eldistribution.
- Genom att nationellt prioritera och peka på vikten av att få fram produktionskapacitet av alternativa bränslen och nå politiska överenskommelser kring detta kan en mängd åtgärder underlättas. Det kan handla om att peka ut områden som kan dediceras för vindkraft, att verka för att tillståndsprocesser för produktion och distribution av el och av hållbara förnybara bränslen kan förenklas och förkortas, och att tillståndsprocesser för sådan verksamhet kan förkortas i tid.
- Stötta utvecklingen av tekniska lösningar, produktionsmetoder och effektiv distribution av förnybara drivmedel. Detta kan vara i form av stöd till pilotprojekt, klimatstöd och så vidare.
- Stötta tidig produktion och användning av olika nya alternativa bränslena för att få igång fungerande marknader och att så snabbt som möjligt få in värdefull kunskap och erfarenhet av vad som fungerar bra i praktiken och vad som behöver förändras. Denna kunskap kan ge värdefull kunskap som ökar sannolikheten att större satsningar görs på de bränslen som totalt sett är mest gångbara och på effektiva och hållbara produktionsmetoder.
- Stötta forskning kring och utvärdering av förnybara bränslen till sjöfarten. Det är en stor omställning som vi står inför och det är av stor vikt att de satsningar som görs verkligen är hållbara, har så god livcykelprestanda som möjligt kopplat till en rad aspekter och kan produceras och användas till rimlig kostnad.

Under många år var konventionella fossila flytande bränslen i form av restprodukten tjockolja (HFO - heavy fuel oil) och marin gasolja (MGO – marin gas oil) helt dominerande. I samband med att regelverk som regionalt och globalt reglerar tillåten svavelhalt i bränslen fastslogs år 2008 och därefter gradvis har implementerats, tillsammans med en vilja bland vissa rederier att använda bränsle med bättre miljöprestanda, så har flytande fossil metangas (liquid natural gas – LNG) introducerats som fartygsbränsle. Här har även ett konkurrenskraftigt pris per energienhet varit en bidragande orsak till intresset för LNG. Från tiden 2008 då behovet av fartygsbränsle med lägre svavelhalt blev uppenbart på grund av nytt regelverk har LNG som fartygsbränsle utvecklats till att stå för en inte försumbar andel av de fartyg som nu projekteras (DNV, 2021b). Det första fartyget drivet med LNG som inte var ett LNG-tankfartyg var den norska färjan Glutra som togs i bruk 2000 och idag är ca 10–20 procent av fartyg i order projekterade att drivas med LNG (SEA-LNG, 2021). DNV beskriver utvecklingen som att från 2020/2021 står andelen fartyg i order för att byggas avsedda att drivas med LNG för en betydande andel av totalt projekterat bruttotonnage för första gången (DNV, 2021b).

LNG är inte ett fartygsbränsle som ensamt löser sjöfartens behov av klimatanpassning, men däremot är tiden som introduktionen tagit för att etablera LNG som ett fartygsbränsle intressant, från att ett nytt bränsle med krav på ny infrastruktur och nya rutiner för hantering och bunkring samt framtagande av ny konstruktion, design och produktion av en ny lösning som etablerar sig brett och globalt. För LNG kan tidsperioden för bränsleintroduktionen uppskattas varit i storleksordningen åtta år från det att

lösningen först introduceras till dess att det varit relativt enkelt att projektera, beställa och operera ett sådant fartyg med det nya bränslet. Från start till dess att LNG som bränsle etablerats som en spridd och signifikant del av all ny fartygsproduktion är tiden storleksordningen 15–20 år.

Det starkaste argumentet och incitamentet som drivit på utvecklingen mot fler LNG-drivna fartyg kan sägas vara att:

- Energipriset för att operera fartyg på LNG varit konkurrenskraftigt.
- En stark industri som drivit på utbyggnaden av infrastruktur som ger god tillgänglighet till det nya bränslet.
- Att övergången från HFO / MGO till LNG gett vissa miljövinster. Framst i form av minskade mängder av partikel- och svavelutsläpp samt en möjlighet, beroende på motorval, att till viss del även minska klimatpåverkan i förhållande till användandet av HFO eller MGO.
- Att EU strategiskt verkat för användande LNG och utbyggnad av infrastruktur för LNG.
- LNG-fartyg har relativt sett höga miljöprestanda och har erhållit höga poäng i index såsom ESI och CSI, vilket kan leda till viss rabatt på avgifter till stat och hamnar.

Sett ur behovet att nå en större omställning av transporter till sjöss och den nödvändighet vi idag ser att detta behöver ske fortast möjligt, är det därför intressant att titta på vilka lärdomar som kan dras från den relativt sett snabba introduktionen av LNG som fartygsbränsle.

5.13 Goda exempel och pilotprojekt

Under många år har sjöfarten haft en relativt svag utveckling mot förnybara bränslen sett till branschen som helhet. Det har funnits projekt och satsningar och nedan ges några sådana exempel med fokus på aktiviteter i Sverige och vårt närområde.

El:

- Rederiet Forsea som bedriver färjetrafik mellan Helsingör och Helsingborg där färjorna Tycho Brahe och Aurora sedan 2018 är eldrivna med batterier som laddas under varje hamnanlop.
- Den batteridrivna hybrid-arbetsbåten e-Work 2100 har i år (2021) satts i operation av Sjöfartsverket. Båten utför farleds- och konstruktionsuppgifter vid Trollhätte kanal.
- Stena Line planerar för elektrisk drift på Danmarkslinjen med två helelektriska fartyg sjösatta år 2030 för trafik mellan Göteborg och Frederikshavn.

Biogas:

- Tärntank och Furetank har bunkrat produkttankers med LBM för att visa att det går och att det är ett bränsle som fungerar inom sjöfarten.
- Destination Gotlands färjor där de nyaste LNG-drivna fartygen då de sattes i drift i princip helt drevs med fossil LNG och där man idag blandar in 10 procents förnybart producerad biogas.

Vind:

- Wallenius Marine har tagit fram koncept för att kunna ersätta merparten av framdrivningskraften med vind i form av konceptet Oceanbird där rederiet Wallenius Wilhelmsen har kommunicerat att sådana fartyg kommer att beställas och byggas. Detta med forskningsstöd från Trafikverket.

6 Utveckling av styrmedel för sjöfarten

I detta avsnitt beskrivs utvecklingen av styrmedel för att uppnå målen om kraftigt minskade växthusgasutsläpp från sjöfarten med fokus på de organ som har stor påverkan på svensk sjöfart. Utöver vad som händer inom IMO, inom EU och nationellt finns naturligtvis relevant och intressant utveckling inom andra regioner som i USA, i Asien och så vidare, vilket dock inte beskrivs i denna studie.

6.1 Arbetet inom EU

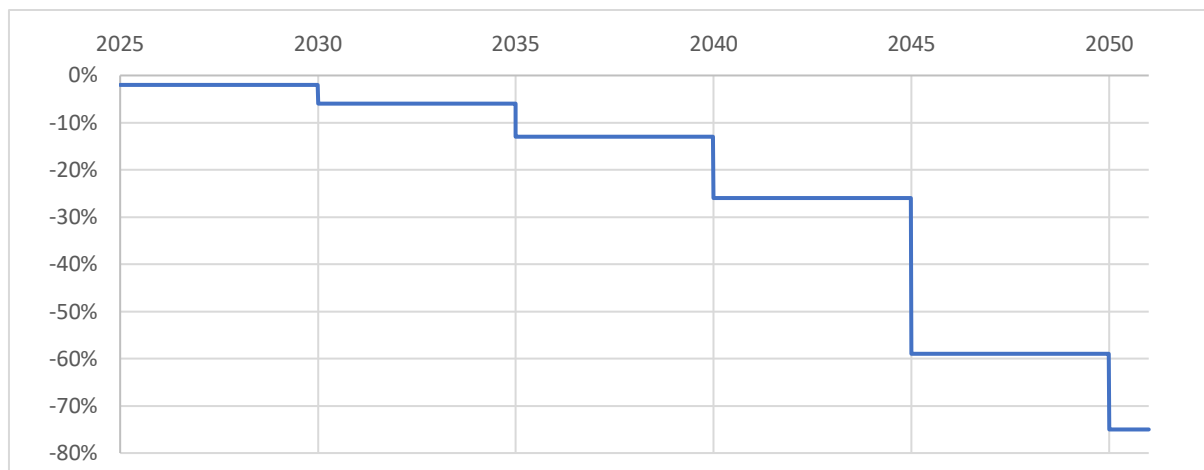
Inom EU är *European Green Deal* som antogs 2020 en hörnsten i unionens klimatarbete och innefattar bland annat målet om att unionen ska bli klimatneutral till 2050. För att lyckas med detta måste även transportsektorn vara med och bidra.

För att uppfylla målet har två stora paket lanserats. En mobilitetsstrategi, *Strategi för hållbar och smart mobilitet* med tillhörande *handlingsplan* som bland annat beskriver att alla transportslag inklusive sjöfart behöver inkluderas och att det senast 2030 ska finnas *utsläppsfria oceangående fartyg* tillgängliga på marknaden (Europeiska Kommissionen, 2020). I strategin ingick också att Kommissionen skulle arbeta fram och föreslå incitament för användning förnybara och koldioxidsnåla bränslen till sjöfart och flyg.

Det andra stora paketet, *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-procentsmålet nås (EUR, 2021). Det har ännu inte behandlats klart av rådet eller parlamentet och är alltså än så länge ett förslag. Flera delar av förslagen påverkar sjöfarten:

- 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 transporter 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.
- Förslag på en ny förordning, **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), se Figur 5. 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.
- En föreslagen omarbetning av **EU:s energiskattedirektiv** där det föreslås att även bränslen till 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.
- 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.
- Infrastrukturförordningen föreslås revideras samt att omvandla denna till ett direktiv, **Directive for Alternative Fuel Infrastructure**. Förslagen innehåller bland annat krav på att det ska tillhandahållas landel för fartyg i hamnar och medlemsländerna ska också se till att det finns bunkringsmöjligheter för LNG i hamnar.

För sjöfartens omställning är även utvecklingen av den så kallade EU Taxonomin av stor vikt. EU Taxonomin ska ge ett klassificeringssystem som ska säkerställa att investeringar som ska bidra till den hållbara omställningen faktiskt går till initiativ som är klassade som hållbara.



Figur 5. Planerade krav på utveckling av växthusgasintensiteten i bränslet relativt 2020 i enlighet med förslag till utformning av EUFuel Maritime.

Gällande förhandlingarna kopplade till EU ETS har Europaparlamentet i juni 2022 antagit en förhandlingsposition som skiljer sig i några delar i förhållande till det ursprungliga förslaget från Kommissionen. Bland annat föreslås sjöfarten att komma med i ETS ett år senare (2024) än vad som tidigare föreslagits (2023), men utan infasningsperiod utan istället med full effekt. Från 2027 föreslås att gränsen för fartygsstorlek som ska täckas av ETS ska sänkas från 5000 GT till 400 GT. Att resor ut och in ur EU ska täckas helt från 2027 samt att metan slip och kväveoxidutsläpp ska räknas in från start. Det finns nu även ett förslag att avsätta medel till en *Ocean fund* som ska stötta forskning och utveckling kopplat till sjöfart. Nästa steg är att även Europeiska rådet ska anta en förhandlingsposition varefter den så kallade trialogen³ kan inledas. De förhandlingspositioner kring ett uppdaterat ETS-direktiv innehåller även förändringar inom områden som inte direkt är relaterade till sjöfart och det är möjligt att hela processen till dess att ett omförhandlat direktiv är klart kan dröja till 2023. (DNV, 2022)

6.2 Arbetet inom IMO

Inom IMO antogs 2018 en plan för att minska sjöfartens utsläpp av växthusgaser med 50 procent till år 2050 med 2008 som basår, samt att växthusgaser ska fasas ut helt under 2100-talet. En del i detta är att 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. Planen innefattar åtgärder som skulle införas på kort, medellång och lång sikt.

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 vara. Det gäller för nya fartyg från 2013 och kraven skärps efter hand. Kraven på indexvärde är olika för olika fartygstyper och baseras på fartygens storlek. I princip är indexet mätt som beräknad mängd CO₂ som släpps ut som funktion av fartygets nominella lastkapacitet (vanligen DWT eller passagerare) multiplicerat med fartygets nominella fart, även om det finns undantag. Regelverket är utformat så att ett nytt fartyg

³ Trialog kallas den informella arbetsprocess där ministerrådet, parlamentet och EU-kommissionen försöker enas om ny lagstiftning. Därefter uppmanar parterna sina respektive huvudmän att rösta för kompromissen.

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.

SEEMP innebär att fartyg måste ha en energieffektiviseringsplan 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.

Under 2021 beslutades om flera åtgärder för medellång sikt så som **Energy Efficiency Index for Existing Ships (EEXI)**. Detta liknar EEDI fast för befintliga fartyg (byggda före 2013) oavsett ålder, och gäller för frakt- och kryssningsfartyg över 400 GT som faller under MARPOL Annex VI. Detta är en form av engångsregel. Fartyg som inte klarar EEXI kraven 2023 kommer inte att få användas.

Carbon Intensity Indicator (CII) har också beslutats och kommer att börja gälla 2023. CII är ett 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 får 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.

Till stor del kan sägas att IMO hittills fokuserat på verktyg som ställer krav på fartygens energieffektivitet. De åtgärder kopplade till energieffektivisering som beslutats av IMO innehåller krav som har krävt och kommer att kräva relativt omfattande åtgärder för såväl befintliga som kommande fartyg. Ett sådant exempel är att många äldre fartyg inte bedöms komma att uppfylla de EEXI krav som kommer att träda i kraft i början av 2023. Exempelvis har analysföretaget VesselValue bedömt i juli 2022 att 75% av de fartyg som omfattas av EEXI kraven inte kommer att uppfylla dessa utan åtgärder inom segmenten tank-, bulk- och containerfartyg (Slash247, 2022). En genomlysning på uppdrag av Transportstyrelsen som IVL utförde under 2021 visade på motsvarande problematik för svenskflaggade fartyg, där vissa av fartygen inte ens bedömdes kunna klara EEXI-kraven med omfattande åtgärder utan istället förväntades behöva skrotas ut.

Men inom IMO pågår även diskussioner om andra mer långsiktiga styrmedel, till exempel så kallade *market-based measures* (MBMs). Det finns exempelvis förslag inom IMO och en målsättning att få sådana verktyg på plats till 2030. Styrmedel som har föreslagits inkluderar avgift på marina bränslen (som t ex 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.

Mer specifikt har exempelvis olika variationer av koldioxidavgift eller skatt på bunkerbränsle, utsläppshandelssystem och begräsningar av koldioxidutsläpp från bränsle inkommit från medlemsländerna. Omfattningen och ambitionen varierar i de inkomna förslagen. Ett exempel på det senare är ett förslag från Norge (76/7/2, 2021) som innehåller ett koncept för en CO₂- eller växthusgasbegränsning på marint bränsle, som liknar de implementerade regleringarna av tillåtna svavelhalter i bränslet.

För förslagen som syftar till att sätta ett pris på CO₂ ligger designen och ambitionerna i förslagen inom ett stort intervall. Huvudskillnaden mellan en skatt och en avgift är att en skatt samlas in på nationell basis och inte kan öronmärkas för en specifik användning, medan en avgift kan tas ut via en global

myndighet och öronmärkas för att återgå till exempelvis klimatreducerande åtgärder inom sjöfarten. Ett förslag i det lägre intervallet är en avgift på 2 USD per ton CO₂ (MEPC 76/7/7) och i det högre intervallet ett förslag från Marshallöarna och Salomonöarna 2021 om en avgift på 100 USD per ton koldioxid, som förordas införas 2025 med en progressiv ökning. Den lägre koldioxidavgiften avser främst att skapa en forsknings- och utvecklingsfond för att kunna hjälpa sjöfartssektorn att ställa om, och inte att ett sådant lågt pris i sig skulle generera större klimatåtgärder. Det senare förslaget däremot avser att skapa incitament för att minska utsläppen direkt, men föreslår en fördelning av intäkterna till FoU och åtgärder för att minska klimatpåverkan och klimatanpassning.

6.3 Arbetet inom Sverige

I Sverige ingår inrikes sjöfart i klimatmålen enligt Klimatpolitiska Ramverket. Här finns etappmål till 2030 om att utsläppen från inrikes transporter (exklusive inrikes flyg) ska minska med 70 procent till 2030 jämfört med 2010 års nivåer och 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 kompensande åtgärder. Utsläpp från internationell sjöfart, definierat som utsläpp från bunkringsbränsle till internationell sjöfart, omfattas inte av målen. I det klimatpolitiska ramverket nämns att Sverige samarbetar med andra länder och med internationella organisationer för att minska utsläppen från internationell sjöfart samt att utsläpp från internationell sjö- och luftfart "måste hanteras separat" (Regeringen, 2016).

Sedan 2020 har Miljömålsberedningen haft i uppdrag att föreslå en samlad strategi och bereda mål för klimatpåverkan från svensk konsumtion, oavsett var utsläppen sker (Regeringen, 2020). I april 2022 kom ett delbetänkande som bland annat innehöll förslag med mål om att inkludera det internationella flygets och sjöfartens klimatpåverkan i Sveriges långsiktiga territoriella klimatmål.

Den svenska Regeringen gav i mars 2021 ett tiotal myndigheter i uppdrag att ta fram förslag på åtgärder till nästa klimatpolitiska handlingsplan. Förslagen ska bidra till att de nationella och globala klimatmålen nås på ett långsiktigt hållbart och kostnadseffektivt sätt. Inom ramen för detta arbete har regeringen gett Trafikanalys i uppdrag att ta fram underlag med analyser och förslag som leder till transportsektorns klimatomställning. Bland annat ska man analysera och föreslå hur befintliga styrmedel och kombinationer av dessa kan utvecklas och utforma förslag på nya styrmedel och åtgärder med fokus på regelverk eller incitament, så att etappmålet för inrikes transporter till 2030 och i princip nollutsläpp från transporter 2045 kan nås. Ett sådant delprojekt gäller just Klimatstyrmedel för sjöfarten som Trafikanalys ska rapportera i september 2022. (Trafikanalys, 2021 och Regeringskansliet, 2021).

7 Slutsatser och förslag på åtgärder

Inom alla stora omställningar och förändringar finns det företag, organisationer och länder som lyckas bättre eller sämre. I vissa fall kan framgångsrika företag eller länders branscher nästan helt försvinna på grund av att de inte hittar nya förhållningssätt till en förändrad omvärld. Klassiska exempel är det svenska företaget Facit som tillverkade mekaniska räknemaskiner som helt försvann när elektroniska miniräknare dök upp, eller den svenska varvsindustrin som inte lyckades förändra sin produktion så att den klarade konkurrensen med varv i låglöneländer.

Det kan alltså finnas både risker till förlorade affärer och möjliga marknader att producera nya tekniska lösningar och produkter kring hållbar drift av fartyg. Både i form av produkter som installeras

och behöver underhållas, men också kopplat till produktion och tillhandahållande av nya bränslen alternativt kopplat till koldioxidavskiljning.

Svenska rederier har över tid varit framgångsrika internationellt med nya revolutionerande koncept så som exempelvis utveckling av biltransportfartyg, ropaxfärjor och rorofartyg. Samma rederier som drivit sådan utveckling är även idag aktiva för att utveckla och investera i nya lösningar. Tillsammans med andra nya initiativ kan detta kan vara grunden till att bibehålla och kanske även expandera för svenska företag i en positiv framtida hållbar sjöfartsbransch. Även allt det som produceras på landsidan i form av infrastruktur, bränsleproduktion och know-how kan ge ett positivt framtida bidrag till svensk utveckling.

Men för att lyckas hävda sig internationellt i den nu förestående helt nödvändiga omställningen räcker förmodligen inte de enskilda svenska företagens resurser till. Här kan det finnas även nationella och nationalekonomiska skäl till att från samhällets sida satsa kraftigt på att stötta omställningen inom sjöfarten.

Skäl till att samhället kan tänkas att ytterligare stötta sådana satsningar är exempelvis att:

- Utvecklingen mot förnybar drift för sjöfarten är nödvändig och kommer att behöva ske. Men för att påskynda denna utveckling och behålla och stärka konkurrenskraften i vårt närområde kan samhället behöva minska risken för de aktörer som är villiga att satsa.
- Sverige är ett export- och importberoende land och helt avgörande är tillgången till effektiva och hållbara sjötransporter. I kristider är det vara avgörande att kunna säkerställa fortsatt tillgång till transporter till och från Sverige.
- Genom att gå över till förnybara energikällor där bränsleproduktionen sker i Sverige och i vårt närområde minskar vi efterfrågan på de fossila bränslen som kol, olja och naturgas som skulle behöva stanna kvar i marken samtidigt som vi och våra grannländer blir mindre beroende av import av fossil energi.
- Kunskap och erfarenhet kring förnybar energiproduktion och förnybar operation av fartyg är med stor sannolikhet en framtidsbransch som kan medföra både möjlig export av miljöteknik och kunnande och bidra till att den globala omställningen underlättas och påskyndas.
- Genom att skapa goda exempel på fungerande lösningar kan Sverige vara bidragande till att visa hur omställningen kan gå till, men också genom att bygga upp kunskap och erfarenhet vara mer effektiva i sitt pådrivande inom EU och IMO med samverkan inom branschen och med andra länder.

Kostnader för bränsle som är hållbart producerat kommer att medföra relativt stora kostnadsökningar för sjötransporter. För att inte Sverige som en export- och importberoende nation ska drabbas mer än nödvändigt kostnadsmässigt så är det viktigt att arbeta med att finna så kostnadseffektiva förnybara lösningar som möjligt i ett totalkostnadsperspektiv. Exempelvis kan långsiktiga satsningar på utbyggd biogasproduktion vara en kostnadseffektiv väg, men i Sverige med stora möjligheter till utbyggd förnybar elproduktion finns även goda förutsättningar till produktion av vätgas, metanol och ammoniak att användas som fartygsbränsle. Att på olika sätt stötta sådan utveckling och produktion i stor skala är en viktig del.

För att alla inblandade aktörer ska kunna göra välgrundade val krävs tillgång till kunskap. Ett fortsatt arbete med att analysera olika lösningar ur olika aspekter samt att tillgängliggöra sådan kunskap är viktigt för att undvika felsatsningar och öka chanserna till att hitta så effektiva och optimerade lösningar som möjligt. Det är inte högst möjligt att det kommer vara olika lösningar som passar olika bra till olika transportbehov varför även möjligheter att så enkelt som möjligt kunna testa och jämföra olika alternativa lösningar för specifika applikationer är viktigt.

Befintliga fartyg bör åtgärdsanalyseras men rent generellt är rekommendationen att dessa i många fall fortsätts drivas med befintliga framdrivningsarrangemang men med ett förnybart producerat bränsle. Fartygen kan helt säkert behöva kompletteras med energieffektiviserande åtgärder, där exempelvis

vindassisterande lösningar bör kunna vara alternativa bidrag som kan övervägas, men här behövs mer kunskap och erfarenhet.

Vid nybyggnation bör laddning och batteri vara ett förstahandsalternativ när detta är möjligt.

Vätgas och bränsleceller alternativt ammoniak och bränsleceller ser ut att i ett helhetsperspektiv vara bland de mest hållbara lösningarna som idag finns tillgängliga. Detta då inte kväveoxider och partiklar bildas i bränsleceller samt att bullernivåerna också minskar kraftigt.

Sammantaget kan nedan beskrivna områden ses som exempel på områden viktiga att arbeta med för att få upp takten och effektiviteten i sjöfartens omställning:

- Minska risken för det enskilda rederiet när det ska välja lösningar som ger minskad klimat- och miljöpåverkan. Detta kan ske genom tydlighet och långsiktighet så att den som ska ta beslut om investeringar har en större säkerhet i vad som kommer att gälla framöver. Detta kan åstadkommas genom att exempelvis så breda överenskommelser som möjligt sluts om vad som ska komma att gälla framöver. Om inte själva överenskommelserna om framtida styrmedel kan tas så kan en tydlighet från så många parter som möjligt att verka för att exempelvis utsläpp av växthusgaser ska bli förknippade med utsläppskostnader skapa en större sannolikhet för att detta kommer att infalla och företagen kan också agera på denna sannolikhet. Detta är framför allt viktigt för de fartygssegment som inte hittills täcks in av de olika åtgärderna som EU ser ut att snart enas om inom Fit for 55.
- Verka från samhällets sida för att underlätta och stödja utveckling, utvärdering, infrastruktur och produktion av nya lösningar kopplade till de alternativa bränslen som kommer att behövas. Sett till helheten ligger stora investeringar på landsidan i utbyggnad av infrastruktur för bränsleproduktion, framdragnings elkraftnät till kajer och så vidare, varför även detta behöver mycket fokus.
- Stötta forum för samverkan, kommunikation och kunskapspridning och ta fram beslutsunderlag i form av kunskap om lösningar och tydlig kommunikation från samhällets sida vad som ses som mest troliga vägval. Då omställningen behöver ske snabbt och området på många sätt är nytt och oprövat behövs också regelbundet kunskapsöversikter, sammanställningar och analyser av genomförda initiativ och fortsatt forskning och utveckling inom området. Exempel på redan befintliga sådana forum är *Lighthouse fokusgrupp Fossilfri sjöfart* och det danska initiativet *Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping*.
- Arbeta vidare med och kommunicera strategier och policys. Här är samhällets tydlighet kring elektrifiering, EU:s, Sveriges och andra organisationers tydlighet kring vätgassatsning bra exempel på initiativ som underlättar för rederier och andra parter att göra genomtänkta val.
- Finansieringsmodeller. Att genom inblandning från samhället se till att företagsekonomiskt och samhällsekonomiskt lönsamma investeringar kan finansieras med lika bra eller bättre villkor som övriga investeringar i fartyg. Rederier nämner exempelvis i en nyss genomförd intervjustudie (Transportstyrelsen, 2021) att det skulle underlätta om det vid gröna investeringar skulle vara möjligt att belåna en större del av fartyget och ta gröna topplån. Leasing kan också vara en framkomlig väg där rederier kan frigöra kapital och minska risker genom att hyra utrustning anpassad för alternativ framdrift för installation ombord eller exempelvis laddinfrastruktur på land.
- Stöd till omställning i form av exempelvis pilotstöd eller stöd till klimat- och miljöinvesteringar så som Klimatklivet och EU-fonden för ett sammanlänkat Europa (CEF). Detta kommer att behövas till dess att andra ekonomiska incitament blivit så starka att omställningen drivs av dessa. Finansieringen av stödsystemen skulle kunna komma från generella miljö- och klimatavgifter och utformas som ett bonus-malus system där pengarna omfördelas inom men stannar kvar i branschen.
- Fortsatt verka för att internationellt harmoniserade krav och incitament införs. Detta kan ske genom att verka för att Sverige och EU går före, vilket även kan ge IMO incitament att införa globala regleringar. Inom framför allt IMO kan Sverige ta en aktiv roll och i samverkan med länder med liknande agenda ta fram underlagsmaterial och förslag och genom argumentation verka för verksamma incitament och regleringar.
- Verka för att incitament i form av avgifter blir konkurrensneutrala så att inte inhemsk industri missgynnas och konkurreras ut av företag som verkar från länder med lägre miljö- och klimatkrav.

7.1 Förslag på styrmedel

Som beskrivits i avsnittet 6. *Utveckling av styrmedel för sjöfarten* så är det mycket som nu är på gång gällande styrmedel inom IMO men kanske främst inom EU. Även om kraftfulla styrmedel såsom införlivande av sjöfarten i EU:s utsläppshandelssystem ETS samt förväntad kommande beskattning av marina bränslen förväntas göra stor skillnad, finns segment inom sjöfarten som fortfarande till stor del inte helt omfattas av dessa styrmedel. Mindre fartyg, fiskefartyg, statsfartyg med flera kommer att behöva regleras separat. Här har Sverige nationellt möjligheten att verka inom exempelvis EU och IMO men även att införa nationella styrmedel.

Det finns sammantaget många olika åtgärder som Sverige nationellt kan genomföra även om vissa är mer eller mindre komplexa på grund av juridisk rådighet, statsstödsregler, effektivitet eller helt enkelt bedöms som för kostsamma för samhället för att kunna införas.

Då utveckling av nya styrmedel ofta tar lång tid är det viktigt att agera i tid men också tydligt kommunicera till marknaden vilka mål som man vill uppnå.

De styrmedel som bedöms som mest möjliga för Sverige att införa nationellt är:

1. Nationella incitament för ökad användning av el vid kaj
2. Nationell reduktionsplikt för marina bränslen
3. Klimatinvesteringsstöd till fartyg, infrastruktur och produktion av bränsle
4. Klimatkrav på myndigheters fartyg samt av staten upphandlad sjötrafik

Fördjupade analyser av dessa styrmedel finns i den nyligen publicerade studien Fridell (2022).

Sverige bedöms ha rådighet för dessa fyra styrmedel som diskuteras här, även om statsstödsundantag från EU krävs i flera fall. Investeringsstöd eller till exempel skattelättnader innebär en kostnad för staten (det senare genom minskade intäkter), vilket krav inte gör.

Sjöfartens internationella karaktär och förhållandet till internationella regler och överenskommelser medför ofta en komplexitet när mer kraftfulla nationella styrmedel ska införas, vilket generellt sett kräver samordning med EU och andra länder.

Nationella incitament för ökad 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. Detta då det idag kan vara dyrt att använda el till fartyg på grund av anslutningsavgifter, effekttariffer och skatter. 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. Här kan styrmedel tänkas gälla för de mindre fartyg och för de fartygstyper som inte innefattas av Fit for 55.

Nationell reduktionsplikt för marina bränslen

För att öka användningen av förnybart bränsle i den del av sjöfarten som inte kommer att omfattas av den utökade utsläppshandeln inom EU kan reduktionsplikten i Sverige utökas till de bränslen som inrikes sjöfart använder. Reduktionsplikt kan då också gälla för märkt diesel samt LNG för marint

bruk. Då innefattas stora delar av den inrikes yrkessjöfarten, dock inte fiskeflottan. Diesel för fritidsbåtar är redan inkluderade i reduktionsplikten.

Med reduktionsplikt menas att drivmedelsleverantörer ska minska växthusgasutsläppen från det fossila drivmedlet genom att blanda förnybart bränsle där växthusgasprestanda räknas utifrån ett livscykelerspektiv. I jämförelse med kvotplikt gynnar reduktionsplikt biodrivmedel som har god klimatprestanda ur ett livscykelerspektiv.

Biojetutredningen (SOU 2019:11) bedömde exempelvis att det lämpligaste styrmedlet för att öka användningen av biodrivmedel för flyg i Sverige var en reduktionsplikt för flygfotogen. Även för drivmedel till yrkessjöfarten finns internationella avtal som förhindrar miljöbeskattning av flygbränsle. På samma sätt som för flyget där en reduktionsplikt för flygfotogen införts i Sverige kan Sverige införa en reduktionsplikt för marina bränslen för den andel som bunkras i Sverige. Om det blir stora prisskillnader mellan marint drivmedel i Sverige och i angränsande länder kan undantag behöva gälla vid utrikestransporter.

Klimatinvesteringsstöd till fartyg, infrastruktur och produktion av bränsle

Tanken med att införa statligt stöd i form av direkta investeringsstöd till ombyggnation eller nybyggnation av fartyg och produktion av förnybart marint drivmedel är att påskynda klimatomställningen. Ett sådant stöd behöver ta hänsyn till de begränsningar som EU:s statsstödsregler ger. Stöd skulle exempelvis kunna omfatta och ges till tydliga miljöförbättringar som, retrofit av motorer, byggnation av produktionsanläggningar för tillverkning av fartygsbränsle.

Stödet skulle kunna ges genom att befintliga stödformer som Klimatklivet och Industriklivet anpassas till att fungera för sjöfartens aktörer eller genom en särskild stödförordning. Värt att notera är att Industriklivet sedan 2021 redan omfattar biodrivmedel och vätgasproduktion. Även olika typer av innovations- och utvecklingsstöd för mer miljövänlig fartygsteknik kan behövas.

Gällande stöd för investeringar i fartyg kan det finnas svårigheter att säkerställa att dessa fartyg också används i sjöfart kopplat till Sverige då det finns en risk att fartyg som fått stöd flyttas till andra marknader. Samtidigt kan det vara komplicerat att hitta en konstruktion som blir godtagbar utifrån EU:s statsstödsregler om investeringsstöden är omfattande och enbart gäller för svensk sjöfart. Ett investeringsstöd blir en kostnad för staten.

Klimatkrav på myndigheters fartyg samt av staten upphandlad sjötrafik

Av staten offentligt upphandlad sjöfart utgör en betydande del av inrikes sjöfart (50 %), vilket gör att åtgärder kan ge betydande minskningen av växthusgasutsläpp inom detta segment. Regeringen ger redan idag myndigheterna direktiv om att arbeta med att minska klimatutsläppen från de fartyg som myndigheten själv äger eller använder. Trafikverket och Sjöfartsverket kan också när de köper fartyg eller avtalar om att viss trafik ställa klimatkrav. Redan idag ställs vissa klimatkrav på upphandlad persontrafik, främst Gotlandstrafiken, och det pågår också arbete med klimatanpassning av fartygsflottor i statlig regi.

Det går också att vid offentlig upphandling underlätta att ställa krav som exempelvis kan baseras på miljöindex eller andra bedömningssystem. Hösten 2021 togs ett förslag fram om lagändring som skulle medföra att bland annat klimathänsyn ska tas vid alla offentliga upphandlingar. Förslaget har varit på lagrådsremiss men har ännu inte lagts fram för beslut (Ds. 2021:31).

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.

Referenslista

ABS, 2022, *Setting the Course to Low Carbon Shipping: Zero Carbon Outlook*

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*. Lighthouserapport. https://lighthouse.nu/wp-content/uploads/2022/03/FS18_2021-Safe-Hydrogen-Installation-on-board-online.pdf

Clarksons Research, 2014, *Demolition Levels Still Coming Into Profile*, <https://clarksonresearch.wordpress.com/2014/09/12/demolition-levels-still-coming-into-profile/>

DNV, 2021 a, *LNG as a marine fuel*, <https://www.dnv.com/maritime/insights/topics/lng-as-marine-fuel/market-update.html>

DNV, 2021 b, *Maritime forecast to 2050 - Energy transition outlook 2021*, <https://eto.dnv.com/2021/maritime-forecast-2050/about>

DNV, 2021c, *Handbook for Hydrogen-fuelled Vessels*, <https://www.dnv.com/maritime/publications/handbook-for-hydrogen-fuelled-vessels-download.html>

DNV, 2022, *Maritime impact, a DNV podcast*, 19 juli 2022. <https://www.dnv.com/expert-story/maritime-impact/what-is-the-status-of-the-EUs-Fit-for-55-package.html>

Europeiska Kommissionen, 2020, *Strategi för hållbar och smart mobilitet – att sätta EU-transporterna på rätt spår för framtiden*, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5e601657-3b06-11eb-b27b-01aa75ed71a1.0014.02/DOC_1&format=PDF

European Commission, 2021 a, *COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT IMPACT ASSESSMENT REPORT - Accompanying the document - 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, SWD(2021) 601 final, PART 1-4

European Commission. (2021 b). *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*.

Fridell E., Hansson J., Jivén K., Styhre L., Romson Å, Parsmo R., 2022, *Studie på sjöfartsområdet - Styrmedel och scenarier för sjöfartens omställning*, On behalf of the Swedish Energy Administration, Report number: C665

IMO, 2021, *Fourth IMO GHG Study 2020*

Jivén K, Mellin A., Styhre L., Garme K., 2020, *Fossilfri kollektivtrafik på vatten - hinder och möjligheter för färjor med hög miljöprestanda*, https://www.lighthouse.nu/sites/www.lighthouse.nu/files/fs3_fossilfrikollektiv_pa_vatten.pdf

Jivén K., Cullinane K., Yang L. J., Andersson C., 2022 a, *Costs for decarbonising shipping, An impact study for shipping companies and Swedish business*, På uppdrag av Lighthouse, Planeras att publiceras augusti 2022.

Jivén, K., Anders Hjort A., Malmgren E., Persson E., Brynolf S., Lönnqvist T., Särnbratt M., Mellin A., 2022 b. *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/>

Wråke M., Karlsson K., Kofoed-Wiuff A., Folsland Bolkesjø T., Lindroos T. J., Hagberg M, Bosack Simonsen M., Unger T, Tennbakk B, Ogner Jåstad E., Lehtilä A, Putkonen N, Koljonen T., 2021, *Nordic Clean Energy Scenarios - Solutions for Carbon Neutrality*, Nordic Energy Research.

MAN, 2022, Lifecycle Upgrade Prepares Engines for Climate-Neutral Operation, Press release published Thursday, July 21, 2022. <https://www.man-es.com/company/press-releases/press-details/2022/07/21/lifecycle-upgrade-prepares-engines-for-climate-neutral-operation>

Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping, 2022, *Determining the impact of onboard vessel and role emission reduction - An introduction to onboard emission sources, main risks, and solution mapping*, June 2022. <https://www.zerocarbonshipping.com/publications/determining-the-impact-and-role-of-onboard-vessel-emission-reduction/>

OCEANS ONE och GMW Consultancy, 2022, Fuel Strategy Advisor for MGX-24-Class Ships, <https://oceansone.de/#>

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>

Regeringskansliet, 2021, *Myndigheter ska ta fram förslag till Sveriges klimatarbete*, <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2021/03/myndigheter-ska-ta-fram-forslag-till-sveriges-klimatarbete/>

SEA-LNG, 2021, *Global fleet, The number of vessels using LNG as a marine fuel is growing rapidly*, <https://sea-lng.org/why-lng/global-fleet/>

Splash247, 2022, *More than 75% of all tankers, bulkers and containerships not EEXI compliant*. <https://splash247.com/more-than-75-of-all-tankers-bulkers-and-containerships-not-eexi-compliant/>

Styhre L., Jivén K., Garme K., 2022, *Förnybara drivmedel för färjor i kollektivtrafik*, f3 rapport f3 01:2022, <https://f3centre.se/sv/forskningsprojekt/fornybara-drivmedel-for-farjor-i-kollektivtrafik/>

Svensk Sjöfarts Tidning, 2021, Stena Elektra blir verklighet – kan beställas 2025, Publicerad 4 feb 2021. <https://www.sjofartstidningen.se/stena-elektra-kan-bestallas-om-fyra-ar/>

Trafikanalys, 2021, *Uppdrag om styrmedel för transportsektorn* <https://www.trafa.se/etiketter/transportovergripande/klimatuppdrag-12168/>

Trafikverket, 2022, *Färjerederiets vision, verksamhetsidé och affärsplan*. <https://www.trafikverket.se/om-oss/var-verksamhet-vision-och-uppdrag/farjerederiets-vision-verksamhetside-och-affarsplan/>

Transportstyrelsen, 2021, *Kalkylen måste gå ihop, En rapport om rederiers syn på sina finansieringsmöjligheter i arbetet för en grönare sjöfart*, Dnr TSS 2021-2360

UNCTAD, 2020, *Review of Maritime Transport 2020*, https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2020_en.pdf

Wallenius Wilhelmsen, 2022, *Royal interest in Orcele Wind – a real climate solution?*, 5 May 2022. <https://www.walleniuswilhelmsen.com/news/royal-interest-in-orcelle-wind-a-real-climate-solution>

Winnes H., Fridell E., Hansson J., Jivén K., 2019, *Biofuels for low carbon shipping*, Triple F Report number 2019. 9.1.21c, http://triplef.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/biofuels_for_low_carbon_shipping_0.pdf

Worldbank, 2020, *Carbon Pricing Dashboard – GHG Emission Coverage*, https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data Nedladdat: 2021-03-19.

Ministry of Ecology and Environment (2021) [Emission allowances to start e-trading soon \(mee.gov.cn\)](http://mee.gov.cn).

IMO, 2018. *Note by the International Maritime Organization to the UNFCCC Talanoa Dialogue 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*. International Maritime Organization.

SPLASH247 (2021), *China looks at adding shipping to the world's largest emissions trading scheme*, March 9, 2021. <https://splash247.com/china-looks-at-adding-shipping-to-the-worlds-largest-emissions-trading-scheme/>