



**CHALMERS**

# Reducering av koldioxidutsläpp inom shipping

En kartläggning och jämförelse av tekniker och strategier

Kandidatarbete inom Industriell ekonomi

JONATHAN BÖRJESSON  
TOMISLAV LASTRO  
SEBASTIAN SAMUELSSON

FILIP KÄLLVIK  
KARL LÉNBERG  
VIKTOR WIRÉN

**INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
AVDELNINGEN FÖR SERVICE MANAGEMENT AND LOGISTICS**

---

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2021  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)  
Kandidatarbete TEKX04-21-13



# Reducering av koldioxidutsläpp inom shipping

En kartläggning och jämförelse av tekniker och strategier

Reduction of carbon dioxide emissions in shipping

A mapping and comparison of technologies and strategies

JONATHAN BÖRJESSON  
TOMISLAV LASTRO  
SEBASTIAN SAMUELSSON

FILIP KÄLLVIK  
KARL LÉNBERG  
VIKTOR WIRÉN

Reducering av koldioxidutsläpp inom shipping  
En kartläggning och jämförelse av tekniker och strategier

JONATHAN BÖRJESSON  
TOMISLAV LASTRO  
SEBASTIAN SAMUELSSON

FILIP KÄLLVIK  
KARL LÉNBERG  
VIKTOR WIRÉN

© JONATHAN BÖRJESSON, 2021  
© TOMISLAV LASTRO, 2021  
© SEBASTIAN SAMUELSSON, 2021

© FILIP KÄLLVIK, 2021  
© KARL LÉNBERG, 2021  
© VIKTOR WIRÉN, 2021

Kandidatarbete TEKX04-21-13  
Teknikens ekonomi och organisation  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Göteborg, Sverige 2021  
Gothenburg, Sweden 2021

Reduction of carbon dioxide emissions in shipping  
A mapping and comparison of technologies and strategies

JONATHAN BÖRJESSON      FILIP KÄLLVIK  
TOMISLAV LASTRO          KARL LÉNBERG  
SEBASTIAN SAMUELSSON    VIKTOR WIRÉN

Department of Technology Management and Economics  
Chalmers University of Technology

## SUMMARY

Shipping has for a long time been important for development and economic success and it is one of the most energy-efficient approaches to transport in terms of energy per tonne-kilometer. On the other hand, direct carbon dioxide emissions from maritime transport have increased as the volumes of freight transported have increased globally. To counteract this trend, both the International Maritime Organization (IMO) and the European Commission have set goals. To achieve these goals, there are a number of different technologies and strategies that can be implemented. This thesis therefore aims to contribute to a solution to this environmental problem by mapping, evaluating and comparing these technologies and strategies that can be used in the long term in the shipping industry.

The study is based on five interviews - where shipping companies, their customers, and an external player to the shipping industry were interviewed to gather insights and perspectives from different types of stakeholders. From these interviews, it was found that there are four stakeholders who have a greater influence in reducing carbon dioxide emissions; shipping companies, financiers, authorities and customers. The study is also based on a literature study that has provided in-depth knowledge of technologies and strategies that can be used to reduce carbon dioxide emissions in shipping. The approaches for reducing carbon dioxide emissions that are evaluated in this thesis are slow steaming, voyage optimization, liquefied natural gas, biofuels, hydrogen gas, carbon capture and storage, electrification and shore side electricity. These approaches are then compared and evaluated according to three parameters: impact on carbon dioxide emissions, economic impact and the degree of maturity.

The study shows that several technologies can, and should be combined in order to ensure the biggest possible reduction of carbon dioxide. The comparison of technologies and strategies shows that the shipping industry should explore the possibilities of implementing biofuels or LNG, preferably in combination with slow steaming and voyage optimization.

Keywords: Shipping, carbon dioxide, stakeholders, strategies, technologies, slow steaming, voyage optimization, liquefied natural gas, biofuels, hydrogen, carbon capture and storage, electrification, shore side electricity.

Note: The report is written in Swedish.

## SAMMANFATTNING

Sjöfart har under en längre tid varit betydelsefull för utveckling och ekonomisk framgång, och är en av de mest energieffektiva tillvägagångssätten för transport när det gäller energi per tonkilometer. Däremot har de direkta koldioxidutsläppen från sjötransport ökat i takt med att volymerna av fraktat gods ökat globalt. För att motverka denna trend har både International Maritime Organization (IMO) och den Europeiska kommissionen satt upp olika mål. För att uppnå dessa mål finns det ett flertal olika tekniker och strategier som kan implementeras. Detta arbete syftar därför till att bidra med en lösning till detta miljöproblem genom att kartlägga, utvärdera och jämföra dessa tekniker och strategier som kan användas på sikt inom shippingbranschen.

Studien baseras på fem intervjuer, där shippingbolag, deras kunder och en extern aktör till shippingbranschen intervjuats för att samla insikter och perspektiv från olika sorters intressenter. Ur dessa intervjuer konstaterades det att det finns fyra intressenter som har ett större inflytande på arbetet för att minska koldioxidutsläpp; shippingbolag, finansierare, myndigheter och kunder. Studien baseras även på en litteraturstudie som tillhandahållit fördjupade kunskaper kring tekniker och strategier som kan användas för att minska koldioxidutsläpp i shipping. De tekniker och strategier för reduktion av koldioxidutsläpp som utvärderas i arbetet är slow steaming, färdoptimering, liquefied natural gas, biobränslen, vätgas, carbon capture and storage, elektrifiering och shore side electricity. Dessa tekniker och strategier jämförs och utvärderas sedan utefter tre parametrar: påverkan på koldioxidutsläpp, ekonomisk påverkan samt mognadsgrad.

Studien visar att flera tekniker kan och bör kombineras för att ge en så stor reduktion av koldioxidutsläpp som möjligt. Jämförelsen av tekniker och strategier visar att shippingindustrin bör utforska möjligheterna till att implementera biobränslen eller LNG, förslagsvis i kombination med slow steaming och färdoptimering.

Nyckelord: Shipping, koldioxidutsläpp, intressenter, strategier, tekniker, slow steaming, färdoptimering, liquefied natural gas, biobränslen, vätgas, carbon capture and storage, elektrifiering, shore side electricity.

Notera: Rapporten är skriven på svenska.



# FÖRORD

Detta kandidatarbete har genomförts under våren 2021 vid avdelningen för Service Management and Logistics på institutionen Teknikens ekonomi och organisation på Chalmers tekniska högskola i Göteborg, Sverige. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och är den avslutade delen av kandidatexamen vid industriell ekonomi och maskinteknik.

Vi vill rikta ett tack till alla de personer som valt att ställa upp på intervjuer under arbetets gång, där ni bidragit med värdefull kunskap och perspektiv. Detta har hjälpt oss att få en förståelse för en väldigt intressant bransch, och utan er hade denna rapport inte varit möjlig.

Slutligen vill vi rikta ett stort tack till vår handledare Dan Andersson, docent inom logistik och transport och enhetschef på avdelningen Service Management and Logistics, för hans vägledning, expertis och uppmuntran vilken varit ovärderligt för detta arbete.

Tack!



# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b>	<b>1</b>
1.1. Bakgrund	1
1.1.1. Rådande koldioxidutsläpp och klimatförändringar	1
1.1.2. Sjötransportens roll i den globala ekonomin	2
1.1.3. Sjötransportens koldioxidutsläpp	2
1.2. Syfte	3
1.3. Problemformulering och frågeställningar	4
1.4. Arbetets koppling till Agenda 2030	5
<b>2. Metod</b>	<b>7</b>
2.1. Databesamling	7
2.1.1. Intervjustudie	7
2.1.2. Litteraturgenomgång	9
2.2. Analysmetodik	10
2.3. Metodkritik	11
<b>3. Resultat</b>	<b>12</b>
3.1. Intressen inom shippingbranschen	12
3.1.1. Shippingbolag	12
3.1.2. Finansiärer	14
3.1.3. Myndigheter	14
3.1.4. Kunder	15
3.2 Referensram för jämförelse av tekniker och strategier	16
3.3. Tekniker och strategier för reduktion av koldioxidutsläpp	17
3.3.1. Slow steaming	17
3.3.2. Färdoptimering	19
3.3.3. Liquefied natural gas	22
3.3.4. Biobränslen	23
3.3.5. Vätgas	25
3.3.6. Carbon capture and storage	26
3.3.7. Elektrifiering	28
3.3.8. Shore side electricity	29

<b>4. Diskussion</b>	<b>31</b>
4.1. Teknikernas och strategiernas påverkan på koldioxidutsläpp	31
4.2. Teknikernas och strategiernas ekonomiska påverkan	33
4.3. Teknikernas och strategiernas mognadsgrad	36
4.4. Studiens relevans och vidare efterforskning	39
<b>5. Slutsats</b>	<b>41</b>
<b>Källförteckning</b>	<b>43</b>
<b>Bilagor</b>	<b>1</b>
Bilaga 1. Intervjumall för shippingbolag	1
Bilaga 2. Intervjumall för kundbolag	3
Bilaga 3. Intervjumall för extern aktör	4

# 1. Inledning

Kapitlet inleds med en bakgrund som beskriver shippingindustrin samt dess koldioxidutsläpp. Detta avsnitt syftar till att ge läsaren den information som behövs för att förstå innehållet i rapporten. Inledningen motiverar även det syfte som studien avser att uppfylla, det vill säga att beskriva de problem som studien ämnar att lösa.

## 1.1. Bakgrund

Nedan följer en presentation av vilken inverkan rådande koldioxidutsläpp samt klimatförändringar har på miljön, samt vilken koppling shippingbranschen har till denna klimatförändring. Dessutom beskrivs shippingbranschens roll i den globala ekonomin, samt hur sektorn har utvecklats de senaste åren.

### 1.1.1. Rådande koldioxidutsläpp och klimatförändringar

De senaste åren har klimatförändringar nått nivåer som sätter de ekologiska grunderna för mänskligt liv och naturliga stödsystem i fara (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Vissa källor anser till och med att mängden föroreningar på jorden är den största faran för mänskligheten globalt (Landrigan et al. 2018). Naturskyddsföreningen (2021) beskriver även att följderna av dessa förändringar påverkat 80 % av alla ekologiska system på jorden. Att fortsätta överskrida de ekologiska gränserna kommer därmed ha en negativ påverkan på mänskligheten. (Crutzen och Stoermer, 2000; Crutzen, 2002; Steffen, Crutzen och McNeill, 2007; Steffen et al., 2011; Steffen et al., 2015; Steffen et al., 2018).

International Energy Agency (IEA) (2020) pekar på att den globala efterfrågan på energi har minskat med 3,8 % under första kvartalet (Q1) år 2020 relativt Q1 under 2019. Vidare rapporterar IEA (2020) att efterfrågan på olja har minskat med 5 % på grund av restriktioner inom exempelvis resor, samt att efterfrågan på kol minskat med nästan 8 % från 2019. Den avtagande efterfrågan på energi har i sin tur lett till en reduktion av koldioxidutsläpp på mer än 5 % från Q1 2019 till Q1 2020, en kraftigare minskning än vad som tidigare uppmätts (IEA, 2020). På grund av den avtagande efterfrågan på energi förväntades utsläppen av koldioxid fortsätta minska över Q2, Q3 och Q4 under 2020 till 30,6 gigaton (IEA, 2020). Rapporten som innehåller

de faktiska siffrorna på hur mycket koldioxid som släpptes ut 2020 har inte publicerats vid den tidpunkt som detta arbetet skrivs, vilket är anledningen till att förväntningar anges. 30,6 gigaton hade varit ungefär 8 % mindre än 2019, vilket skulle vara den minsta mängden koldioxidutsläpp sedan 2010 tillika största minskningen någonsin på hela 2,6 gigaton koldioxid (IEA, 2020). Värt att notera är också att efterfrågan på förnybar energi under perioden ökade med cirka 1,5 % (IEA, 2020) vilket kan tyda på att hållbara strategier värderas högre än tidigare.

### 1.1.2. Sjötransportens roll i den globala ekonomin

Sjöfarten har under en längre period varit betydelsefull för utveckling och ekonomisk framgång (Europeiska kommissionen, 2015). Tre fjärdedelar av interkontinentala godstransporter sker med hjälp av sjöfart vilket innebär att shippingbranschen spelar en viktig roll i global ekonomi och sysselsättning (Europeiska kommissionen, 2015). Enligt FN:s konferens om handel och utveckling (UNCTAD) har sektorn drabbats hårt under 2020, vilket till stor del beror på COVID-19 (UNCTAD, 2020). Sjöhandeln som beräknats öka 3,5 % föll istället med 4,1 %, siffror som inte setts sedan finanskrisen 2008 (UNCTAD, 2020). UNCTAD (2020) beräknar dock en återhämtning under 2021, där sjöhandeln estimeras öka med upp till 4,8 %. Detta tyder på att sjötransporter fortsatt kommer att utföras i stor skala och således ge upphov till stora mängder koldioxidutsläpp. UNCTAD (2020) anser att sjöhandeln kommer spela en väsentlig roll för den ekonomiska återhämtningen givet att branschen kan ställa om och vara väl förberedd för framtidens utmaningar. För att åstadkomma detta behöver sektorn dock fortsätta utvecklas (UNCTAD, 2020).

### 1.1.3. Sjötransportens koldioxidutsläpp

Shipping är det mest energieffektiva transportsättet räknat till energi per tonkilometer, men de direkta koldioxidutsläppen från sjötransport har ökat väsentligt i takt med att volymerna av gods ökat globalt (IEA, 2020). År 2012 stod sjötransport för utsläpp av 962 miljoner ton koldioxid (IMO, 2020). År 2018 hade den siffran växt med 9,3 % till 1 056 miljoner ton vilket motsvarar 2,89 % av de totala antropogena koldioxidutsläppen (IMO, 2020). Detta stora utsläpp beror främst på förbränningen av bränsle på fartygen där 79 % av dessa drivs av Heavy Fuel Oil (HFO) (IMO, 2020). I nuläget finns indikationer som pekar på att denna uppåttrend av växthusgasutsläpp kommer fortsätta fram till 2050 (IMO, 2020).

Flera olika parametrar påverkar mängden koldioxid som ett fartyg släpper ut (UNCTAD, 2020). Några av dessa är fartygets typ, hastighet, storlek, skrovdesign samt bränsletyp (UNCTAD, 2020). Fartyg av modernare typ har även blivit mycket effektivare än dess föregångare, framförallt containerfartyg (UNCTAD, 2020). Genom att sänka drifhastigheten har koldioxidutsläppen från dessa fartyg minskat drastiskt per levererad vara (UNCTAD, 2020). Mellan 2011 och 2019 ökade lastkapaciteten med 4 % medan de totala utsläppen ökade med 2 % (UNCTAD, 2020). Även lastkapaciteten hos tank- och bulkfartyg har växt snabbare än mängden utsläpp, tankfartyg har växt 38 % respektive 19 % och bulk har växt 51 % respektive 17 % (UNCTAD, 2020). Trots denna ökade effektivitet behöver både nuvarande bränsle- och motortekniker utvecklas för att nå målen uppsatta av EU och IMO (UNCTAD, 2020).

År 2018 beslutade medlemmarna av International Maritime Organization (IMO) att växthusgasutsläpp från sjötransport skulle minska med minst 50 % innan år 2050 (IMO, 2020). För att åstadkomma detta föreslog International Chamber of Shipping en forskning- och utvecklingsfond (IMO, 2020). Finansiering av fonden sker genom en avgift på 2 USD per ton marint bränsle och beräknas uppgå till 5 miljarder USD efter tio år (UNCTAD, 2020). Denna satsning ligger även i linje med Europeiska kommissionens målsättning om att minska utsläppen av växthusgaser från transporter med 60 % jämfört med 1990 års nivåer (Europeiska kommissionen, 2021). Ett av delmålen till denna satsning, som också ska uppnås innan år 2050, är att minska koldioxidutsläppen från sjöfartens HFO med 40 %, exempelvis genom att substituera HFO mot ett mer klimatanpassat bränsle (Europeiska kommissionen, 2021).

## 1.2. Syfte

Rapporten syftar till att kartlägga tekniker och strategier som kan reducera koldioxidutsläppen inom shipping. Parametrar som är relevanta för att jämföra för- och nackdelar med dessa tekniker och strategier ska identifieras med hjälp av intressenter inom branschen. Detta ämnar att resultera i en rekommendation för hur shippingbolag kan minska sina koldioxidutsläpp.

### 1.3. Problemformulering och frågeställningar

För att få en tydligare bild av branschens arbete med koldioxidutsläpp, behöver intressenter som har en signifikant inverkan på detta arbete identifieras. Beroende på vilken roll intressenten har i branschen kan deras intressen och värderingar variera. För att få en helhetsbild behöver därför intressenterna samt dess intressen jämföras med varandra. På grund av detta har följande frågeställning tagits fram.

- Vilka intressen har de intressenter som har en signifikant påverkan på arbetet med att minska shippingbranschens koldioxidutsläpp?

För att kunna jämföra tekniker och strategier som kan minska koldioxidutsläpp inom shipping behöver det göras en utförlig kartläggning. Kartläggningen är nödvändig för att ge en helhetsbild av nuvarande situation, men även för att ge indikationer för hur branschen utvecklas. Likaså behöver det undersökas hur dessa tekniker och strategier kan implementeras och om det finns hinder för implementering. Detta behöver tas fram för att få en precis bild av teknikerna och strategierna, då det måste vara motiverbart för företag att implementera dessa i sin verksamhet. På grund av detta har följande frågeställning tagits fram.

- Vilka tekniker och strategier finns det som kan minska utsläppen av koldioxid inom shippingbranschen?

Eftersom en jämförelse av tekniker och strategier kan baseras på flera olika parametrar, är det av yttersta vikt att detta utförs utifrån de parametrar som intressenter inom shippingbranschen finner relevanta. Därför behöver dessa parametrar hittas och specificeras, med hjälp av intressenterna som identifierats, för att sedan kunna användas som en referensram vid jämförelsen. På grund av detta har följande frågeställning tagits fram.

- Utifrån vilka parametrar bör dessa tekniker och strategier jämföras mot varandra?

Efter att parametrar identifierats är det väsentligt att dessa används för att jämföra för- och nackdelar med respektive teknik och strategi. Detta för att ett så relevant och precist resultat som möjligt ska erhållas från jämförelsen. På grund av detta har följande frågeställning tagits fram.

- Vilka för- och nackdelar finns med dessa tekniker och strategier, med utgångspunkt i de identifierade parametrarna?

## 1.4. Arbetets koppling till Agenda 2030

Agenda 2030 är en handlingsplan som tagits fram av FN, och syftar till att uppnå en hållbar utveckling i all dess mening; socialt, ekonomiskt och miljömässigt (Förenta nationerna, 2015). Som en vital del i agendan har FN satt upp 17 mål och 169 delmål (Förenta nationerna, 2015). Nedan beskrivs de FN-mål som har störst koppling till arbetet, samt dess relevans för studien.

### *Mål 9.4 Uppgradera all industri och infrastruktur för ökad hållbarhet*

Målet syftar till att ha uppgraderat industrier och infrastrukturer för att göra dem hållbara innan 2030 (FN, 2021). Detta skall åstadkommas genom effektivare resursanvändning samt ett större utnyttjande av hållbara teknologier och processer (FN, 2021). Koppling till arbetet blir därmed hur nuvarande hamnar och fartyg kan anpassas och effektiviseras för att bli mer hållbara.

### *Mål 9.5 Öka forskningsinsatser och teknisk kapacitet inom industrisektorn*

Målet syftar till att utöka forskningsinsatser vars mål är att hitta nya och hållbara alternativ till dagens teknik (FN, 2021). För att förbereda sig för framtida utmaningar fordras hållbara och inkluderande industrier och infrastrukturer (FN, 2021). Nycklarna för att finna lösningar för ekonomiska och miljömässiga utmaningar är därmed innovation och tekniska framsteg (UNDP, 2020). Även IMO lägger stor vikt vid ökade forskningsinsatser och har skickat tydliga signaler via sin forsknings- och utvecklingsfond (IMO, 2020). Koppling till arbetet blir därmed vilka tekniker och strategier som hade kunnat implementeras i framtiden för att reducera shippingbranschens koldioxidutsläpp.

### *Mål 12.6 Uppmuntra företag att tillämpa hållbara metoder och hållbarhetsredovisning*

Målet har som syfte att uppmuntra framförallt stora och internationella företag att tillämpa hållbara metoder, samt integrera en hållbarhetsredovisning för att skapa en bättre överblick över företagets utsläpp (FN, 2021). Koppling till arbetet blir därmed att undersöka vilka hållbara alternativ som går att implementera i dagsläget, samt vilka incitament företag inom shipping har för att tillämpa dessa.

*Mål 12.C Eliminera marknadsstörningar som uppmuntrar till slösaktiga konsumtionsmönster.*

Målet har som syfte att rationalisera ineffektiva subventioner av fossila bränslen som bidrar till slösaktig konsumtion (FN, 2021). Detta skall åstadkommas genom en omstrukturering av skatter samt utfasning av skadliga subventioner (FN, 2021). Problematiken med målet är att åtgärderna behöver anpassas till utvecklingsländernas behov för att inte skada deras utveckling (UNDP, 2020). Koppling till arbetet blir därmed hur konsumtionen av fossila bränslen kan minskas, detta då fartyg nästan uteslutande drivs av fossila bränslen i dagsläget (IMO, 2020).

*Mål 13.0 Bekämpa klimatförändringar*

Målet syftar till att genom bland annat utbildning och innovation göra nödvändiga förändringar för att skydda planeten (FN, 2019). Klimatförändringarna världen genomgår är tveklöst ett stort och verkligt hot (FN, 2019). Ökningar av utsläpp av växthusgaser fortskrider vilket kan medföra att en genomsnittlig global uppvärmning överstiger 2 grader Celsius (FN, 2019). Detta kan i sin tur leda till allvarliga konsekvenser i form av exempelvis försämrad hälsa, grova skador i ekosystem samt en ökad risk för naturkatastrofer (UNDP, 2020). Eftersom shippingbranschen står för nästan 3 % av de totala antropogena utsläppen (IMO, 2020) blir kopplingen till arbetet vilka tekniker och strategier som kan användas för att minska dessa utsläpp.



## 2. Metod

I följande avsnitt presenteras och diskuteras metodiken som använts för att besvara projektets frågeställningar. I avsnittet förklaras det ingående hur datainsamlingen gick till, samt vilka åtgärder som vidtagits för att ge ett välgrundat resultat. Dessutom ges en kort förklaring över vilka koncept som användes för att analysera den insamlade datan, samt förslag på kritik som kan riktas mot metoden.

### 2.1. Datainsamling

I följande avsnitt presenteras de två typer av studier som använts i syfte att samla in tillräcklig och relevant data för att kunna besvara arbetets frågeställningar. Först presenteras den litteraturgenomgång som utförts, sedan följer en beskrivning av den utförda intervjustudien.

#### 2.1.1. Intervjustudie

Intervjustudien har utförts med syfte att identifiera vilka intressenter som har en signifikant påverkan på arbetet med att minska shippingbranschens koldioxidutsläpp, men även för att förstå vilka intressen dessa har.

Under intervjustudien kontaktades aktörer som tillhandahåller shippingtjänster, då dessa aktörer har en central roll i studien. Dessa shippingbolag kontaktades genom telefon och mejl, vilket resulterade i att två shippingbolag valde att ställa upp på intervjuer. Dessa företag kommer vara anonyma i rapporten då detta var ett krav för att de skulle medverka i studien. För det ena företaget, Shippingbolag 1, har den verkställande direktören intervjuats. För det andra företaget, Shippingbolag 2, intervjuades en anställd med befattning inom hållbarhet. Båda respondenterna har därför ansetts besitta relevant kunskap för studiens syfte, och har under intervjuerna kunnat framföra betydelsefull information och insikt för studien. Shippingbolag 1 är ett globalt rederi som fokuserar på frakt av varor i containrar och flytande kemikalier. Shippingbolag 1 omsätter årligen ungefär 500 miljoner SEK. Shippingbolag 2 är en global aktör inom shippingbranschen som ägnar sig åt bulk shipping och omsätter årligen ungefär 1,5 miljarder SEK.

För att skapa en bättre förståelse för sektorns intressenter, samt hur ett hållbart tillvägagångssätt värderas från ett kundperspektiv, kontaktades även aktörer som använder sig av shippingtjänster. Detta resulterade i att två kunder till shippingbolag intervjuats. Även dessa företag kommer vara anonyma i rapporten då detta var ett krav för att de skulle medverka i studien. Företagen är verksamma inom olika branscher, vilket ansetts vara nyttigt för att få ett bredare perspektiv på hur olika kunder värderar relevanta aspekter. Det ena företaget, Kundbolag 1, är verksamma inom energibranschen och omsätter knappt 100 miljarder SEK årligen. Det andra företaget, Kundbolag 2, arbetar inom transportindustrin och omsätter drygt 10 miljarder årligen. I båda fallen har respondenterna haft befattningar inom supply chain.

Med syfte att få insikt från en aktör som inte är aktiv operationellt i branschen, har även en intervju utförts med ett företag vars verksamhet behandlar dataanalys inom shipping. Detta företag benämns i rapporten som "Extern aktör 1". Respondenten har i denna intervju varit den verkställande direktören för företaget. Då detta företag inte har något intresse i enskilda företags hållbarhetsarbete, utan snarare branschen som helhet, har objektiv data kunnat samlas in. Denna information har bidragit till ännu tydligare förståelse för olika aktörers intressen samt hur de arbetar.

För att identifiera vilka intressenter som har en signifikant påverkan på arbetet med att minska shippingbranschens koldioxidutsläpp, användes intressentmodellen Stakeholder Theory som utgångspunkt för intervjuerna. Stakeholder Theory myntades som begrepp av Freeman (1994) där han definierar en "stakeholder" som "...any individual or group of individuals that can influence or are influenced by the achievement of the organisation's objectives.". Freeman (1984) beskriver hur intressenter inom en bransch kan kategoriseras som bolag, leverantörer, finansiärer, allmänheten, myndigheter och kunder. Därför utformades intervjumallar för att identifiera vilka av dessa intressenter som har störst påverkan på shippingföretagens hållbarhetsarbete, samt hur denna påverkan sker. Ännu en anledning varför teorin valdes framför andra populära intressentmodeller, är att den implicit innefattar aspekter om etik, moral och Corporate Social Responsibility. Detta beror på att modellen fokuserar på ett helhetsperspektiv gentemot samtliga aktörer (Freeman. R., 2004).

Att hålla kvalitativa intervjuer, som låter intervjuobjekten motivera sina svar och reflektera kring varför de värderar ämnet som de gör (Lantz, 2013), har setts som den mest relevanta metoden för att utföra intervjustudien. Specifikt har semistrukturerade intervjuer hållits, detta för att kunna diskutera flera olika centrala områden, som sedan utforskas djupare med diskussion och följdfrågor (Alvehus, 2013). Samtliga intervjuer inleddes med en presentation av närvarande individer, därefter presenterade studiens syfte och intervjuobjektet tillfrågades om intervjun fick spelas in. Inspelning gjordes i syfte att minimera risken att missa viktig information, där samtliga intervjuobjekt godkände inspelning. Respondenterna gavs sedan tillfälle att ställa frågor innan intervjun inleddes. För att säkerställa att respondenternas svar inte missuppfattades närvarade minst två gruppmedlemmar, där en gruppmedlem var ansvarig för att föra intervjun framåt medan resterande antecknade eller framförde följdfrågor. Då alla tre aktörer hade varierande roller och kunskap, utvecklades tre stycken separata intervjumallar. Intervjumallen för shippingbolagen kan hittas i bilaga 1, intervjumallen som användes för kundbolagen kan hittas i bilaga 2 och för intervjun med den externa aktören användes intervjumallen som kan hittas i bilaga 3.

### 2.1.2. Litteraturgenomgång

Litteraturgenomgången hade som syfte att sammanfatta den kunskap som finns inom området (Patel et al, 2019). I detta fall har genomgången använts för att identifiera och kartlägga strategier och tekniker som kan minska koldioxidutsläpp inom shippingbranschen. Litteraturgenomgången har även använts för att identifiera de för- och nackdelar som finns med varje strategi och teknik utifrån specifika parametrar, samt för att verifiera den data som samlats in under intervjustudien.

Litteraturgenomgången påbörjades med en litteratursökning där publiceringar hämtades från Scopus. Anledningen till att Scopus användes är att det är en tillgänglig databas där en stor mängd relevanta vetenskapliga artiklar publicerats. Genom att söka efter nyckelorden "CO2" och "shipping" i artiklarnas abstract, keywords och titel har litteratur som är relevant för studien identifierats. För att sortera ut eventuella artiklar som inte längre är relevanta, samt för att få en hanterbar datamängd, filterades artiklar efter att ha varit skrivna från och med år 2018. Detta gav en mängd på 266 publiceringar. Däremot har detta inte varit en absolut gräns för

genomgången. Flera artiklar som skrivits tidigare än 2018 har ansetts relevanta för studien, exempel på detta är äldre artiklar som citerats i nyare publiceringar. Även myndigheter och organisationer har ansetts vara relevanta informationskällor, då dessa regelbundet släpper rapporter och studier angående shippingbranschens utveckling. Även om rapporten skrivits på svenska, har det under litteraturstudien även använts engelsk litteratur för att få tillgång till en större mängd data. Detta eftersom merparten av relevanta vetenskapliga artiklar är skrivna på engelska.

## 2.2. Analysmetodik

När litteraturgenomgången och intervjustudien var genomförd erhöles en större mängd data som sedermera skulle analyseras. Analysen baserades på de kvalitativa metoderna narrativ analys samt innehållsanalys.

Narrativ analys är en metod som har använts i rapporten för att analysera innehållet från intervjuerna, vilket innebär att den som leder intervjun identifierar teman i svaren från respondenterna (Hall, 2015). Dessa teman användes först för att identifiera vilka intressenter som hade en signifikant påverkan på shippingbranschens arbete med att minska koldioxidutsläpp. Därefter identifierades vilka intressen de olika intressenterna hade, men även hur dessa intressen skilde sig åt. Slutligen kunde dessa intressen användas för att motivera och specificera vilka parametrar som var mest relevanta för att jämföra olika tekniker och strategier. Dessa parametrar användes sedan i framtagandet av en referensram. Referensramen ämnade resultera i en standardiserad metod för att analysera och bedöma teknikerna och strategierna utifrån samma förutsättningar.

Med utgångspunkt i referensramen gjordes sedan litteraturgenomgången. För att sedan organisera samt finna trender i datan som samlats in användes innehållsanalys. Detta innebär att den insamlade datan undersöktes och förekomsten av teman, nyckelord eller koncept identifierades (Columbia University, 2019). I detta arbete undersöktes främst förekomsten av koncept och teman som baserades på referensramens parametrar. Dessa koncept användes sedan i diskussionen för att analysera och jämföra teknikerna och strategierna.

## 2.3. Metodkritik

Intervjustudien är en kvalitativ metod, vilket kan ha påverkat reliabiliteten och validiteten hos studien (Bryman, 2011). Exempelvis kan företagen som intervjuats inte velat dela med sig av all information som efterfrågas. En anledning till detta kan vara att det finns branschhemligheter eller annan information som företagen inte velat dela med sig av till konkurrenter och kunder. Om viktig information faller bort vid intervjuerna kan resultaten samt slutsatserna i studien vara missvisande. Dessutom har företagen som kontaktats även ett Corporate Social Responsibility, det vill säga en skyldighet att förebygga, hantera och att mildra negativa effekter av deras handlingar. Företagen kan antas vilja visa att de uppfyller detta ansvar utåt, vilket kan leda till att företagen ägnar sig åt så kallad greenwashing. I detta fall innebär det att de delger vinklad information med syfte att framstå som mer miljövänliga än vad de egentligen är (Kindström et al., 2012).

För att motverka problematiken som beskrivits ovan vidtogs flera åtgärder. Först spelades alla intervjuer in för att undvika missförstånd samt att detaljer faller bort. Dessutom användes den omfattande litteraturstudie för att kunna ifrågasätta och säkerställa resultatet från intervjustudien, men även för att se empirin från flera olika perspektiv. Dessutom erbjöds aktörerna som intervjuades att vara anonyma för att minska effekten av greenwashing. Dessa åtgärder ligger i linje med de rekommendationer som getts av Kvale (1997) för att öka validiteten hos intervjustudier.

Även metodiken som använts vid litteraturgenomgången kan kritiseras. Till en början var det bara artiklar som var skrivna efter 2018 eller senare som undersöktes, men när studien fortskred blev det tydligt att även tidigare artiklar var relevanta. Dessa artiklar har delvis använts i arbetet, men då ingen systematisk genomgång gjordes kan relevanta artiklar utelämnats. Denna sällning var nödvändig då studien utförts under en begränsad tid och kan även motiveras med att nya studier och regleringar gör äldre artiklar utdaterade.

## 3. Resultat

I följande avsnitt presenteras de resultat som uppkommit av den utförda datainsamlingen. Datan består av fakta kring de olika teknikerna och strategierna samt en beskrivning av de olika intressenterna och hur de ser på arbetet med att reducera koldioxidutsläpp. Även referensramen som används för att jämföra tekniker och strategier presenteras.

### 3.1. Intressen inom shippingbranschen

Resultatet från intervjustudien visar på att fyra av de intressenter som i metoden presenteras utifrån intressentmodellen stakeholder theory hade en direkt påverkan på hållbarhetsarbetet. Dessa är shippingbolagen, finansiärer, myndigheter och kunder. Shippingbolagen som intervjuades var eniga om att påverkan från leverantörer var irrelevant om man jämför med de tidigare nämnda aktörerna (Shippingbolag 1, Shippingbolag 2), vilket har lett till att leverantörer inte tagits upp under studien. Enligt de intervjuade shippingbolagen är den direkta påverkan som allmänheten har också låg när det kommer till arbetet med att minska koldioxid. Istället representeras allmänhetens intressen av de krav som ställs av shippingbolagens kunder och myndigheter (Shippingbolag 1). Intervjuobjekten nämner att allmänheten är en viktig aktör, men att shippingbolagens hållbarhetsarbete framför allt är proaktivt då man förutsätter ökade krav från allmänheten i framtiden (Shippingbolag 1, Shippingbolag 2). Istället för att jobba mot dagens krav anpassar sig shippingbolagen därmed till framtida prognoser för att undvika problem när regleringarna eventuellt skärps, trots att de inte är helt säkra på vilka regleringar som kommer att finnas i framtiden (Shippingbolag 1, Shippingbolag 2).

#### 3.1.1. Shippingbolag

Under intervjuer med shippingbolagen har det framkommit att hållbarhetsfrågor och koldioxidutsläpp påverkar alla aspekter av företagets verksamhet (Shippingbolag 1, Shippingbolag 2). När strategiska beslut ska fattas finns nästan alltid en hållbarhetsaspekt i åtanke (Shippingbolag 2). Shippingbolag 2 beskrev sitt hållbarhetsarbete som en överlevnadsfråga, där de internt arbetar med tre kärnfrågor: “vem kommer jobba hos oss?”, “vem kommer köpa av oss?”, och “vem kommer investera i oss ifall vi inte arbetar miljövänligt?”. Detta tankesätt

återspeglades även i intervjun med Shippingbolag 1 som nämnde att hållbarhet inte är ett alternativ längre, utan att hela deras arbete utgår från vissa hållbarhetskrav för att de ska kunna existera i framtiden som bolag. I intervjun med Shippingbolag 2 nämndes det att inga incitament finns för att bygga nya fartyg ifall de inte kan anpassas i framtiden för att möta förväntade krav på hållbarhet.

En aspekt som är viktig för att shippingbolag skall investera i ny teknik är dess mognadsgrad (Shippingbolag 1, Shippingbolag 2). Ett exempel som styrker detta är att Shippingbolag 2 under intervjun berättat att man hade kunnat bygga fartyg som drivs av vätgas, men att varken teknik eller infrastruktur är tillräckligt etablerad i dagsläget. Även detta ställer krav på myndigheter då företagen sällan kan investera i infrastruktur själva (Shippingbolag 1).

Shippingbolagen anser att deras hållbarhetsarbete påverkas negativt av priskänsliga kunder, där de ser att hållbara shippingmetoder blir bortprioriterade för billigare alternativ (Shippingbolag 1). Här ser shippingbolagen att tydligare och effektivare regleringar från myndigheter krävs för att de ska kunna fortsätta sitt hållbarhetsarbete (Shippingbolag 1, Shippingbolag). Väntan på beslut från myndigheter har bland annat lett till att produktionen av fartyg minskat under de senaste åren (Extern aktör 1). De stora investeringar som krävs för att bygga nya skepp, alternativt modifiera befintliga skepp, är inte ekonomiskt försvarbart utan en introduktion av skatter på koldioxidutsläpp (Shippingbolag 1, Shippingbolag 2).

Enligt både shippingbolagen och aktörer inom branschen uppstår det dock problem när enskilda myndigheter tar fram regleringar då shipping är en global bransch (Shippingbolag 1, Shippingbolag 2, Extern aktör 1). Ett shippingbolag kan ha sin bolagsledning i Europa och behöver då ta hänsyn till dessa lagar, samtidigt som de behöver ta hänsyn till regelverken i de länder där skeppen är registrerade (flag states), samt där de går i hamn (port states) (Shippingbolag 2). Detta kan skapa problematik när olika länders regelverk skiljer sig. Om en flag state eller port state inför hårdare krav på koldioxidutsläpp kommer det leda till att bolag som arbetar i denna sektor tappar kunder till företag i andra länder (Shippingbolag 2). Detta eftersom att bolagen aktiva i de länder med hårdare krav kommer ha större kostnader, vilket leder till ett högre pris för kunderna (Shippingbolag 2). Om kunderna anlitar konkurrenter som inte påverkas av samma regleringar, riskerar det totala koldioxidutsläppet att bli oförändrat

(Shippingbolag 2). Ur miljösynpunkt har därför regleringar från enskilda myndigheter mindre effekt (Shippingbolag 1, Shippingbolag 2, Extern aktör 1).

### 3.1.2. Finansiärer

En viktig aktör för branschen är dess finansiärer. Under intervjuerna framkom det att bolag verksamma inom shippingbranschen är i stort behov av banker för att kunna driva och utveckla sin verksamhet (Shippingbolag 1). Historiskt sett har krav på hållbarhetsaspekter varit låga från bankerna, men dessa har ökat under senare år (Shippingbolag 1). Ett exempel på dessa ökade krav är Poseidon Principles, vilket är en överenskommelse mellan banker och shippingindustrin för att integrera IMO:s policier i beslutsprocesser vid finansieringsbeslut (Poseidon Principles, 2021). Överenskommelsen innebär att i händelse av att enskilda shippingbolag inte lyckas uppnå kraven i dessa policier, kommer shippingbolaget i fråga inte få det efterfrågade finansiella stöd som krävs för att driva sin verksamhet (Shippingbolag 1). Poseidon Principles bygger på fyra stycken principer som behandlar bedömning av klimatanpassning, ansvar kring att dela opartisk och korrekt information, tillämpning av klausuler i avtal samt transparens kring att man är medlem i nätverket och rapporterar in sin shippingportfolio (Poseidon Principles, 2021).

### 3.1.3. Myndigheter

För tillfället är inte shipping inkluderat i European Emissions Trading System (EETS) där koldioxidutsläppsrätter handlas mellan olika parter (EU, 2020). Europeiska kommissionen (2020) anser att ett regelverk implementerat av IMO hade haft störst effekt för att minska koldioxidutsläpp, men att implementationen varit för långsam vilket gjort att de behövt ta egna beslut. Hösten 2020 bestämde EU att shipping ska inkluderas i EETS senast 2023 (EU, 2020). Alla aktörer inom shippingbranschen anser däremot inte att detta är en korrekt lösning (European Community Shipowners Association [ECSA], 2020). ECSA (2020) anser att de lagar som röstats igenom i EU sätter orimlig press på IMO och att det kommer drabba EU som handelssektor negativt. I ytterligare ett pressmeddelande skriver ECSA att de ser positivt på beskattning av koldioxidutsläpp, men att enbart beskatta europeiska bolag leder till orättvis konkurrens och mindre påverkan på koldioxidutsläpp än önskat (ECSA, u.å.).



### 3.1.4. Kunder

Från samtliga kundintervjuer som utförts har det framkommit att shippingbolagens kunder är priskänsliga (Kundbolag 1, Kundbolag 2). Priset ses som den viktigaste parametern vid val av leverantör (Kundbolag 2). Att denna kostnadskänslighet existerar leder till att diverse tekniker och strategier som har potential att minska koldioxidutsläpp inte implementeras (Kundbolag 1, Shippingbolag 2).

Kunder vill även hålla ledtider korta, i dagsläget finns det inget större intresse av att öka dessa till förmån för minskade koldioxidutsläpp (Kundbolag 2). Detta beror dels på det faktum att minskade koldioxidutsläpp inte uppfattas som tillräckligt värdefullt i jämförelse med de ökade kostnader företaget får på grund av en högre kapitalbindning (Kundbolag 2). Det finns däremot vissa områden där längre ledtider kan accepteras, men i dessa fall är det viktigt att ledtiderna är relativt konstanta för att en bra planering ska kunna utföras (Kundbolag 2). När det gäller orderstorlek vill kunder generellt hålla dessa så stora som möjligt, då detta leder till lägre kostnader till följd av att exempelvis färre båtar används och mindre tid spenderas i hamnar (Kundbolag 1).

Kunder har även under senare tid börjat tänka mer på hållbarhetsaspekter, där ett flertal olika projekt och satsningar har påbörjats i syfte att skapa en hållbar verksamhet i längden (Kundbolag 1, Kundbolag 2). Under intervjuerna som utförts har exempelvis satsningar kring förnybara bränslen och carbon capture and storage (CCS) diskuterats (Kundbolag 1). Samtidigt anser inte de intervjuade kunderna att certifikat eller klimatkompensering är relevant, detta då det inte nödvändigtvis har någon inverkan på den egna verksamheten (Kundbolag 2). Bristerna hos den egna verksamheten bör enligt kunden utvärderas i första hand, endast då kan eventuell klimatkompensering vara relevant (Kundbolag 2). Genom initiativ likt Sea Cargo Charter har kunder skrivit under avtal där koldioxidutsläpp ska mätas och jämföras mot mål, vilket har lett till att kunder under förhandlingar med shippingbolag börjat arbeta med att få in klausuler för att möjliggöra detta (Shippingbolag 2).

## 3.2 Referensram för jämförelse av tekniker och strategier

För att jämföra tekniker och strategier som kan ha en positiv inverkan på shippingindustrins koldioxidutsläpp, behövs ett tydligt och standardiserat tillvägagångssätt. Följande avsnitt behandlar därför den referensram som jämförelsen kommer baseras på. Referensramen är baserad på de intressenter som identifierats. Deras intressen samt synpunkter har använts för att motivera framtagningen av tre parametrar som kommer användas som grund för att jämföra olika tekniker och strategier. Referensramens uppbyggnad har sitt ursprung i så kallad parametrisk analys, som kan användas när flera behov samt parametrar är sammanlänkade (Grady, 2014). Målet med parametrisk analys är därmed att kombinera dessa parametrar för att nå en optimal lösning (Grady, 2014). Dessa parametrar presenteras samt motiveras nedan.

Den första parametern är påverkan på koldioxidutsläpp och är starkt kopplad till rapportens syfte. Shippingbolag tar hållbarhet i beaktning vid alla strategiska beslut (Shippingbolag 2) och beskriver hållbarhetsarbetet som en fråga om överlevnad (Shippingbolag 1, Shippingbolag 2). Parameterns relevans stärks ytterligare av koncept som Poseidon Principle, Sea Cargo Charter samt de riktlinjer som satts upp av IMO. I den mån det är möjligt skall denna parameter baseras på ett helhetsperspektiv. Potentiell reduktion av koldioxidutsläpp relaterade till en implementation av tekniken eller strategin, skall därmed baseras på både direkta och indirekta koldioxidutsläpp. Direkta koldioxidutsläpp hänvisar till utsläpp som kan kopplas till teknikens ändamål, medan indirekta är bieffekter av teknikens implementation.

Den andra parametern är den ekonomiska påverkan som en implementation av de olika teknikerna och strategierna skulle innebära för shippingbolagen. Denna parameter är generellt sett viktig för intressenter inom branschen, framförallt för att avgöra ifall en åtgärd är värd att implementera. En kostnadskänslig kundbas (Kundbolag 1, Kundbolag 2) leder till att shippingbolagen är motvilliga att investera i nya lösningar (Shippingbolag 2). Om en implementering av en ny strategi eller teknik innebär ökade kostnader för kundbolagen kommer kunderna välja ett billigare bolag. Detta leder till att den potentiella reduktionen av koldioxid som skulle kunna härledas till investeringen inte utnyttjas av kunder (Shippingbolag 1). Implementering av hållbara tekniker och strategier kan dessutom hjälpa shippingbolagen att få finansiering (Poseidon Principles, 2021). I den ekonomiska påverkan kommer fokus ligga på

operationella och fasta kostnader, men även alternativkostnad när det är applicerbart. Notera att större kostnader för exempelvis infrastruktur kommer behandlas i nästa parameter, mognadsgraden av teknologin.

Den tredje och sista parametern är mognadsgraden hos teknikerna och strategierna. Från intervjuerna med shippingbolagen blev det tydligt att mer etablerade lösningar är lättare för företag att implementera (Shippingbolag 2). Att det finns infrastruktur som faciliterar användningen av teknologin samt studier som garanterar att implementationen av teknologin inte medför oförutsedda risker, är faktorer som shippingbolag tar ställning till (Shippingbolag 2). Om det finns osäkerheter gällande hur effektiv en teknisk eller strategisk lösning är, kommer detta påverka hur intresserade shippingbolag är av att implementera lösningen (Shippingbolag 2). Parametern kommer användas för att utvärdera vilka barriärer som stoppar företag från att implementera en teknik eller strategi, hur långt fram tekniker och strategier är i sin utveckling, samt vilken potential teknikerna och strategierna har i framtiden.

### 3.3. Tekniker och strategier för reduktion av koldioxidutsläpp

Utifrån utförd litteraturstudie valdes åtta tekniker och strategier som kan reducera shippingbranschens koldioxidutsläpp. Teknikerna och strategierna som valdes är slow steaming, färdoptimering, liquefied natural gas, biobränslen, vätgas, carbon capture and storage, elektrifiering samt shore side electricity. Under litteraturgenomgången var det dessa tekniker och strategier som var vanligast förekommande under liknande studier, men även de intervjuade aktörerna har nämnt och diskuterat majoriteten av dessa tekniker och strategier. Alla dessa tekniker och strategier anses även vara relevanta för att reducera koldioxidutsläpp i dagsläget och i framtiden, vilket är anledningen till att just dessa har utretts.

#### 3.3.1. Slow steaming

Slow steaming är en av de strategier för att minska koldioxidutsläpp som används mest flitigt bland globala shippingbolag (Hui Xing et al, 2020). Strategin går ut på att sänka fartygets hastighet och därmed köra långsammare än vad fartyg normalt sett kör (Hui Xing et al, 2020). Strategin har använts av shippingbolag sedan finanskrisen 2008 och användes ursprungligen för att minska företagets bränslekostnader (Hui Xing et al, 2020). När den globala efterfrågan på

frakt minskade valde shippingbolagen att köra fartyg i lägre hastighet med samma fyllnadsgrad som vid högkonjunktur, snarare än att köra i samma hastighet men med lägre fyllnadsgrad (Hui Xing et al, 2020). Eftersom bränsleförbrukning har stor påverkan på koldioxidutsläppen innebär detta att pengar sparas och att miljöpåverkan minskar (Hui Xing et al, 2020). I takt med att miljöfrågor blivit mer aktuella har syftet med slow steaming därmed skiftat från en rent ekonomisk strategi, till en metod för att dessutom minska koldioxidutsläpp (Hui Xing et al, 2020).

De största utgifterna för kommersiella fartyg är oftast dess bränsleförbrukning (Wärtsilä, 2010). Fartygs bränsleförbrukning svarar exponentiellt mot dess hastighet vilket gör det mycket kostsamt att köra i maxhastighet (Hui Xing et al, 2020). Därmed finns det en möjlighet att sänka kostnader genom att sänka hastigheten (Hui Xing et al, 2020). Hur stor besparing företagen kan göra är direkt kopplad till hur mycket hastigheten sänks (Hui Xing et al, 2020). Enligt den finska motortillverkaren Wärtsilä (2010) kan fartygen minska sin bränsleförbrukning med så mycket som 59 % genom att minska hastigheten från 27 knop till 18 knop. Denna reduktion kan bero på flera faktorer såsom rutt, väderförhållanden och hastighet (Wärtsilä, 2010). Vissa studier anser att reduktionen av bränsleförbrukning kunnat uppgå till hela 80 % (Gilbert et al, 2014). Eftersom sambandet mellan bränsleförbrukning och koldioxidutsläppen är linjärt, innebär detta en lika stor reduktion av skeppens koldioxidutsläpp (Wärtsilä, 2010).

Idag appliceras slow steaming av nästan alla kommersiella shippingbolag, men inte på alla rutter då det kan finnas tidsramar som fartygen behöver förhålla sig till (Hui Xing et al, 2020). Ett skäl till detta kan vara att kunder efterfrågar en snabb leverans eller att godset riskerar att bli inkurant (Hui Xing et al, 2020). På en rutt mellan Asien och Europa kan man förvänta sig en ökad transporttid på cirka 1 vecka om man sänker hastigheten från 27 knop till 18 knop (Wärtsilä, 2010). Denna ökning av ledtid innebär att det behövs fler fartyg för att kunna frakta samma mängd varor under samma tidsperiod (Wärtsilä, 2010). Därmed fungerar slow steaming bra i de fall likt 2008 då företagen har lägre efterfrågan och således mer outnyttjad kapacitet, men sämre när efterfrågan och fyllnadsgraden är hög (Hui Xing et al, 2020).

För en del rutter där stora fartyg transporterar okänslig last kan man även använda så kallad ultra slow steaming (Wärtsilä, u.å.). Skillnaden är enbart att man ytterligare sänker fartygets hastighet för att minska bränsleförbrukning och på så sätt minska bränslekostnad och koldioxidutsläpp ännu mer (Wärtsilä, u.å.). Att använda sig av ultra slow steaming kräver rätt marknad och rätt fartyg för att det ska vara en genomförbar lösning (Wärtsilä, u.å.).

Fartygens motorer är konstruerade för, och mest effektiva, när de körs i en specifik hastighet (Wärtsilä, 2010). Vid slow steaming körs fartyget i en lägre hastighet vad som ses som en normal hastighet, vilket i många fall är långsammare än den som motorn är optimerad för, vilket försämrar motorns effektivitet (Wärtsilä, 2010). Funktioner i motorn som blir påverkade är bland annat luftflödet som minskar, förbränning som försämras, en ökad mängd korrosion samt ökad beläggning av orenligheter i motorn (Wärtsilä, 2010). För att ytterligare öka effekten av slow steaming utan att motorn tar skada kan den optimeras för att köra i dessa hastigheter (Wärtsilä, 2010). Detta kan göras genom att uppdatera komponenter och andra delar av motorn, något som tillverkaren kan tillföra till redan existerande motorer (Wärtsilä, 2010). Det är inte bara motorn som är anpassad efter den nominella hastigheten utan också fartygets skrov (Hui Xing et al, 2020). Skrovet har en stor betydelse för hur fartyget rör sig i vattnet och blir därför påverkat av att hastigheten minskar. Detta gör att skrovets effektivitet också minskar vid slow steaming (Hui Xing et al, 2020).

### 3.3.2. Färdoptimering

För att effektivisera ledtid och bränsleförbrukning använder många företag inom shippingindustrin olika former av färdoptimering (Marine Digital, 2020). Marine Digital (2020) beskriver hur de allra första systemen använde grundläggande beräkningar för att ta fram väderprognoser och därmed garantera besättningens säkerhet. I dagsläget har systemen utvecklats väsentligt vilket gör det möjligt för rederier att anpassa och planera sina färdrutter efter många fler parametrar (Marine Digital, 2020). Färdoptimering kan ses som ett samlingsbegrepp för ruttplanering, hastighetsoptimering samt minimering av driftmotstånd (Hui Xing et al, 2020).

Ruttplanering syftar till att minimera reseavstånd, kostnader samt ledtid genom att hitta bästa möjliga sjöväg, innan och under transporten (Hui Xing et al, 2020). Hui Xing et al (2020) beskriver att detta ofta innebär att undvika extra luft- och vattenmotstånd som kan uppstå vid dåliga väderförhållanden eller kraftig sjögång. Under de senaste åren har tekniken bakom väderbaserad ruttplanering utvecklats kraftigt, vilket gör att det fått en utbredd användning inom shippingindustrin (Marine Digital, 2020). Moderna ruttplaneringssystem använder i många fall automatiserade identifieringssystem för att spåra skepp, men även för att varna när skeppen avviker från den planerade rutten eller har kraftig variation av hastighet (Marine Digital, 2020). Marine Digital (2020) beskriver dessutom hur dessa system använder global väderdata för att undvika stormar eller strömmar som kan fördröja transporten, vilket gör att företagen kan planera rutterna i förväg för att på bästa sätt möta sina behov. Även modellen av fartyg kan påverka optimal rutt, exempelvis kan dåligt väder ha mindre inverkan på större fartyg än mindre (Marine Digital, 2020). Andra aspekter som ruttplaneraren behöver ta hänsyn till är typen av last och fartygets fyllnadsgrad (Marine Digital, 2020). Ett exempel som tas upp av Marine Digital (2020) är att fartyg som har känslig last kräver en lugnare rutt än ett fartyg med bulklast. Först efter att de olika variablerna kartlagts kan de olika ruttalternativen jämföras (Marine Digital, 2020). Exempelvis är ankomsttiden och att fartyget kan hålla en konstant hastighet extra viktigt för containerfartyg, vilket leder till att rutten kommer att behöva anpassas efter fartygets unika behov (Marine Digital, 2020). Därför är så kallade ruttplaneringsalgoritmer, som hela tiden utvecklas och förbättras, en vital faktor för framtidens system (Hui Xing et al, 2020). Beroende på vilka system som används kan reduktionen av koldioxid variera (Hui Xing et al, 2020). Vissa källor anser att ruttplanering har väldigt liten inverkan på totala utsläpp (OCIMF, 2011), medan andra anser att det kan reducera de totala koldioxidutsläppen med 0-5 % (DNV GL, 2016).

Hastighetsoptimering är en annan typ av färdoptimering som går ut på att optimera hastigheten under en specifik rutt trots eventuella osäkerheter kring stopptider, serviceavtal samt väderlek (Hui Xing et al, 2020). Syftet är att minimera bränsleförbrukningen och maximera fördelar så som reducerade väntetider, mindre koldioxidutsläpp samt lägre bränslekostnader (Hui Xing et al, 2020). Hui Xing et al (2020) tar upp så kallad "just in time" ankomst som ett exempel på hastighetsoptimering, vilket inom shippingindustrin innebär att fartygen anpassar sin hastighet för att slippa vänta utanför hamnen på avlastning och pålastning. På så sätt blir leveransen mer

effektiv, vilket är målet med hastighetsoptimering. En ömsesidig överenskommelse av ett sådant system hade kunnat bidra till minskade utsläpp och köer, tyvärr ställer det stora kommunikationskrav på rederier och hamnmyndigheter vilket gjort att det ännu inte implementerats (Hui Xing et al, 2020). Hur stor reduktion av koldioxidutsläpp en sådan optimering hade kunnat bidra med är fortfarande osäkert, Oil Companies International Marine Forum (OCIMF) (2011) menar att utsläppen hade kunnat reduceras med 1-6 % medan DNV GL (2016) tror på en reduktion med upp till 10 %.

En tredje typ av färdoptimering syftar till att minimera vattenmotståndet under normal sjögång, denna kallas ofta för optimering av driftmotstånd (Hui Xing et al, 2020). Skrovet på fartyg är i de flesta fallen designade för att passa en specifik hastighet och fyllnadsgrad, när fyllnadsgraden och hastigheten förändras kan det därför finnas behov av optimering för att minska driftmotståndet (Hui Xing et al, 2020). Hui Xing et al (2020) beskriver att man genom att justera last eller ballast kan ändra fartygets gångläge och på så sätt minimera både motstånd och bränsleförbrukning. Även denna typen av optimering saknar konsekvent data när det gäller hur stor reduktion av koldioxid företag kan vänta sig. Vissa källor tror på en väldigt liten reduktion (OCIMF, 2011), andra tror på en reduktion under 5 % (Bouman et al, 2017), medan vissa undersökningar indikerat en reduktion på upp till 10 % (DNV GL, 2016).

Eftersom bränslekostnader ansvarar för upp till 60 % av ett fartygs operativa kostnader kan en reduktion av bränsleförbrukningen innebära stora besparingar för rederier (Stratiotis, 2018). Den exakta förbrukningen kan variera kraftigt beroende på hastighet och väderförhållanden, men det är inte ovanligt för ett containerfartyg att konsumera mellan 150 - 200 ton bunkerbränsle per dag (Dagkinis, 2015). Eftersom kostnaden för bunkerbränsle numera överstiger 500 USD/ton innebär de en daglig kostnad på 75 000 - 100 000 USD per fartyg (Stratiotis, 2018). Eftersom sambandet mellan koldioxidutsläpp och bränsleförbrukning hos fartyg är linjärt (Wärtsilä, 2010) hade färdoptimering därmed kunnat spara företag upp till 23,05 % av sina bränslekostnader, det vill säga upp till 23 050 USD/dag per fartyg. Denna besparing har räknats ut genom att slå samman reduktionen av bränsleförbrukning från de tre olika typerna av färdoptimering, för att ge ett aggregerat resultat.

### 3.3.3. Liquefied natural gas

Liquefied natural gas (LNG), eller flytande metangas, är ett drivmedel som mestadels består av metan, etan och propan. Andelarna varierar från land till land, men i Sverige ligger andelarna på 90 % metan, 6 % etan och 2 % propan (Svenska naturgasföreningen, 2020). Inom shippingindustrin användes LNG initialt som bränsle till ångmotorer, men de senaste åren har det använts som ett sekundärt bränsle till dieselmotorer (Hui Xing et al, 2020). Xu och Yang (2019) nämner att lägre koldioxidutsläpp och lägre bränslekostnader är fördelar med LNG fartyg, vilket även stärks av Bouman et al (2017) Bouman et al (2017) räknar med en reduktion av koldioxidutsläpp på 5-30 % medan Xu och Yang (2019) approximerar reduktionen till 20 %. Hui Xing et al (2020) skriver att reduktionen i teorin hade kunnat uppgå till 20-25 %, men att en mer verklighetstrogen siffra hade varit 12-20 % på grund av metanglidning, vilket innebär att delar av metanet inte förbränns utan släpps ut i atmosfären.

Då ett fraktfartyg som drivs av LNG har en mer komplex design innebär det högre kostnader vid tillverkning av fartyget och vid drift (Xu & Yang, 2019). Det finns dock motstridande data angående exakt hur mycket större kostnaderna är. Bloomberg (2015) uppskattade att det är 10-25 % dyrare att driva ett fartyg på LNG medan Levander (2011) uppskattar kostnadsökningen till 15 %. Sovcomflot, ett ryskt rederi, köpte i maj 2015 fyra fartyg som drivs av LNG och fick för dessa betala 27 % mer än för likartade fartyg som drivs av HFO (Xu & Yang, 2019). Yoo (2017) konstaterade dock att fartyg som drivs av LNG är ekonomiskt hållbara när priset för HFO är högt. I dagsläget är priset för ett ton LNG 373,5 USD (Global Times, 2020) och energidensiteten är 51,85 MJ/kg (Engineering toolbox, 2007), detta resulterar i en kostnad per MJ på 0,0072 USD/MJ. HFO har en energidensitet på ungefär 40 MJ/kg (Aronietis, 2016) och har ett pris på approximativt 500 USD/ton (Stratiotis, 2018) vilket resulterar i en kostnad per MJ på 0,0125 USD/MJ. Detta innebär en minskning av drivmedelskostnad på cirka 42 %. Förutsatt att HFO motorer och LNG motor har liknande verkansgrad bör de operativa kostnaderna för LNG fartyg blir lägre än för HFO fartyg.

LNG används därför allt mer som drivmedel tack vare de konkurrenskraftiga priserna och striktare regleringar gällande luftföroreningar (Müller-Casseres et al, 2021). Problem som begränsar spridning och ökat användande av LNG är lågt utbud, dess status som icke-förnybart



bränsle, dålig infrastruktur för lagring, höga operationella risker samt osäkerheter gällande potentiella regleringar (Hui Xing et al, 2020). Även med dessa begränsningar i åtanke räknar Hui Xing (2020) med en ökad användning av LNG. Detta då tekniken och bränslet har börjat accepteras av marknaden vilket gjort att det totala antalet fartyg som drivs av LNG ökar snabbt, mellan 2018 och 2019 ökade flottan med hela 20,3 % (Xu & Yang, 2019).

#### 3.3.4. Biobränslen

Biobränslen är ett samlingsnamn för bränsle som kommer från så kallad biomassa. Denna massa kan bland annat bestå av växt eller djuravfall (Hui Xing et al, 2020) och har flera fördelar jämfört med fossila bränslen (Gaurav, 2017). De är lätta att extrahera, de är hållbara på grund av sin biologiska nedbrytbarhet och de binder kol genom fotosyntes (Gaurav, 2017). En adaptation av biobränslen har därmed potential att reducera koldioxidutsläpp (Gaurav, 2017). De senaste åren har tekniken applicerats på många landtransporter, men den visar även stor potential för shipping (Hui Xing et al, 2020).

Ur ett globalt perspektiv har man sett en uppåttrend när det kommer till produktion av hållbara alkoholbaserade bränslen (Hui Xing et al, 2020). Bland annat har European Maritime Safety Agency (EMSA) undersökt fördelar och potentiella barriärer med etanol och metanol som framtida bränslen inom shipping (EMSA, 2015). Både etanol och metanol går att ta fram med hjälp av biomassa och kallas då ofta bioetanol respektive biometanol (Hui Xing et al, 2020). Bioetanol är lätt att tillverka, har låga utsläpp och hög energidensitet, och har därmed fått mycket uppmärksamhet som ett potentiellt framtida bränsle (Hui Xing et al, 2020). Även biometanol är relativt lätt att framställa och har låga utsläpp, nackdelen med detta är att metanolen har betydligt lägre energidensitet än fossila bränslen vilket kräver större bränsletankar för marin implementation (Hui Xing et al, 2020). Ett annat problem är att infrastruktur behöver förstärkas, operationella aspekter behöver förbättras och och säkerhetsregler behöver tas fram innan en faktisk implementation är möjlig (Hui Xing et al, 2020). I dagsläget finns inga större barriärer för en potentiell leveranskedja och eventuella ekonomiska barriärer hade kunnat överkommas genom striktare regleringar eller höjda priser på bunkerolja (Hui Xing et al, 2020).

Etanol och metanol beräknas ha en energidensitet på 26,75 MJ/kg respektive 19,55 MJ/kg (Engineering Toolbox, 2007), detta innebär att fartygen kommer behöva bränna mer bränsle än om de använde sig av HFO som har en energidensitet på ungefär 40 MJ/kg, förutsatt att de har samma verkningsgrad (Aronietis, 2016). Kostnaden för etanol och metanol är dessutom ca 700 USD/ton respektive 600 USD/ton (Trading Economics, 2021) i kontrast till HFO som endast kostar 500 USD/ton (Stratiotis, 2018). Energikostnaden för de olika bränslena blir därmed 0,02617 USD/MJ för etanol, 0,0307 USD/MJ för metanol och 0,0125 USD/MJ för HFO.

Biodiesel är ett förnybart bränsle som har liknande kemisk uppbyggnad som mineraldiesel (Hui Xing et al, 2020). Biodiesel kan tillverkas från olika växtoljor, sojaböner, animaliskt fett med mera och fungerar väl med många av dagens dieselmotorer (Hui Xing et al, 2020). Trots problem med kallstarter och ökade utsläpp av dikväveoxid finns det inga större tekniska barriärer med biodiesel (Hui Xing et al, 2020). Kostnad av biodiesel korrelerar kraftigt med den basprodukt som används vid framställningen, detta beror på att nästan tre fjärdedelar av produktionskostnaden kan härledas till råmaterialet (Hui Xing et al, 2020). Därför blir produktionen och valet av dessa råmaterial extremt viktiga för att hålla nere bränslekostnaden (Niraj et al, 2013). I dagsläget är kostnaden av biodiesel tillräckligt låg för att kunna räknas som ett motiverbart bränsle, men en ännu effektivare användning är att kombinera biodieseln med traditionella marina bränslen (Hui Xing et al, 2020). Med rätt uppbackning och forskning hade en sådan kombination kunnat hjälpa shippingindustrin möta IMO:s mål och regleringar, men även vara relativt kostnadseffektiv i förhållande till andra energikällor (Hui Xing et al, 2020). Energidensiteten hos biodiesel är ungefär 36,75 MJ/kg (Engineering Toolbox, 2007) och priset per ton är ungefär 1300 USD (Neste, 2021). Energikostnaden för ren biodiesel blir därmed 0,0344 USD/MJ.

Biobränslen beskrivs ofta som klimatneutrala eftersom den koldioxid som släpps ut vid förbränning binds till växterna och plantorna när de växer upp igen, vilket inte är helt sant då utsläppen under den totala livscykeln varierar beroende på produktionsvillkoren samt hur produktionsanläggningen får sin energi (Hui Xing et al, 2020). Dessutom kan det geografiska läget påverka hur lätt eller svårt det är att få fram tillräckligt med biomassa, detta då stora ytor och stora mängder vatten är nödvändigt (Hui Xing et al, 2020). Börjesson et al (2010) har gjort

en livscykelanalys av den svenska produktionen av bibränslen för att kartlägga dess koldioxidpåverkan jämfört med fossila bränslen. För de allra flesta biomassor är ligger reduktionen på 60-70 %, men för exempelvis hushållsavfall är reduktionen närmare 90 % (Börjesson et al, 2010).

### 3.3.5. Vätgas

Vätgas ses som en av de mest relevanta lösningarna för att uppnå koldioxidneutralitet inom många sektorer (EU, 2020). Restprodukten vid förbränning av vätgas är enbart vattenånga, vilket visar på den stora potential vätgas har för att minimera koldioxidutsläpp (AFDC, 2021). Förnybar vätgas kan produceras genom att vattenmolekyler delas upp i sina beståndsdelar via elektrolys (EU, 2020). Då koldioxidutsläppen som kan härledas till vätgas enbart uppstår på grund av energibehovet vid produktion, är det av yttersta vikt att detta görs med hjälp av förnybara källor för att reduktionen av koldioxidutsläpp ska vara markant jämfört med HFO (Halim et al, 2018). Som referensmått kom 19,7 % av all elektricitet producerad i EU från förnybara källor år 2019 (EU, 2020), och det finns en målsättning att nå 27 % förnybar energi innan år 2030 (IRENA, 2018).

Ett av de största problemen med vätgas är att den har låg volymetrisk energidensitet i jämförelse med fossila bränslen (Hui Xing et al, 2020). Detta är särskilt inom transportbranschen ett hinder, då lagringskapaciteten för bränsle ofta är begränsad (AFDC, 2021). För att öka energitätheten på drivmedlet är ammoniak ett attraktivt alternativ till ren vätgas (Hui Xing et al, 2020). Ammoniak är vad som kallas en vätgasbärare och är uppbyggd av tre väteatomer och en kväveatom (Haglund, 2020). I och med ammoniaks högre kokpunkt ökar möjligheten för att tanka bränslet i flytande form, vilket ger högre volymetrisk energidensitet än vätgas i komprimerad form (Bicer, 2017). Ammoniak kan även förbrännas i vanliga dieselmotorer, efter att nödvändiga modifikationer gjorts (Bicer, 2017). Dessa faktorer leder till att ammoniak är ett mer troligt substitut, eller komplement, till de fossila bränslen som finns idag och tros ha en högre kommersiell potential än vätgas (Hui Xing et al, 2020).

En storskalig implementation av vätgas har ännu inte gjorts i någon transportbransch, och i nuläget är dess största användningsområde inom kemiindustrin (EU, 2020). US Department of

Energy och ARGONNE (2019) estimerar ett vätgaspris på cirka 4000 USD/ton, vilket kan sättas i kontrast mot 500 USD/ton för HFO (Stratioutis, 2018). Enligt RMI (2019) har vätgas en gravimetrisk energidensitet på 120 MJ/kg, tre gånger så mycket som HFO på 40 MJ/kg (Aronietis, 2016). Detta ger vätgas ett pris per energienhet till 0,0333 USD/MJ och HFO 0,0125 USD/MJ.

Den infrastruktur som finns i EU idag är inte tillräckligt omfattande för att kunna stötta en implementation av vätgas som förnyelsebar energikälla (Steen, 2016). Även shippingbolagen kommer behöva göra stora investeringar, då nya fartyg måste byggas och gamla modifieras för att kunna drivas av vätgas (Shippingbolag 2). Litteratur saknas kring vilken magnitud dessa kostnader skulle ha, då det finns stora osäkerheter kring hur en implementation skulle gå till samt hur de tekniska lösningarna kommer se ut (Steen, 2016).

### 3.3.6. Carbon capture and storage

Carbon Capture and Storage (CCS) är en teknik där koldioxid först fångas in, för att sedan transporteras och sedermera lagras (SGU, 2020). CCS-tekniker kan enligt Hui Xing (2020) delas upp i tre allmänna kategorier; infångning efter förbränning, infångning före förbränning samt förbränning av oxibränsle. Vid infångning före förbränning avlägsnas kol-komponenten innan förbränning av det fossila bränslet (Hui Xing, 2020). Principerna för infångning efter förbränning är att koldioxid fångas in från bränslegaserna efter att de fossila bränslet har förbränts (Wang & Zhou, 2014). Oxibränsle-metoden går enligt Hui Xing (2020) ut på att det fossila bränslet förbränns med ren syrgas istället för syre i luften. Detta ger att enbart koldioxid och vattenånga produceras vid förbränning och koldioxid infångas enkelt via kondensering av bränslegaserna (Hui Xing, 2020).

Den tekniska installationen av CCS-systemen på fartygen kommer att påverka fartygen samt dess användning. Exempelvis kommer mer kraft/energi gå åt för att framföra fartygen, vilket kan leda till ökad bränsleförbrukning (Hui Xing, 2020). Dessutom kommer mer yta tas upp av CCS-systemen vilket innebär mindre lastyta (Hui Xing, 2020). Hui Xing (2020) menar trots detta att CCS-teknologin kan minska koldioxidutsläppen med mer än 70 %.

För att kunna transportera samt lagra koldioxid behöver den omvandlas till ett superkritiskt tillstånd, vilket innebär att koldioxiden befinner sig i flytande form (SGU, 2020). Denna transport sker oftast med antingen fartyg eller rörledningar som leder till lagringsplatser (Hui Xing, 2020). Infrastruktur för rörledningstransport är enligt Yuting Tan et al (2016) ett av de första nödvändiga stegen för att kunna implementera CCS-system samt uppskatta transportkostnader för koldioxiden.. Rörledningssystem passar väl till att transportera större kvantiteter en kortare sträcka, men är kopplade till en hög initial kapitalkostnad (Al Baroudi et al, 2021).

Förvaring av flytande koldioxid sker på platser där koldioxiden inte påverkar miljön, och kan gå till på främst två olika sätt; geologisk förvaring eller havsförvaring (Yuting Tan, 2016). Geologisk förvaring åstadkoms genom att koldioxid injiceras i stenformationer där, i första hand, sedimentär berggrund som porösa sandstenar används (SGU, 2020). Dessutom måste flertalet kriterier uppfyllas för att en reservoar ska kunna användas som ett koldioxidlager (SGU,2020). Vid havsförvaring finns det främst två metoder för injicering av koldioxid (Yuting Tan et al, 2016). Det första alternativet är att injicera koldioxid direkt i saltvatten där det löses upp, och det andra alternativet ger möjligheten att skapa en "vätskesjö" på havsbotten (Yuting Tan et al, 2016). Detta åstadkoms genom att koldioxiden släpps ut i vätskeform i en nedsänkning på havsbotten, så som en djuphavsgrav (Yuting Tan et al, 2016). För att det sistnämnda alternativet ska vara möjligt fordras ett tillräckligt högt tryck för att möjliggöra förvätskning samt ge koldioxiden lägre flytkraft än havsvattnet (Yuting Tan et al, 2016).

Kostnaden för CCS kan variera kraftigt. Uppfångningen av koldioxid vid industriella processer, likt vid produktion av etanol eller naturgas, beräknas kosta 15-25 USD/ton koldioxid, medans uppfångning vid cementtillverkning eller kraftproduktion beräknas kosta mellan 40-120 USD/ton koldioxid (IEA, 2020). Infångning av koldioxid direkt från luften är enligt IEA (2020) det dyraste alternativet, men kan spela en stor roll i kampen mot koldioxidutsläpp. De system som fångar koldioxiden på skeppen är i nuläget dyra, men vid ökad användning av teknologin förväntas skalfördelar minska dessa kostnader (Roussanoglou, 2021). Kostnader för förvaring och transport av koldioxid kan variera kraftigt beroende på scenario (IEA, 2020). Kostnaden beror främst på volymen koldioxid, samt vilken distansen koldioxiden ska transporteras (IEA,

2020). Men priset kan även variera beroende på den lokala tillgängligheten på förvaringsutrymmen, samt egenskaperna hos förvaringsutrymmet (IEA, 2011).

### 3.3.7. Elektrifiering

För att nå en fartygsflotta med noll koldioxidutsläpp kan en fullt elektrisk drivlina vara en väg framåt för shippingbolagen (Hui Xing et al, 2020) . Metoden bygger på att istället för att använda sig av konventionella förbränningsmotorer använda sig av elmotorer (Hui Xing et al, 2020). Ett exempel på en tidig implementation av denna teknologi är containerfartyget det norska företaget Yara sjösatte under 2020 (Kongsberg, u.å). Då elektriska drivlinor för fartyg är i ett tidigt utvecklingsstadium finns en del begränsningar med fartyget (Kongsberg, u.å). Till exempel är det utvecklat för att endast framföras i det norska närområdet, och har därmed en kort räckvidd (Kongsberg, u.å). Även dess lastkapacitet är begränsad till 120 TEU (Kongsberg, u.å), som jämförelsemått beräknas den genomsnittliga lastkapaciteten för containerfartyg år 2025 vara 12 000 TEU (Merk, 2018)

För att fartyg med elektrisk drivlina ska kunna vara helt koldioxidneutrala är det dock en förutsättning att man laddar fartyget med enbart grön el (Hui Xing et al, 2020). Denna del av infrastrukturen är än så länge inte uppnådd och kräver utveckling innan tekniken är fullt skalbart (Hui Xing et al, 2020) . Det finns även problem med batteriernas låga energidensiteten vilket innebär att det i dagsläget inte är optimalt att bygga fartyg med enbart elmotorer till stora kommersiella fartyg (Hui Xing et al, 2020). Jeswiet och Sonoc (2014) menar att ett annat problem även är att tillgången på litium, som används vid tillverkning av litiumjonbatterier, potentiellt kan bli bristande innan 2023.

Ett alternativ till full elektrifiering är att börja implementera hybriddrivlinor, det vill säga drivlinor som kombinerar traditionella förbränningsmotorer och elmotorer (IEEE, 2019). Detta är en metod som kan användas som komplement till dagens traditionella dieselmotorer för att sänka dess miljöpåverkan (IEEE, 2019). Metoden har testats i flera applikationer inom shipping och gett goda resultat, exempelvis vid implementation på norska kryssningsfartyg där man kunde se minskningar på 20 % av koldioxidutsläpp (IEEE, 2019). I en annan studie har man kunnat

konstatera att shippingbolagen kan spara 1 270 000 USD per fartyg och år genom att utnyttja drivlinor av hybridtyp (Dedes et al, 2011) .

### 3.3.8. Shore side electricity

Fraktfartyg släpper ut stora mängder koldioxid även när de ligger i hamn på grund av att de använder stora mängder elektricitet som genereras av dieselmotorer (Cooper, 2003). De aktiviteter som orsakar de höga utsläppen är bland annat lastning och avlastning (Cooper, 2003), samt kommunikation, belysning och ventilation (Winkel et al, 2016). Ett alternativ till de ineffektiva dieselmotorerna är att ansluta fartygen till en elektricitetskälla på land. Denna teknik kallas för shore side electricity (SSE), även känt som cold ironing (Hui Xing et al, 2020) .

Enligt Hall (2010) kan användning av SSE i Storbritannien resultera i en minskning på nästan 25 % av mängden utsläpp koldioxid i hamn. I stort sett all litteratur pekar på att SSE är en effektiv metod för att reducera utsläppen av koldioxid (Lei, 2019). Effektiviteten av SSE varierar dock mycket beroende på var det implementeras då olika delar av världen använder sig av olika mycket grön energi (Lei, 2019). I de allra flesta fall beror effekten av SSE därmed på det nationella elektricitetsnäten (Hall, 2010).

En implementation av SSE är svårt att motivera ekonomiskt, vilket pekas ut av bland annat Winkel et al (2016). Även Tseng & Pilcher (2015) nämner att det finns många fördelar med SSE på sikt men att de initiala investeringskostnaderna är höga. Kostnaderna för SSE varierar beroende på flera parametrar, exempelvis vilket fartyg som ska använda tekniken , vilken last fartyget fraktar samt vilken elektrisk frekvens fartyg använder (EU, 2005). Om fartyget är större krävs mer elektricitet för att driva det (EU, 2005). Kostnaden ökar även om fartyget är designat för elektricitet med 60 hz, eftersom det då fordras en omvandlare för att omvandla elektricitet från den vanligaste frekvensen som är 50 hz (EU, 2005). Dessa omvandlare beräknas kosta någonstans mellan 300 000 och 500 000 euro (Jivén, 2004). Dessutom krävs speciella transformatorer ombord på båtarna som beräknas kosta mellan 60 000 till 140 000 euro (Jivén, 2004). I en analys gjord av Port of Gothenburg (2009) beräknas de operativa kostnaderna för shippingbolag att bli 300 000 euro per år och fartyg, efter att investeringen har betalats tillbaka. I jämförelse kostar det 280 000 euro per år att driva fartygen i hamn via hjälpmotorer (Port of

Gothenburg, 2009). Att installera ny kabel i gamla terminaler är dessutom mycket dyrare än att installera ny kabel i nya terminaler, vilket alltså är ytterligare en sak att ta hänsyn till (EU, 2005).

SSE har utvärderats och implementerats i flera hamnar runt om i världen, där några exempel är Göteborgs hamn, Helsinki, Lübeck och Los Angeles (Lei, 2019). Ett problem som uppstått är dock att förseningar hos fartygen kan ske på grund av otillräcklig infrastruktur samt brist på struktur i hamnar (Lei, 2019). Fraktfartyg kan då behöva accelerera under resan för att hinna leverera i tid, vilket leder till ett större utsläpp av koldioxid vilket potentiellt minskar den positiva effekten från SSE (Lei, 2019). Lei (2019) noterar dock att det fortfarande saknas forskning för att kunna bestämma den totala påverkan SSE har på mängden koldioxid som släpps ut.



## 4. Diskussion

Under diskussionen diskuteras och jämförs de olika teknikerna och strategierna utifrån referensramen. Det innebär att diskussionen baseras på de tre parametrar som identifierats, samt förs utifrån de olika intressenternas perspektiv. Diskussionen, och även slutsatserna, baseras på litteraturgenomgång och intervjustudien. Diskussionen som förs är kvalitativ, där samtliga parametrar används för att utvärdera och jämföra de olika teknikerna och strategierna.

### 4.1. Teknikernas och strategiernas påverkan på koldioxidutsläpp

Hur stor inverkan de olika teknikerna och strategierna har på de totala koldioxidutsläppen bör variera kraftigt beroende på hur de implementeras. Slow steaming beskrivs ha potential att minska mängden koldioxidutsläpp med 59 % (Wärtsilä 2010), men då denna siffra både kan stiga och sjunka beroende på skeppets hastighet bör inverkan av strategin variera kraftigt mellan olika företag, men även mellan olika skepp. Samma problematik karaktäriserar färdoptimering, där litteraturen bedömt att reduktionen av koldioxidutsläpp ligger någonstans mellan 0-23 % (DNV GL, 2016; Bouman et al, 2017; OCIMF, 2011). Detta antas bero på att färdoptimering kan ha flera syften, om ett företag använder metoderna för att minska utsläpp hade resultatet med stor sannolikhet legat i de övre delarna av spannet. Om företagen istället använder optimeringsteknikerna för att minska ledtid, antas inverkan på koldioxid vara betydligt mindre. Om ett företag till exempel använder motståndsoptimering för att kunna hålla en högre hastighet bör den potentiella reduktionen närma sig försumbara nivåer. Trots att den påverkan slow steaming och färdoptimering har på koldioxidutsläpp varierar beroende på implementation, finns det väldigt få argument för att inte implementera dessa lösningar ur ett hållbarhetsperspektiv. Ett problem som dock hade kunnat uppstå vid en implementation av slow steaming, är att företagets totala lastkapacitet minskar vid långa ledtider. Detta innebär i teorin att företagen kan behöva fler fartyg för att möta efterfrågan, vilket hade kunnat leda till att reduktionen av utsläpp blir betydligt mindre.

CCS har potential att minska mängden koldioxidutsläpp med upp till 70 % (Hui Xing, 2020), vilket innebär att CCS kan vara ett av de effektivaste sätten att minska shippingbranschens koldioxidutsläpp i dagsläget. Metoden bygger dock på att de indirekta utsläppen, det vill säga de

som sker vid transport eller lagring av koldioxiden, inte blir för stora i förhållande till mängden koldioxid som samlas in. Likt slow steaming kan även den minskade kapacitetet vid en implementation av CCS leda till att bolagen behöver fler fartyg för att möta efterfrågan, vilket skulle innebära ökade indirekta utsläpp. En annan faktor som bör vägas in är att koldioxiden som samlas in inte försvinner. Eftersom lagringen av koldioxid kräver specifika förhållanden kan det även ifrågasättas hur hållbar CCS är ur ett långsiktigt perspektiv.

Av de tekniker och strategier som tagits upp kan LNG, biobränslen, vätgas samt elektrifiering beskrivas som alternativa bränslekällor. Datan relaterad till dessa är inkonsekvent vilket har lett till att spannen som presenterats i rapporten är relativt breda. LNG beräknas minska koldioxidutsläppen med 5-30 % (Bouman, 2017). I och med att det skiljer sig 25 procentenheter mellan det lägre och övre estimatet kan det vara svårt för företagen att motivera en sådan implementation, speciellt om stora investeringar i fartyg och infrastruktur potentiellt resulterar i en reduktion på enbart 5 %. En annan faktor som kan förhindra en implementation likt denna är att en sådan reduktion helt enkelt inte räcker för att möta framtidens behov. Ett bättre alternativ är isåfall att använda biobränslen, som beroende på biomassa kan reducera utsläppen med upp till 90 % (Börjesson et al, 2010). Detta bygger dock på att framställningen av biomassa sker på rätt sätt. Ett första steg hade kunnat vara att blanda ut vanlig diesel med biodiesel (Hui Xing et al, 2020). Ett 50/50 förhållande hade resulterat i markant koldioxidreduktion, eventuellt tillräckligt för att nå målen som satts upp av IMO. Ett annat alternativt bränsle som har potential att möta IMO:s krav är vätgas, detta då de anses ha potential att vara helt klimatneutralt (AFDC, 2021). Problemet med vätgas är att implementationen fortfarande är osäker, samtidigt som produktionen är energikrävande. Detta innebär att de indirekta utsläppen är svåra att kvantifiera, den totala miljöpåverkan kommer variera kraftigt beroende på om energin som krävs vid produktionen är hållbar eller fossil (Halim et al, 2018). Samma problematik präglar elektrifiering (Hui Xing et al, 2020). Potentialen hos båda teknikerna är stor, men sätter stora krav på varje nations energipolitik och energikällor. För att dessa ska vara relevanta krävs därmed påtryckningar från myndigheter, både på ett nationellt och internationellt plan. Utan en väl fungerande samt hållbar infrastruktur för energi finns det väldigt få incitament att fortsätta utveckla dessa tekniker givet att målet är att minska koldioxidutsläppen.

SSE skiljer sig från de andra metoderna eftersom den endast påverkar nivåerna av koldioxid när fartygen ligger i hamn. Reduktionen av koldioxid i hamn beräknas ligga på ungefär 25 % (Hall, 2010), det vill säga betydligt mindre än övriga tekniker. Vad som inte är fastställt är hur mycket av den minskningen som negligeras av att fartyg måste åka snabbare på grund av förseningar som SSE orsakar, vilket är en viktig parameter att ta hänsyn till (Lei, 2019). Ytterligare en sak som är viktig att ta hänsyn till är var elen kommer ifrån och hur den produceras, precis som med vätgas och elektrifiering.

I teorin hade slow steaming, färdoptimering, CCS och SSE kunnat kombineras för att ge en aggregerad effekt. Genom att sänka fartygens koldioxidutsläpp med slow steaming (59 %) och färdoptimering (23 %) hade den totala reduktionen potentiellt landat på 68,4 %, ifall CCS sedan fångar upp 70 % av utsläppen kan den totala reduktionen i teorin uppgå till 90,5 %. Detta förutsätter dock perfekta förhållanden och samspel mellan teknikerna. En mer realistisk siffra är troligen lägre, men bör fortfarande vara en markant reduktion. Ifall dessa tekniker kombineras med förslagsvis biobränslen hade den totala inverkan på utsläpp teoretiskt sett kunnat vara positiv. Detta förutsätter dock att biomassan binder mer koldioxid än vad som släpps ut från fartygen. Det vill säga att CCS fångar mer koldioxid än produktion av biobränslet släpper ut, samt att de indirekta utsläppen hos CCS och produktionen av bränslet inte är för höga.

## 4.2. Teknikernas och strategiernas ekonomiska påverkan

De rörliga kostnaderna kopplade till de alternativa bränslekällorna relateras till den förändring i operativ kostnad som krävs för att driva ett fartyg med den alternativa källan. För LNG, ett drivmedel som har implementerats storskaligt (Xu & Yang, 2019), estimeras denna ekonomiska påverkan till en kostnadsökning på 10-25 % (Bloomberg, 2015; Levander, 2011). För andra drivmedel, vars implementation inte varit lika storskalig som den för LNG, finns inte data på denna förväntade ekonomiska påverkan. För att kunna jämföra den rörliga ekonomiska påverkan behövs därmed ett annat jämförelsemått.

I rapporten har bränslenas kostnad per energienhet erhållits. Vårt jämförelsemått HFO, det drivmedel som används oftast (IMO, 2020), har en kostnad per energienhet på 0,0125 USD/MJ, för LNG blir samma mått med dagspriset på LNG 0,0072 USD/MJ. För biodiesel är den

beräknade kostnaden per energienhet 0,0344 USD/MJ, även vätgas har en relativt hög kostnad per energienhet på 0,0333 USD/MJ. Vid beräkning av kostnaden per energitäthet för vätgas användes ett estimerat pris av US Department of Energy & ARGONNE (2019). Slutsatser som kan dras utifrån dessa siffror är att de drivmedel som har implementerats i mindre skala har betydligt högre pris per energienhet, vilket kan leda till spekulationer i kring huruvida en mer storskalig implementation kan leda till drivmedelspriser som kan konkurrera med HFO. Ett problem med metodiken som använts vid jämförelsen av bränslekällorna är att verkningsgraden för de olika teknikerna inte nödvändigtvis är lika stor. Verkningsgraden för LNG blir till exempel lägre på grund av metanglidning (Hui Xing et al., 2020), vilket jämförelsen inte tar i beaktning. Detta blir tydligt i och med att det estimerade priset per energitäthet, för LNG, är lägre än det för HFO trots att forskning baserat på verkliga data visar på en operativ kostnadsökning (Bloomberg, 2015; Levander, 2011).

För strategier som syftar till att direkt minska bränsleförbrukning, som slow steaming och färdoptimering, blir den rörliga ekonomiska påverkan ofta direkt kopplad till hur stor minskning som kan realiserats. Då bränsleförbrukningen kan uppgå till 60 % av shippingbolags operativa kostnader kan denna kostnadsreduktion bli signifikant (Stratois, 2018). Studier visar på att slow steaming, i teorin, kan bidra med en minskning av bränsleförbrukning på upp till 80 % (Gilbert et al, 2014), men denna potentiella minskning av bränsleförbrukning är varierande och beror på vilken hastighet shippingbolagen väljer för sina skepp. För en strategi likt färdoptimering är det mindre varians i hur stor minskningen av bränsleförbrukningen kan antas bli. Istället är en fullständig implementation alltid att föredra om förbrukningen ska minskas. Efter en aggregering av våra datakällor antas denna reduktion av bränslekostnader kunna uppgå till 23 % vid en fullständig implementation av de olika tekniker som innefattas av färdoptimering.

En positiv implementation av slow steaming, ur ett rörligt ekonomiskt perspektiv, går inte att genomföra utan att analysera de alternativkostnader som antas uppkomma vid en minskning av hastighet. Om efterfrågan är hög kommer inte shippingbolag med långa ledtider kunna möta kundernas behov. En ökad hastighet innebär kortare ledtid och därmed även högre kapacitet. När denna efterfrågan inte möts uppstår en alternativkostnad som i vissa fall kan överskrida den kostnadsbesparing som kan göras med hjälp av lägre hastigheter. Med tanke på denna alternativkostnad kan den ekonomiska påverkan aldrig antas vara ekvivalent med den besparing

som görs i bränslekostnader. Då slow steaming är en rent operativ åtgärd som är lätt att implementera samt lätt går att anpassa efter aktuellt utbud och efterfrågan kan det antas att ekonomisk nettopåverkan aldrig understiger noll. Var inom detta spann nettopåverkan landar kommer variera mycket beroende på last, transportsträcka, samt intern värdering av minskade koldioxidutsläpp. För färdoptimering behövs ingen sådan analys göras, då implementation av denna strategi inte bör innebära negativa förändringar i företagens ledtider.

Tekniker som faller under carbon capture and storage förväntas inte bidra med en positiv rörlig ekonomisk påverkan i nuläget. En implementation av sådana system kommer innebära ökad bränsleförbrukning och mindre lastkapacitet, vilket kommer leda till en negativ påverkan på shippingbolagens operativa kostnader (Hui Xing, 2020). De processer som krävs för att frakta och lagra den insamlade koldioxiden kommer också innebära kostnader som kan antas falla på shippingbolagen, i alla fall delvis. Inte heller en implementation av shore side electricity beräknas leda till en positiv rörlig ekonomisk påverkan för shippingbolagen. Att driva fartygen i hamn med hjälpmotorer beräknas kosta 20 000 USD mindre än att göra det via el per år och fartyg (Port of Gothenburg, 2009), det kan verka som en liten kostnad men för rederier med flera hundra skepp ackumuleras dessa kostnader fort. Att implementera dessa strategier kan därför antas ha en negativ ekonomisk påverkan innan priset på utsläpp av koldioxid ökar för shippingbolagen. Detta kan ske antingen genom utsläppsrätter, beskattning, eller att kunder väljer att bortprioritera de företag som inte vidtar tillräckliga åtgärder för att minska sina utsläpp (Extern aktör 1).

En analys av de rörliga kostnaderna som kan uppstå vid en implementation av elektriska drivlinor på fartyg är svår att göra då tekniken är i början av utvecklingsstadiet. Hybriddrivlinor kan ses som ett alternativ, där konventionella förbränningsmotorer kombineras med eldrift. En sådan lösning har i en studie uppvisat besparingar på 1 270 000 USD per fartyg och år (Dedes et al, 2011). Det norska rederiet Yara beställde ett containerfartyg, med en helt elektrisk drivlina, vilket levererades i slutet av 2020 (Kongsberg, u.å). Vi tror att vidare studier av liknande skepp kan vara värdefulla, men en fullständig analys av den rörliga ekonomiska påverkan elektriska drivlinor kan bidra med är omöjlig att göra i dagsläget.

En annan aspekt som är viktig att redogöra för är den fasta ekonomiska kostnaden för shippingbolagen vid implementation av en ny teknik eller strategi. En rent operativ lösning, likt slow steaming, antas inte innebära några fasta kostnader för shippingbolagen. Även de fasta kostnader som kan relateras till en implementation av färdoptimering bör vara försumbara i jämförelse med industrins övriga kostnader. Att implementera andra tekniker, så som vätgas eller elektriska drivlinor, antas däremot innebära höga fasta kostnader för shippingbolagen. Dessa strategier är inte storskaligt implementerade, så det saknas tillförlitlig data på den exakta magnituden av dessa kostnader. Under intervjustudien har det dock framkommit att de steg som krävs för implementeringen, utveckling av nya drivlinor och byggnation av nya skepp att installera dessa på, är ytterst stora kostnader för shippingbolagen (Shippingbolag 2). Även en implementation av LNG kräver investeringar i nya fartyg, vilka är dyrare än fartyg drivna på HFO. En fallstudie beräknade kostnadsökningen för ett fartyg drivet av LNG till 27 % dyrare än ett likvärdigt fartyg drivet på HFO (Xu, H. Yang, D. 2019). Här antas däremot de utvecklingskostnader som kan uppstå vid en implementering av vätgas eller elektriska drivlinor vara betydligt högre, då LNG är en teknik som har sett en storskalig implementation.

I jämförelse med de stora kostnaderna som antas tillkomma vid en implementering av vätgas eller elektriska drivlinor är biodiesel en alternativ bränslekälla som inte nödvändigtvis innebär stora fasta kostnader för shippingbolagen. För att driva ett fartyg med biodiesel behövs inga, eller minimala, modifieringar av de förbränningsmotorer som redan är installerade (Hui Xing et al, 2020) vilket innebär att kostnaderna för implementering är små.

De två teknologierna Shore side electricity och Carbon capture system är ur ett ekonomiskt perspektiv likt vätgas och elektrifiering. De har höga investeringskostnader (Tseng & Pilcher, 2015; Roussanoglou N, 2021) och antas inte bidra med en positiv rörlig ekonomisk påverkan vid implementering. Detta leder till att en implementering av dessa teknologier i nuläget inte kan motiveras ekonomiskt.

### 4.3. Teknikernas och strategiernas mognadsgrad

Generellt sett har de alternativa bränslen som tagits upp i rapporten en relativt låg mognadsgrad, speciellt när det kommer till vätgas samt elektrifiering. Trots detta ses vätgas av många aktörer

som en potentiell framtida lösning (EU, 2020), detta beror främst på att den enda restprodukten vid förbränning av vätgas är vattenånga (AFDC, 2021). Förutsatt att utvecklingen sker i stadig takt bör detta göra att vätgas blir ett mer och mer attraktivt alternativ, speciellt när större krav sätts på hållbarhet och priset på olja stiger. Problematiken är att bränslet fortfarande är obeprövat (EU, 2020) vilket gör att få studier finns i dagsläget, speciellt för att styrka dess kommersiella bruk. Detta i kombination med bristande infrastruktur (Shippingbolag 2) samt produktionsmöjligheter gör att vätgas inte är en möjlig lösning i dagsläget. Denna problematik präglar även elektrifiering som anses ha potential, men som i dagsläget saknar konkreta lösningar (Hui Xing et al, 2020). Kapaciteten hos batterierna klarar varken av längden på transportsträckorna eller storleken på fartygen (Hui Xing et al, 2020). En fördel med elektrifiering är dock att dess implementation kan ske i flera steg, detta skulle kunna minska eventuella instegsbarriärer. Exempelvis skulle produktionen av hybridmotorer kunna bana väg för helt eldrivna fartyg genom att infrastruktur och batteriteknik utvecklas gradvis. Något som hade kunnat stoppa denna utveckling är däremot brist på litium till litiumjonbatterier (Jesweit och Sonoc, 2014).

Fartyg som drivs av LNG har ur ett tekniskt perspektiv en hög mognadsgrad, däremot gör den bristande infrastrukturen (Hui Xing et al, 2020) att en global implementation fortfarande är svår att genomföra. Detta beror på att fartygen endast kan tanka i specifika hamnar, vilket potentiellt skapar längre rutter eller begränsar företagets transportnät. LNG är dock en relativt beprövad lösning och det finns redan mycket data och information gällande bränslet (Müller-Casseres et al, 2021). Givet rätt påtryckningar från myndigheter går alltså en fullskalig implementation att genomföra. Till skillnad från tidigare nämnda bränslen begränsas LNG snarare av en brist på produktion av bränslet, snarare än den tekniska utvecklingen (Hui Xing et al, 2020). Biobränslen har likt LNG en relativt hög mognadsgrad ur ett tekniskt perspektiv. I och med att biodiesel kan användas med många nuvarande båtmotorer (Hui Xing et al, 2020) skulle en sådan implementation gå relativt smidigt. Istället ligger teknikens flaskhals i dess produktion. För att kunna implementera biobränslen behövs stora mängder biomassa, som i sin tur kräver mycket mark och stora volymer vatten (Hui Xing et al, 2020). Därmed kommer fokus behöva ligga på att effektivisera, utöka och utveckla den produktion som finns i dagsläget. Givet en storskalig produktion hade även priset kunnat pressats ner vilket skulle kunna minska instegsbarriär.

Slow steaming har använts med goda resultat i över 10 år och är därmed en av teknikerna med absolut högst mognadsgrad. Metoden kräver i de flesta fall inga investeringar och är lätt att applicera. Eftersom metoden både sparar företagen pengar och minskar utsläpp (Hui Xing et al, 2020) är den en attraktiv lösning för nästan alla parter, undantaget är eventuellt kunder som riskerar längre ledtid. Samma sak gäller färdoptimering som är, och med stor sannolikhet kommer fortsätta att vara, en lätt och användbar strategi (Marine Digital, 2020), dock med betydligt mindre effekt på bränsleförbrukning och därmed även på koldioxidutsläpp. Värt att nämna är dock att mognadsgraden hos färdoptimering kan öka ytterligare, givet att ett system som förhindrar köer i hamnar implementeras. . En fördel med färdoptimering är att algoritmerna kommer fortsätta utvecklas och därmed bli mer och mer effektiva, detta innebär strategin med stor sannolikhet kommer implementeras på allt fler fartyg. Ännu en fördel med slow steaming och färdoptimering är att de inte är beroende av specifik infrastruktur, allt som krävs finns ombord på båtarna vilket inte begränsar dem till specifika rutter eller områden.

Carbon Capture and Storage (CCS) och Shore Side Electricity (SSE) har en relativt hög teknisk mognadsgrad, men begränsas av bristande infrastruktur. Fördelen med CCS är att den kan appliceras direkt på fartygen, problematiken kommer när man sedan ska transportera koldioxiden som fångats in (Yuting Tan et al, 2016). En storskalig implementation bygger dessutom på att det finns tillräcklig lagring för koldioxiden. Eftersom lagringen kräver specifika förhållanden (SGU, 2020) kan det även antas att utrymmet är begränsat, vilket gör att det potentiellt inte är en framtidslösning.

Likt CCS har SSE börjat implementeras. Ett problem med SSE som tas upp är att bristande infrastruktur kan leda till förseningar vilket motverkar dess syfte (Lei, 2019). Speciellt i större hamnar hade detta kunnat bli problematiskt då det kunnat skapa köer eller problem med logistik. Det krävs dessutom mer forskning för att kunna avgöra hur stor den totala påverkan SSE har på koldioxidutsläppen (Lei, 2019), vilket pekar på att tekniken fortfarande inte är helt utvärderad.



#### 4.4. Studiens relevans och vidare efterforskning

Studiens relevans motiveras av den framtagna referensramen då denna metod för att jämföra och bedöma tekniker och strategier inte använts tidigare. Det har framkommit från litteraturgenomgången att flertalet tidigare studier har beskrivit rapportens tekniker och strategier utifrån antingen ett ekonomiskt eller hållbart perspektiv, men väldigt få har utvärderat dessa aspekter tillsammans. Litteraturgenomgången visade även att mognadsgrad är ett koncept som inte tidigare använts för att utvärdera dessa tekniker och strategier. Eftersom referensramen är baserad på, samt motiverad av shippingbranschens intressenter, bör den kunna användas vid framtida studier som berör ett liknande ämne.

En begränsning hos resultatet som bör tas upp är bristen på data. Bedömningen och jämförelsen som gjorts ovan baseras på intervjuer och tidigare studier, därmed blir bedömningen kvalitativ och baserad på författarnas egna observationer. Studier gällande påverkan på koldioxidutsläpp hos olika tekniker och strategier har varit relativt inkonsekventa vilket gjort en kvantitativ bedömning väldigt svår. Även den ekonomiska påverkan har varit svår att analysera då det finns få publicerade artiklar gällande vissa av teknikerna kopplat till shipping, exempelvis elektrifiering. Mognadsgrad är ett brett koncept där en helt separat studie hade varit nödvändig för att utvärdera teknikernas mognadsgrad ur ett helhetsperspektiv, speciellt då denna parametern snabbt kan förändras vid ny forskning eller nya upptäckter. Studiens bedömning blir därför relativt grundläggande, där resultatet bör ses som en källa till inspiration eller riktlinjer för vidare studier, snarare än absolut fakta.

För att få ett starkare underbyggt resultat krävs mer forskning inom området. Koldioxidutsläppen kan mätas tillsammans med företag som är aktiva inom branschen, detta för att få uppdaterad och konkret data. Även den ekonomiska påverkan kan utvärderas i samband med shippingbolagen för att få en helhetsbild. Här kan investeringskostnader, operativa kostnader samt alternativkostnader slås samman för att ge en bedömning som överensstämmer med verkligheten. Mognadsgraden kan bedömas genom en kartläggning av nuvarande infrastruktur, hastigheten som teknikerna utvecklas i, samt hur snabbt kostnaderna för implementation sjunker. För att åstadkomma detta krävs en djupgående datainsamling, framförallt hos företag och hamnar, men även på forskningsinstitut och avdelningar som ägnar sig åt forskning och utveckling. En sådan

undersökning är omfattande, men hade kunnat resultera i en rättvis bedömning. Kartläggningen kan då ge en representativ bild av shippingbranschens möjligheter att reducera mängden koldioxidutsläpp.

## 5. Slutsats

För att shippingbranschen ska utvecklas kommer det krävas påtryckningar från både myndigheter och organisationer. Ett införande av till exempel miljöskatter bör leda till ökade oljepriser vilket kommer fungera som incitament för utveckling inom branschen. För tekniker med lägre mognadsgrad eller låg ekonomisk potential kommer detta finansiella incitament vara viktigt för vidare utveckling. För att möta kraven från kunder och finansiärer kommer branschen behöva genomgå gemensamma förändringar, detta för att enskilda aktörer inte ska förlora sin konkurrenskraft.

Både slow steaming och färdoptimering har en positiv inverkan ur både ett ekonomiskt och hållbart perspektiv, och är redan nu implementerade på många fartyg. En viktig aspekt vid implementering av slow steaming är att bolagen kommer behöva ta hänsyn till den alternativkostnaden som uppstår vid längre ledtider. Färdoptimering har inte potential att på egen hand lösa branschens problem, men är ett effektivt och billigt sätt att spara både bränsle och minska koldioxidutsläpp.

Av de alternativa bränslen som berörts under studien bedöms biobränslen ha störst potential. Detta baseras på stora reduktioner av koldioxid och låga fasta kostnader. Biobränslen är i dagsläget dyra rent operativt, denna nackdel bör minska i takt med att produktionen utvecklas och oljepriserna stiger. Detta bygger dock på att tillräckligt stora volymer biomassa kan tillverkas samt att rätt typ av biomassa används i produktionen. Förutom biobränslen är det endast LNG som hade kunnat implementeras på en stor skala inom en snar framtid. Ur ett ekonomiskt perspektiv beräknas LNG ha lägre operativa kostnader än biobränslen, men större fasta kostnader. Mognadsgraden för LNG anses vara likvärdig, om inte högre än biobränslen. Det som håller tillbaka LNG är dessa låga påverkan på koldioxidutsläppen, samt dess bristande utbud. En investering i LNG riskerar därmed bli kortvarig, både på grund av utbud och krav från andra aktörer. El och vätgas anses ha hög potential för att minska de totala koldioxidutsläppen, men är i dagsläget för dyra och tekniskt svåra att implementera. Dessa teknikernas påverkan på de totala utsläppen bygger dessutom på att den energin som används vid laddning respektive produktion är hållbart framställd.

CCS anses ha stor potential ur ett hållbart perspektiv och vara ett av de effektivaste sätten för branschen att minska sitt koldioxidutsläpp. Detta förutsätter att relevant infrastruktur byggs ut, att tillräckligt med lagringsutrymmen finns för att tekniken skall kunna användas under en längre period, samt att de indirekta utsläppen inte överstiger den koldioxid som samlas in. Den största barriären för CCS bör vara den ekonomiska aspekten. CCS innebär minskad lastkapacitet och potentiellt ökad bränsleförbrukning vilket ökar de operativa kostnaderna på fartygen. Dessutom kräver tekniken höga investeringskostnader.

Den största fördelen med SSE är att implementation och tekniken har relativt hög mognadsgrad. Däremot är inte påverkan på koldioxidutsläppen särskilt stor, speciellt om elen som tillförs inte är hållbar eller om eventuella förseningar behöver köras ikapp. Dessutom är tekniken svår att motivera ekonomiskt då den kräver relativt höga investeringskostnader och inte antas ge några operativa besparingar.

För största effekt på utsläppen bör flera av teknikerna och strategierna kombineras. De positiva fördelarna hos slow steaming och färdoptimering kan kombineras med antingen LNG eller biobränslen eftersom dess syfte är att minska bränsleförbrukning. För ännu större reduktion hade dessa tekniker kunnat kombineras med CCS, men även SSE. En sådan kombination bör resultera i en markant reduktion av koldioxidutsläpp som möter IMO's mål, men innebär även stora investeringar i både fartyg och infrastruktur.

Rapportens referensram är en innovativ metod för att jämföra olika tekniker och strategier inom shippingbranschen. Relevansen stärks framförallt på grund av parametern mognadsgrad som är ett koncept som i tidigare studier inte diskuterats. Rapporten begränsas på grund av brist på data kopplat till teknikerna och strategierna, men även på grund av parametrarnas komplexitet. För ett starkare underbyggt resultat krävs mer forskning, förslagsvis i närmare samarbete med shippingbolagen då dessa ses som en drivkraft för branschens utveckling.

# Källförteckning

Alternative Fuels Data Center. (2021). *Hydrogen Benefits and Considerations*.

[https://afdc.energy.gov/fuels/hydrogen\\_benefits.html](https://afdc.energy.gov/fuels/hydrogen_benefits.html)

Al Baroudi, H., Adeola Awoyomi, Kumar Patchigolla, Kranthi Jonnalagadda, E.J. Anthony. (2021). A review of large-scale CO<sub>2</sub> shipping and marine emissions management for carbon capture, utilisation and storage. *Applied Energy*, Volym 287. Tillgänglig på:

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116510>.

Alvehus, J. (2013). *Skriva uppsats med kvalitativ metod: en handbok*. Stockholm: Liber.

Aronietis, Raimonds & Sys, Christa & van Hassel, Edwin & Vanelslander, Thierry. (2016).

Forecasting port-level demand for LNG as a ship fuel: the case of the port of Antwerp. *Journal of Shipping and Trade*, volym 1. <https://doi.org/10.1186/s41072-016-0007-1>

Bengtsson, M. (2016). How to plan and perform a qualitative study using content analysis.

*NursingPlus Open*, volym 2, 8-14. <https://doi.org/10.1016/j.npls.2016.01.001>

Bicer, Y. ,Dincer, I. (2018). Clean fuel options with hydrogen for sea transportation: A life cycle approach. *International Journal of Hydrogen Energy*, Volym 43(2), 1179-1193.

<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.10.157>.

Bouman, E.A. E. Lindstad, A.I. Riialand, A.H. Strømman. (2017). State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping-a review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*

52(A), 408-421. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.03.022>

Bryman, A. (2011). *Samhällsvetenskapliga metoder*. Malmö: Liber

Burel, R.T., Nicola Zuliani. (2013). Improving sustainability of maritime transport through utilization of LNG for propulsion. *Energy*. Volume 57, 412-420.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.05.002>

Buurma, C. (2015). *Why shippers are turning to LNG-powered vessels*.

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-09-23/lng-powered-ships-gain-as-rising-output-answers-oil-price-tumult>

Börjesson, P., Tufvesson, L., Lantz, Mikael. (2010). *Life Cycle Assessment of Biofuels in Sweden*. Lund University, department of Technology and Society. Environmental and Energy Systems Studies. *Volym 70*, 1-80. <https://portal.research.lu.se/portal/files/3892341/4463147.pdf>

Columbia University. (2019) *Content analysis*. Hämtad 8 maj, 2021, från

<https://www.publichealth.columbia.edu/research/population-health-methods/content-analysis#:~:text=Content%20analysis%20is%20a%20research.words%2C%20themes%2C%20or%20concepts>.

Crutzen, P.J., Stoermer, E.F. (2000). The “anthropocene”. *Global change newsletter*, 41, 17-18. Stockholm: International geosphere-Biosphere Programme.

<http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf>

Crutzen, P.J. (2002) Geology of mankind. *Nature* 415(6867), 23. <https://doi.org/10.1038/415023a>

D.A. Cooper. (2003). Exhaust emissions from ships at berth. *Atmospheric Environment*, *Volym 37*( 27). [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(03\)00446-1](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(03)00446-1)

Dagkinis, I., Nikitakos, N. (2015). *SLOW STEAMING OPTIONS INVESTIGATION USING MULTI CRITERIA DECISION ANALYSIS METHOD*.

[https://marine-digital.com/article\\_optimizing\\_vessels\\_route](https://marine-digital.com/article_optimizing_vessels_route)

DNV GL. (2016). EE appraisal tool for IMO. *Project report No.: 2015-0823*.

<https://greenvoyage2050.imo.org/wp-content/uploads/2021/01/Final-EE-Appraisal-Tool-Report.pdf>

ECSA. (u.å.). *ECSA in full support of effective and well-targeted tonnage tax for shipping*.

Hämtad 14 maj, 2021, från

<https://www.ecsa.eu/index.php/news/ecsa-full-support-effective-and-well-targeted-tonnage-tax-shipping>

ECSA. (2020). *Shipping does not belong in EU Emission Trading Scheme*. Hämtad 22 april, 2021, från

<https://www.ecsa.eu/index.php/news/shipping-does-not-belong-eu-emission-trading-scheme>

Eleftherios K. Dedes, Dominic A. Hudson, Stephen R. Turnock. (2012). Assessing the potential of hybrid energy technology to reduce exhaust emissions from global shipping. *Energy policy*, Volym 40, 204-218. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.046>

Ellis, J. , Tanneberger, K. (2015). Study on the use of ethyl and methyl alcohol as alternative fuels in shipping - Report prepared for the European Maritime Safety Agency (EMSA).

<http://www.emsa.europa.eu/publications/download/4142/2726/23.html>

Engineering ToolBox, (2007). Alternative Fuels Properties, 2021. Hämtad 10 maj, 2021, från

[https://www.engineeringtoolbox.com/alternative-fuels-d\\_1221.html](https://www.engineeringtoolbox.com/alternative-fuels-d_1221.html)

Europeiska kommissionen. (2021). Politikområde Transport. Hämtad 22 april, 2021, från

[https://ec.europa.eu/info/topics/transport\\_sv\\_k/](https://ec.europa.eu/info/topics/transport_sv_k/)

Europeiska kommissionen. (2020). *Hydrogen*.

[https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-system-integration/hydrogen\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-system-integration/hydrogen_en)

Europeiska kommissionen. (2020). *Reducing emissions from the shipping sector*.

[https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping_en)

European Union. (2020). *Renewable energy statistics*.

[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable\\_energy\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics)

Freeman, R., (2004). The Stakeholder Approach Revisited. *Journal for Business, Economics & Ethics*, Volym 5(3). <http://dx.doi.org/10.5771/1439-880X-2004-3-228>

Förenta nationerna. (2015). *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*.

<https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>

Förenta nationerna. (2019). *Global Environment Outlook (6)*. Cambridge university press.

<https://content.yudu.com/web/2y3n2/0A2y3n3/GEO6/html/index.html?page=2&origin=reader>

Förenta nationerna. (2021). *Goal 13*. <https://sdgs.un.org/goals/goal13>

Förenta nationerna. (2020). *The 17 Goals*. <https://sdgs.un.org/goals>

Gaurav, N. S. Sivasankari, GS Kiran, A. Ninawe, J. Selvin. (2017). Utilization of bioresources for sustainable biofuels: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volym 73, 205-214. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.070>.

Gilbert, P. A. Bows-Larkin, S. Mander, C. Walsh. (2014). Technologies for the high seas: meeting the climate challenge. *Carbon Manag*, 5 (4), 447-461.

<https://doi.org/10.1080/17583004.2015.1013676>

Globala målen. (2021). *Om globala målen*. <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/>

Haglund, A. (2020). Ammoniak omvandlas sömlöst till vätgas med ny teknik. *Energinyheter*.



<https://www.energinyheter.se/20201202/22963/ammoniak-omvandlas-somlost-till-vatgas-med-ny-teknik>

Halim, R., Kirstein, L., Merk, O., & Martinez, L. (2018). Decarbonization Pathways for International Maritime Transport: A Model-Based Policy Impact Assessment. *Sustainability*, 10(7), 2243.

<http://dx.doi.org/10.3390/su10072243>

Hall, C. (2015). Narrative in Social Work. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.28059-8>.

Hui Xing, Stephen Spence, Hua Chen. (2020). *A comprehensive review on countermeasures for CO2 emissions from ships*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 134.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110222>.

IEEE, (2019). A Hybrid Power System Laboratory: Testing Electric and Hybrid Propulsion. *IEEE Electrification magazine*, Volym 7(4), 89 - 97.

<https://doi.org/10.1109/MELE.2019.2943982>

IMO. (2020). *Fourth IMO GHG Study*.

<https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Fourth%20IMO%20GHG%20Study%202020%20Executive-Summary.pdf>

International Energy Agency. (2011). *Cost and Performance of Carbon Dioxide Capture from Power Generation*. <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/21467305>

International Energy Agency. (2020). *Global energy and CO2 emissions in 2020*.

<https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020/global-energy-and-co2-emissions-in-2020>

International Energy Agency. (2020). *International Shipping*.

<https://www.iea.org/reports/international-shipping>

International Renewable Energy Agency, IRENA. (2018). *Renewable Energy Prospects for the European Union*.

[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Feb/IRENA\\_REmap\\_EU\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Feb/IRENA_REmap_EU_2018.pdf)

Jeffrey O. Grady, 3 - The Functional Problem Space Model. *System requirements analysis*. 151 - 357. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417107-7.00003-8>.

Jeswiet, J. Sonoc, A. (2014) A Review of Lithium Supply and Demand and a Preliminary Investigation of a Room Temperature Method to Recycle Lithium Ion Batteries to Recover Lithium and Other Materials. *Procedia CIRP, Volym 15*, 289 - 293.

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.06.006>

Jivén, K. (2004). *Shore-side electricity for shops in ports*. Mariterm AB.

<http://en.mariterm.se/wp-content/uploads/2016/08/Shore-Side-Electricity-for-Ships-Report-official.pdf>

Jonsson, P., Mattsson, S-A. (2016). *Logistik - Läran om effektiva materialflöden*. 3:e upplagan. Studentlitteratur AB.

Kindström, D., Kowalkowski, C., Parment, A. (2012). *Marknadsföring mellan företag*. 1:a upplagan. Liber AB.

Kongsberg, (u.å). *Autonomous ship project, key facts about Yara Birkeland*. Hämtad 14 maj, 2021, från

<https://www.kongsberg.com/maritime/support/themes/autonomous-ship-project-key-facts-about-yara-birkeland/>

N, Kumar., V., S, Chauhan. (2013). Performance and emission characteristics of biodiesel from different origins. *Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volym 21*. 633 - 658.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.006>

Kvale, S. (1997). Den kvalitativa forskningsintervjun. Lund: Studentlitteratur.

Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N., Balde, A.B., Bertollini, R., Bose O'Reilly, S., Boufford, J.I. et al. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet* 391(10119), 462-512. <http://dx.doi.org/10.1016/>

Lei Dai, Hao Hu, Zhaojing Wang. (2020). Is Shore Side Electricity greener? An environmental analysis and policy implications. *Energy Policy*. Volume 137. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111144>.

Levander, O. (2011). Dual fuel engines latest developments. *Wärsilä*. <https://www.stg-online.org/onTEAM/shipefficiency/programm/PPTLevander.pdf>

Malloy, P. (2019). *Run on Less Hydrogen Fuel Cells*. <https://rmi.org/run-on-less-with-hydrogen-fuel-cells/>

Marine Digital. (2020). *Optimizing your vessel's route for time and fuel consumption*. [https://marine-digital.com/article\\_optimizing\\_vessels\\_route](https://marine-digital.com/article_optimizing_vessels_route)

Merk, O. (2018), Container ship size and port relocation, *International Transport Forum*. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/container-ship-size-and-port-relocation.pdf>

Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystem and Human Well-being: Synthesis*. Washington, D.C: Island Press. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356>

Müller-Casseres, E. Francielle Carvalho, Tainan Nogueira, Clarissa Fonte, Mariana Império, Matheus Poggio, Huang Ken Wei, Joana Portugal-Pereira, Pedro R.R. Rochedo, Alexandre Szklo, Roberto Schaeffer. (2021). Production of alternative marine fuels in Brazil: An integrated assessment perspective. *Energy*, Volume 219. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119444>.

Neste. (2021). *Biodiesel prices*. Hämtad 6 april, 2021, från <https://www.neste.com/investors/market-data/biodiesel-prices-sme-fame>

Numanu, M. K. Myiawaki. (2009). Development of labor saving support system based on ship onboard operation modeling for super-eco ship. *Navigation and System Engineering Department, National Maritime Research Institute*.  
<https://www.mssanz.org.au/modsim09/Z1/numano.pdf>

OCIMF. (2011). GHG emission-mitigating measures for oil tankers. *Oil Companies International Marine Forum*.  
<https://www.ocimf.org/publications/information-papers/ghg-emission-mitigating-measures-for-oil-tankers-part-a-review-of-reduction-potential>

Patel, R. & Davidson, B. (2019). *Forskningsmetodikens grunder: att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Lund: Studentlitteratur.

Peilin Zhou, Haibin Wang. (2014). Carbon capture and storage—Solidification and storage of carbon dioxide captured on ships. *Ocean Engineering, Volym 91*, 172-180.  
<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2014.09.006>.

Port of Gothenburg. (2009). *Examining the Commercial Viability of Cold Ironing*.  
[http://www.ops.wpci.nl/\\_images/\\_downloads/\\_original/1265119200\\_greenshippingonshorepowersupply19nov2009asawilскеportofgothenburgfinal.pdf](http://www.ops.wpci.nl/_images/_downloads/_original/1265119200_greenshippingonshorepowersupply19nov2009asawilскеportofgothenburgfinal.pdf)

Poseidon Principle. (2021). *Principle 1 - Assessment of climate alignment*. Hämtad 14 maj, 2021, <https://www.poseidonprinciples.org/principles/assessment/>

Poseidon Principle. (2021). *Principle 2 - Accountability*. Hämtad 14 maj, 2021, <https://www.poseidonprinciples.org/principles/accountability/>

Poseidon Principle. (2021). *Principle 3 - Enforcement*. Hämtad 14 maj, 2021,  
<https://www.poseidonprinciples.org/principles/enforcement/>

Poseidon Principle. (2021). *Principle 4 - Transparency*. Hämtad 14 maj, 2021,  
<https://www.poseidonprinciples.org/principles/transparency/>

Regeringskansliet. (2013). *Hållbart företagande - plattform för svenskt agerande*.  
<https://www.regeringen.se/4af4f9/contentassets/b692b43679c54e0aa9ec33d05c348adf/hallbart-foretagande---plattform-for-svenskt-agerande>

Roussanoglou, N. (2021). Are Carbon Capture Ships the future?. *Hellenic Shipping News*.  
<https://www.hellenicshippingnews.com/are-carbon-capture-ships-the-future/>

Stratiotis, E. (2018). Fuel costs in ocean shipping. *More than shipping*.  
<https://www.morethanshipping.com/fuel-costs-ocean-shipping/>

Steen, M. (2016). Building a hydrogen infrastructure in the EU. *Compendium of Hydrogen Energy. Volym 4*, 267 - 292.  
<https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-364-5.00012-9>.

Steffen, W., Crutzen, P.J. och McNeill, J.R. (2007). The anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature?. *AMBIO. Volym 36*(8), 614-621.  
[http://dx.doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[614:TAAHNO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[614:TAAHNO]2.0.CO;2)

Steffen, W., Persson, Å., Deutsch, L. et al. (2011). *The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship. Volym 40*. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0185-x>

Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A. et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science 347*(6223),.  
<https://doi.org/10.1126/science.1259855>

Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T.M., Folke, C., Liverman, D. et al. (2018). Trajectories of the earth system in the anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115 (33). <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>

Svenska naturgasföreningen. (2020). *Naturgas*.  
<https://www.energigas.se/library/1575/naturgasbroschyr.pdf>

Svensson, T. (2019). *Digital försäljning till företag*. SVEA.  
[https://www.svea.com/globalassets/sweden/foretag/betallosningar/e-handel/b2b-rapport/sveas-b2b\\_rapport\\_2019.pdf](https://www.svea.com/globalassets/sweden/foretag/betallosningar/e-handel/b2b-rapport/sveas-b2b_rapport_2019.pdf)

Trading Economics. (2021). *Commodities*. Hämtad 6 april, 2021, från  
<https://tradingeconomics.com/commodity>

Tseng, P. N. Pilcher. (2015). A study of the potential of shore power for the port of Kaohsiung, Taiwan: to introduce or not to introduce?. *Research in Transportation Business & Management* 17 (2015), 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2015.09.001>

UNCTAD. (2020). *COVID-19 cuts global maritime trade, transforms industry*.  
<https://unctad.org/news/covid-19-cuts-global-maritime-trade-transforms-industry>

United Nations Development Programme. (2020). *Mål 9 hållbar industri, innovationer och infrastruktur*.  
<https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-9-hallbar-industri-innovationer-och-infrastruktur/>

United Nations Development Programme. (2020). *Mål 12 hållbar konsumtion och produktion*.  
<https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-12-hallbar-konsumtion-och-produktion/>

United Nations Development Programme. (2020). *Mål 13 Bekämpa klimatförändringar*.  
<https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-13-bekampa-klimatforandringarna/>

US Department of Energy & ARGONNE. (2019). *Total Cost of Ownership (TCO) Analysis for Hydrogen Fuel Cells in Maritime Applications – Preliminary Results*.

<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/10/f68/fcto-h2-at-ports-workshop-2019-viii5-ahluwalia.pdf>

Wang Sheng. (2020). LNG spot prices down amid demand worries. *Global Times*.

<https://www.globaltimes.cn/content/1191968.shtml>

Winkel, R. Weddige, U. Johnsen, D. V. Hoen, S. Papaefthimiou. (2016). Shore Side Electricity in Europe: Potential and environmental benefits. *Energy Policy*, Volym 88.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.07.013>

William J. Hall. (2010). Assessment of CO<sub>2</sub> and priority pollutant reduction by installation of shoreside power. *Resources, Conservation and Recycling*, Volym 54(7), 462-467.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.10.002>.

Wärtsilä, (2010). Slow steaming – a viable long-term option?. *WÄRTSILÄ TECHNICAL JOURNAL*. 50 - 55.

<https://www.wartsila.com/docs/default-source/Service-catalogue-files/Engine-Services---2-stroke/slow-steaming-a-viable-long-term-option.pdf?sfvrsn=0>

Wärtsilä, (u.å.). *Slow steam ahead*. Hämtat 6 april, 2021, från

<https://www.wartsila.com/media/article/slow-steam-ahead>

Xu, H. Yang, D. (2020). *LNG-fuelled container ship sailing on the Arctic Sea: Economic and emission assessment*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 87.

<https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102556>

Yoo, B.-Y. (2017). Economic assessment of liquefied natural gas (LNG) as a marine fuel for CO<sub>2</sub> carriers compared to marine gas oil. (MGO) *Energy*, volym 121, 772-780.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.01.061>

Yuting Tan, Worrada Nookuea, Hailong Li, Eva Thorin, Jinyue Yan. (2016). Property impacts on Carbon Capture and Storage (CCS) processes: A review. *Energy Conversion and Management*, Volume 118, Pages 204-222. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.03.079>.



# Bilagor

## Bilaga 1. Intervjumall för shippingbolag

### Processer

- Hur ser er typiska köpare ut? Och från vart till var?
- Var i processen ligger de största kostnaderna?
- Hur ser er fyllnadsgrad ut?
  - Finns det något aktivt arbete för att öka den?
- Efter att ett fartyg använts under 20 år, skrotar ni fartygen eller säljer ni de vidare?

### Leverantörer

- Vilka större leverantörer har ni som ni måste ta hänsyn till?
- Arbetar ni kort eller långsiktigt med era leverantörer?
- Vilka krav ställer ni på era leverantörer?
  - Vilka miljörelaterade krav ställer ni på era leverantörer?

### Kunder

- Vilka är era huvudsakliga kunder?
- Hur ser efterfrågan ut på era tjänster?
  - Tror ni en hållbarare produkt hade ökat efterfrågan på era leveranser?
- Vet ni hur era kunder värderar miljötänk?
  - Finns det påtryckningar från kunder kring att minska era koldioxidutsläpp?
- Vet ni vad era kunder värderar högst, snabba precisa leveranser eller låga kostnader?

### Regering och myndigheter

- Arbetar ni idag mot några beslut från myndigheter som kräver en minskning av koldioxidutsläpp?
  - Hur jobbar ni och har jobbat med dom?
- Arbetar ni proaktivt kring beslut som myndigheter och regeringen eventuellt kan komma att ta?
  - Som exempelvis miljöregleringar av olika slag?

### Allmänheten

- Hur påverkas ni, era kunder och konkurrenter av påtryckningar från allmänheten angående hållbarhetsarbete?
  - Jobbar ni förebyggande för att vara beredda på dessa påtryckningar?

## **Internt**

- Finns det några interna splittringar kring arbetet med att minska koldioxidutsläpp? Drar ni åt olika håll?

## **Koldioxidutsläpp**

- Mäter ni era koldioxidutsläpp?
- Vart i leveransen finns den största mängden koldioxidutsläpp?
  - Var tror ni att det finns störst möjlighet till minskning av koldioxid finns under leveransen?
- Hur jobbar ni för att minska utsläppen?
  - Finns det strategier ni inte implementerat och beror det på kostnad?
- Identifiera utsläpp under en frakt
  - Finns det strategier, processer eller åtgärder för att minska utsläpp ni inte använder eftersom de är för dyra?
  - Har ni några minimikrav som måste uppfyllas för att ni ska implementera en strategi som ger minskade koldioxidutsläpp?
- Vad är den största drivkraften för ert hållbarhetsarbete?
- Vart ser ni bolaget 2040, i termer av miljöutsläpp?

## Bilaga 2. Intervjumall för kundbolag

- Har ni gjort några hållbarhetsprojekt?
  - Har ni gjort några hållbarhetsprojekt som är shipping-relaterade?
  - Hur ser dessa ut isåfall?
  - Om ni inte gjort detta, vad beror det på?
- Har ni gjort några hållbarhetsprojekt i samarbete med era transportörer?
  - I så fall vilka?
- Har dessa hållbarhetsprojekt påverkat er efterfrågan?
  - Tror ni klimatneutrala produkter hade haft högre efterfrågan?
- Ser ni på ett "helhetsperspektiv" när de kommer till värdering av koldioxidutsläpp hos era produkter?
  - Räknar ni med koldioxidutsläpp för transport osv eller bara rena produktionsutsläpp?
- Vilket värde ser ni av att minska koldioxidutsläpp i er leveranskedja?
- Hur ser era kunder på hållbarhet? Är de villiga att betala mer för produkter med lägre koldioxidutsläpp?
- Är ni villiga att betala mer för att minska koldioxidutsläpp i leveransen från era transportörer?
- Är ni villiga att ha längre ledtider från era transportörer ifall det leder till minskade koldioxidutsläpp?
  - Skulle ni kunna ha en längre planeringstid för att minska koldioxidutsläpp? Exempelvis genom att beställa tidigare.
- Är ni villiga att ha en lägre leveransprecision från era transportörer ifall det leder till minskade koldioxidutsläpp?
- Skulle ni kunna tänka er att variera er orderstorlek om det skulle innebära lägre koldioxidutsläpp?

### Bilaga 3. Intervjumall för extern aktör

- Hur ser olika aktörer på koldioxidutsläpp?
  - Rederibolag och skeppsmäklare
  - Banker och finansiärer
  - Lastägare och kunder
  - Myndigheter
- Hur har efterfrågan på analyser av koldioxid förändrats över de senaste åren i jämförelse med andra produkter som ni erbjuder?
- Vart tror ni att mest arbete kan göras för att minska koldioxidutsläpp?
  - Tror ni det finns mindre, kortsiktiga lösningar som kan vara intressanta att undersöka?
  - Om en flaggstat ändrar sina regler kring utsläpp, kommer inte företagen registrera sina skepp i andra länder? Krävs det ett globalt initiativ?
  - Det finns information som visar att fyllnadsgraden på fraktskepp ska vara låg, är det något ni tror kan förbättras?
  - Vilka metoder tror ni kan vara av intresse för att minska utsläpp? Exempelvis slow steaming, ruttplanering och att inte köra tomma eller halvtomma laster? Även något relaterat till bränslen?
  - Vem är det som investerar i utvecklingen?
- Vart tror ni den största dragkraften för att minska koldioxidutsläpp kommer komma ifrån?
- Hur står ökningen av total frakt mot ökningen av koldioxidutsläpp? Kan man dra slutsatser kring hur stor minskning som skett i koldioxidutsläpp per lastenhet? Finns det data på detta?
- Varför tror ni att minskningen i koldioxidutsläpp jämfört med fleet capacity mellan 2012-2014 avstannat?



**CHALMERS**