



Sammanfattning av projektet ”Morötter och piskor inom sjöfarten för att uppnå miljökvalitetsmål”

Inge Vierth

Lina Trosvik

Kristina Holmgren

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	5
1.1. Bakgrund.....	5
1.2. Syfte och mål	6
1.3. Innehåll i denna sammanfattning	6
2. Sjöfartens utsläpp till luft och ”business-as-usual”-scenarier till 2030 och 2045.....	7
2.1. Metod	7
2.2. Resultat och diskussion.....	8
3. Åtgärder, emissionsreduktioner och åtgärdskostnader för att minska utsläppen av luftföroreningar och växthusgaser från sjöfarten.....	11
3.1. Metod	11
3.2. Resultat och diskussion.....	13
4. Styrmedel och åtgärder för att minska sjöfartens luftemissioner - rekommendationer för svenska aktörer.....	15
4.1. Metod	15
4.2. Resultat och diskussion.....	15
4.2.1. Sverige är ett av länderna som ligger i framkanten.....	15
4.2.2. Viktigt att beakta specifika förutsättningar i Sverige.....	16
4.2.3. Utmaning att nå miljö kvalitetsmålen är stor	16
4.2.4. Analyser indikerar behov av kompletterande styrmedel.....	16
4.2.5. Rekommendationer på styrmedel.....	17
5. Slutsatser och rekommendationer	18
Referenser	21
Bilaga Leveranser i projektet Morötter och Piskor	22

Lista med förkortningar

AIS	Automatic Identification System
ASEK	Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn
BAU	Business-as-usual (eng.), fortsatt verksamhet som vanligt
CH ₄	Metan
CO ₂	Koldioxid
CO _{2e}	Koldioxidekvivalenter, inkluderar koldioxid, metan och dikväveoxid.
CO _{2e} incl air pollutants	Koldioxidekvivalenter som även inkluderar påverkan på strålningsbalansen från luftföroreningar, svavel, kväveoxider och partiklar
EU ETS	EU:s utsläppshandelssystem
HFO	Heavy fuel oil (eng.), tung eldningsolja
LBG	Liquefied biogas (eng.), flytande biogas
LNG	Liquefied natural gas (eng.), flytande naturgas
MGO	Marine Gas Oil (eng.), marin gasolja
NECA	NO _x Emission Control Area (eng.), kväveoxidkontrollområde
NO _x	Kväveoxider
N ₂ O	Dikväveoxid
OPS	Onshore power supply (eng.), anslutning i hamn till landström
PM	Luftburna partiklar
RoPax	Roll-on/Roll-off passenger vessel
SCR	Selektiv katalytisk reduktion
SDS	Sustainable Development Scenario
SECA	Sulphur Emission Control Area (eng.), svavelkontrollområde
SO ₂	Svaveldioxid
STEPS	Stated Policy Scenario
TTP	Tank-to-propeller (eng.), tank-till-propeller
VHG	Växthusgaser
WTP	Well-to-propeller (eng.), källa-till-propeller

1. Introduktion

1.1. Bakgrund

Sjöfarten är en stor källa till utsläpp av växthusgaser, svaveldioxid (SO₂), kväveoxid (NO_x), och partiklar till luft (PM), vilket påverkar människors hälsa, klimatet och miljön. Då dessa utsläpp bidrar till negativa externa effekter har olika styrmedel implementerats för att minska utsläppen. Teoretiskt syftar dessa styrmedel till att nå ett mer effektivt användande av resurser i samhället, vilka genom exempelvis lagstiftningar eller genom att ge ekonomiska incitament påverkar produktionen och/eller konsumtionen av sjötransporter.

Projektet ”Morötter och Piskor inom sjöfarten för att uppnå miljö kvalitetsmål” eller ”Carrots and sticks” fokuserar på styrmedel som kan bidra till sjöfartens uppfyllande av de svenska miljö kvalitetsmålen *Begränsad klimatpåverkan*, *Frisk luft*, *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*. Projektet analyserar vilka styrmedel som är mest kostnadseffektiva med beaktande av de fyra miljö kvalitetsmålen. Att använda ett helhetsgrepp är viktigt då styrmedel som avser att minska utsläppen av ett ämne, indirekt även kan påverka utsläppen av andra ämnen.

Sedan projektets start (hösten 2017) har ett antal miljömål och förutsättningar förändrats, vilket har påverkat projektets val av analysmetoder. För det första har miljö kvalitetsmålen omformulerats från att vara kvantitativa till att huvudsakligen vara kvalitativa, vilket har påverkat möjligheterna till att följa upp målen kvantitativt. Miljö kvalitetsmålen *Frisk luft*, *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning* är numera formulerade på mer övergripande sätt än tidigare.

Målet *Begränsad klimatpåverkan* är formulerat som ett kvantitativt mål på både nationell och internationell nivå. Mer specifikt innebär klimatmålen i Sverige en minskning av växthusgasutsläpp från inhemska transporter, exklusive flyg, med 70 procent till 2030 jämfört med 2010 samt att nå nettonollutsläpp för samtliga sektorer till 2045. De svenska klimatmålen är mer ambitiösa än EU:s klimatmål. Vidare har den internationella sjöfartsorganisationen IMO (International Maritime Organisation) 2018 satt upp målet om att minska den internationella sjöfartens växthusgasutsläpp med åtminstone 50 procent till 2050 jämfört med 2008 års nivåer. Målet *Begränsad klimatpåverkan* har således varit möjligt att följa upp på ett kvantitativt sätt, medan de andra tre miljö kvalitetsmålen har utvärderats kvalitativt i detta projekt.

Det andra som har påverkat projektets val av analysmetoder är att den officiella metoden för att bestämma utsläppen till luft från Sveriges nationella och internationella sjöfart har uppdaterats. Anledningen till uppdateringen var att den tidigare metoden varit osäker och uppdateringen publicerades i december 2019. Den nya metoden är i stora delar lika med de metoder som har utvecklats parallellt i detta projekt.

Flera styrmedel för att minska sjöfartens utsläpp har nyligen implementerats eller beslutats om. Exempelvis implementerades det nordeuropeiska svavelkontrollområdet med skarpare svavelkrav SECA år 2015, det globala svaveltaket (Global Sulphur Cap) år 2020 och beslutet om att implementera det nordeuropeiska kvävekontrollområdet NECA år 2021 har fattats.¹ När det gäller minskningen av växthusgaser ställer IMO krav avseende design av nya fartyg (Energy Efficiency Design Index (EEDI) och en plan för energieffektiviseringen (Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) för samtliga fartyg. Trots dessa styrmedel är den övergripande bilden att ytterligare utsläppsminskningar behöver åstadkommas. Detta innebär att styrmedel och åtgärder behöver

¹ SECA är ett svavelkontrollområde inom Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen som tillåter en svavelhalt på 0,1 viktprocent i det bränsle som används ombord. NECA är ett kväveoxidkontrollområde som kommer införas inom samma område som SECA och kommer att kräva att nya fartyg utrustas med en teknik som reducerar kväveoxider enligt vissa standarder. Det globala svaveltaket (*Global Sulphur Cap*) implementerades globalt 2020 som tillåter en svavelhalt på 0,5 viktprocent i det bränsle som används ombord.

analyseras för att identifiera vilka som har den största potentialen att minska sjöfartens utsläpp till luft på det mest kostnadseffektiva sättet.

1.2. Syfte och mål

Projektets övergripande mål är att utveckla rekommendationer till svenska beslutsfattare och aktörer om vilka styrmedel som kan bidra till att fyra av de svenska miljö kvalitetsmålen och IMO:s klimatmål uppnås på ett kostnadseffektivt sätt. Tidigare studier som har analyserat effektivitet och genomförbarhet av specifika initiativ har huvudsakligen fokuserat på enskilda luftföroreningar eller koldioxid (CO₂)-utsläpp. Detta projekt kompletterar dessa studier genom att använda ett systemperspektiv som analyserar hur styrmedel bidrar till flera av sjöfartens utsläpp påverkas. I projektet inkluderas den internationella nivån (IMO och EU), den regionala nivån (som involverar flera länder), den nationella nivån och den lokala nivån samt deras samspel.

Projektets tyngdpunkt är åtgärder som redare genomför på grund av att styrmedel införs eller förändras; minde fokus läggs på frivilliga initiativ. Projektet exkluderar utsläpp från pramar, fritidsbåtar och fiskebåtar. Vidare exkluderas styrmedel som syftar till att öka överflyttningen från land till sjöfart.

1.3. Innehåll i denna sammanfattning

Denna sammanfattning innehåller framför allt resultat från tre rapporter som har tagits fram inom projektet ”Morötter och piskor”. Dessa rapporter har skrivits parallellt och de bygger delvis på varandra. Nedan sammanfattas de viktigaste resultaten och slutsatserna från dessa tre rapporter och det formuleras gemensamma rekommendationer. Projektets samtliga leveranser är sammanställda i bilagan

Sammanfattningen är strukturerad enligt följande: Detta avsnitt fortsätter genom att beskriva syftet och målet med projektet ”Morötter och piskor”; vidare beskrivs innehållet mer detaljerat.

Avsnitt 2 ger en översikt av utsläpp till luft från sjöfarten i Östersjön, Kattegatt och Skagerack från 2015 samt från ”business-as-usual”(BAU)-scenarier till 2030 och 2045.²

Avsnitt 3 beskriver hur utsläppsminskningar och kostnader för olika åtgärder för att minska utsläppen till luft från sjöfarten har beräknats.³

Avsnitt 4 innehåller den sista och sammanfattande rapporten som studerar styrmedel i hela världen och de specifika förutsättningarna i Sverige; förenklade samhällsekonomiska analyser genomförs och rekommendationer för svenska beslutsfattare tas fram.⁴

Avsnitt 5 sammanfattar slutsatser och ger rekommendationer baserat på projektet.

² Avsnittet baseras på Trosvik, L., Vierth, I. och Andersson-Sköld, Y., 2020. Maritime transport and air emissions in Sweden and business-as-usual scenarios for 2030 and 2045 - Based on AIS data in 2015. VTI (VTI notat 23A-2020).

³ Avsnittet baseras på Holmgren, K., 2020. Emission reductions and costs of abatement measures for air pollutants and greenhouse gases from shipping – Selected measures with importance for the Swedish Environmental Quality Objectives. VTI (VTI notat 8A-2020).

⁴ Avsnittet baseras på Vierth, I., 2020. Policies and measures to reduce air emissions from maritime transportation - Recommendations for Swedish stakeholders. VTI (VTI notat 24A-2019).

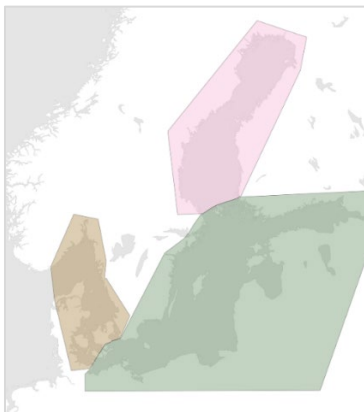
2. Sjöfartens utsläpp till luft och ”business-as-usual”-scenarier till 2030 och 2045

Det huvudsakliga syftet i rapporten Trosvik m.fl. (2020) är att ge en översikt av sjöfartens utsläpp till luft i Sveriges närområde samt att uppskatta BAU-scenarier för den framtida utvecklingen. Vidare undersöks hur de uppskattade utsläppen bidrar till uppfyllandet av de fyra svenska miljökvalitetsmålen (vilka beskrivs i avsnitt 1). Denna sammanfattning inkluderar en beskrivning av rapportens metod i avsnitt 2.1 samt en sammanfattning och diskussion av rapportens viktigaste resultat i avsnitt 2.2.

2.1. Metod

Metoden som används i den officiella statistiken för att skatta utsläpp till luft från sjöfarten har nyligen (december 2019) modifierats avsevärt. Den tidigare officiella metoden innebar osäkerheter relaterade till datainsamlingen, vilket är den främsta anledningen till att metoden modifierades. Till exempel blev den officiella statistiken över utsläpp från den inrikes sjöfarten under 2019 uppmärksam i media för att inte stämma överens med nya uppskattningar. SMHI hade med beräkningsmodellen Shipair som utgår från AIS-data (Automatic Identification System) som spårar fartyg mellan hamnar, beräknat att utsläppen från inrikes sjöfart var nära dubbelt så höga som den tidigare beräknade officiella statistiken (Windmark m.fl., 2017). Den främsta skillnaden mellan den tidigare och den uppdaterade officiella metoden är att den nya metoden delvis använder sig av AIS-data för att beräkna bränsleförbrukning från sjöfarten istället för att som tidigare basera detta på inrapporterad bunkerförsäljning enligt en månatlig enkät gjord av SCB där oljeföretag i Sverige är respondenter.

På grund av dessa osäkerheter är det relevant att använda en alternativ metod för att uppskatta utsläpp från sjöfarten. Trosvik m.fl. (2020) använder därför en metod som helt är baserad på AIS-data och beräkningsmodellen Shipair. Datasetet är framtaget av Windmark (2019) och inkluderar information om antal fartyg, olika fartygsegenskaper samt bränsleförbrukning till havs och i hamn för fartyg inom modellområdet (som täcker Östersjön, Skagerack och Kattegatt), se Figur 1.



Figur 1. Shipairs modellområde. Källa: Windmark (2019).

Datasetet är indelat i följande trafik kategorier: inrikes, internationell och ”transit”. Inrikes trafik inkluderar resor mellan svenska hamnar, internationell trafik inkluderar resor som antingen har avgått från Sverige eller ankommit till Sverige (inrikes trafik är således exkluderat) och transit trafik inkluderar alla resor i modellområdet som inte har anlöpt Sverige (all trafik till och från andra länder kring Östersjön, Skagerack och Kattegatt är alltså inkluderat).

Estimeringsmetoden av sjöfartens utsläpp till luft som används i Trosvik m.fl. (2020) är baserad på metoden som används i den europeiska guiden för beräkning av utsläpp (EEA, 2019) och kan kortfattat beskrivas enligt följande: För att uppskatta bränsleförbrukningen av olika bränsletyper kombineras den uppskattade bränsleförbrukningen (i ton) för 2015 från Windmark (2019) med estimeringar från SSPA (2018) om hur stor andel av olika bränsletyper som användes 2015.

Bränsleförbrukningen per bränsletyp (och fartygsstorlek) multipliceras sedan med de nyligen av Carlsson m.fl. (2019) publicerade emissionsfaktorer för att uppskatta sjöfartens utsläpp till luft.

För att uppskatta BAU-scenarier för utsläpp till 2030 och 2045 används olika prognoser för att göra antaganden om framtida transportefterfrågan, energieffektiviseringar och bränslebyten, bland annat används prognoser från Trafikverket (2018), Energimyndigheten (2019), DNV GL (2018) och IMO (2015).

De främsta fördelarna med metoden som används i Trosvik m.fl. (2020) jämfört med den metoden som används i den officiella statistiken är att den ger möjlighet att klassificera utsläppen på trafiktyperna inrikes, internationell och transit, samt att den omfattar utsläpp från ett specifikt geografiskt område kring Sverige, vilket ger mer information om var utsläppen har gjorts. Vidare används nyligen publicerade emissionsfaktorer som tar hänsyn till existerande och beslutade styrmedel. Datasetet ger även möjlighet att separera mellan utsläpp i hamn och utsläpp till havs.

2.2. Resultat och diskussion

Resultaten för år 2015 indikerar att utsläppen av CO₂, SO₂, PM och NO_x från inrikes sjöfart är åtminstone dubbelt så höga jämfört med den officiella statistiken som baseras på den tidigare estimeringsmetoden. Jämfört med den officiella statistiken som baseras på den uppdaterade beräkningsmetoden indikerar resultaten att utsläppen av SO₂ och PM är ungefär lika stora, medan CO₂-utsläppen är något lägre och NO_x-utsläppen är något högre. Skillnaderna kan framförallt förklaras av de uppdaterade emissionsfaktorerna som används i Trosvik m.fl. (2020).

Utsläppen från internationell och transit sjöfart⁵ är uppskattade att vara betydligt högre än utsläppen från inrikes sjöfart för år 2015. Resultaten för internationell sjöfart är dock inte möjliga att direkt jämföra med den officiella statistiken på grund av skillnader i vilka resor och geografiska områden som inkluderas. De slutsatser som ändå kan dras är att transit sjöfart har betydligt högre utsläpp av CO₂, PM och NO_x än internationell trafik, både enligt estimeringsmetoden i denna rapport och den officiella statistiken för internationell sjöfart. Utsläpp av SO₂ skiljer sig från de övriga utsläppen då den officiella statistiken indikerar betydligt högre utsläpp än enligt estimeringsmetoden i denna rapport. Detta kan förklaras av skillnader i vilken bränsletyper som antagits samt skillnader i vilka emissionsfaktorer har använts.

Av sjöfartens utsläpp av CO₂, SO₂, PM och NO_x är omkring 8–18 % gjorda i hamn för svensk sjöfart och omkring 5–13 % för internationell sjöfart baserat på Windmark (2019). Information om hur stor andel av utsläppen som görs i hamn kan underlätta analyser av vilka effekter implementering av olika styrmedel kan ha på utsläppsminskningar.

Med år 2015 som basår uppskattar även Trosvik m.fl. (2020) fyra BAU-scenarier till 2030 och 2045 där olika antaganden har gjorts om framtida transportefterfrågan, energieffektiviseringar och bränslebyten. Här presenteras endast det högsta och det lägsta scenariot:

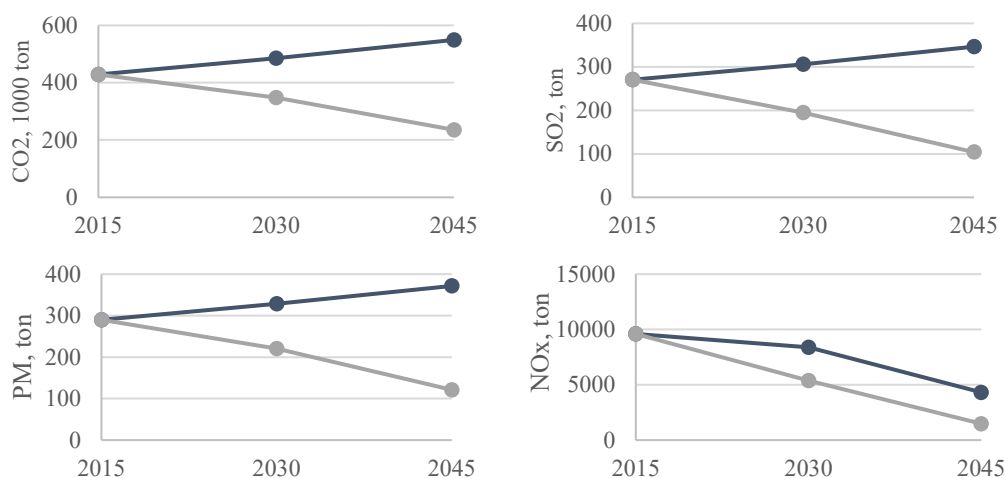
Scenario (1) inkluderar en hög transportefterfrågan baserat på Trafikverkets (2018) prognos samt en låg energieffektivisering baserat på en prognos av DNV GL (2018). Bränslemixen antas vara konstant mellan 2015 och 2045 enligt Energimyndighetens (2019) prognos. Scenario (4) inkluderar en låg transportefterfrågan baserat på Trafikverkets (2018) lägre prognos samt en hög energieffektivisering enligt IMO:s (2015) prognos. Bränslemixen antas förändras till att inkludera en högre andel LNG samt olika förnybara/koldioxidneutrala bränslen enligt en prognos av DNV GL (2018).

För inrikes sjöfart indikerar scenario (1) ökade utsläpp av CO₂, SO₂ och PM med omkring 28 % 2015–2045, se Figur 2. Utsläpp av NO_x är istället indikerade att minska med omkring 55 % över

⁵ Transit sjöfart inkluderas inte i den officiella statistiken.

tidsperioden. Scenario (4) indikerar en minskning av alla utsläpp 2015–2045. För utrikes sjöfart indikerar scenario (1) ökade utsläpp av CO₂, SO₂ och PM med omkring 37 % 2015–2045. Utsläpp av NO_x är istället indikerade att minska med omkring 51 % över tidsperioden. Scenario (4) indikerar en minskning av alla utsläpp 2015–2045.

Då alla scenarier indikerar minskande utsläpp av NO_x är den uppskattade utvecklingen över tid annorlunda från utvecklingen av de övriga utsläppen. Den annorlunda trenden av NO_x-utsläpp kan förklaras av antaganden baserade på Carlsson m.fl. (2019) som gjorts angående introduktionen av NECA, där andelen fartyg som efterlever kraven för utsläpp av NO_x förväntas öka allteftersom fartyg byts ut över tid. Den genomsnittliga livslängden kan dock förväntas vara högre än vad som antagits i Carlsson m.fl. (2019), vilket i så fall skulle innebära att utsläppen skulle minska i en långsammare takt. Det är därför relevant att undersöka om NECA bör kompletteras med ytterligare styrmedel som motiverar fartygsägare att byta ut fartyg i snabbare takt, för att uppnå uppsatta de uppsatta miljö kvalitetsmålen.



Figur 2. De högsta och lägsta uppskattade scenarierna för utsläpp av CO₂, SO₂, PM och NO_x till 2030 och 2045. Källa: Egna beräkningar som beskrivs i Trosvik m.fl. (2020).

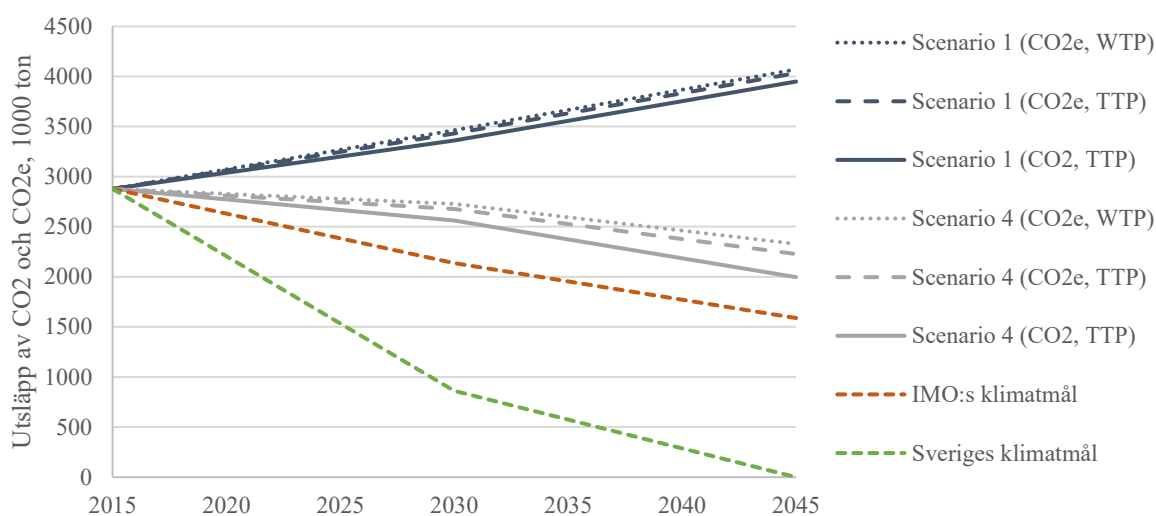
Skillnaderna mellan de uppskattade BAU-scenarierna (1) och (4) kan framförallt förklaras av att det finns relativt stora variationer i de prognoser som scenarierna baseras på. Vidare kan utsläppsminskningarna i scenario (4) förväntas vara överskattade på grund av bristande information om emissionsfaktorer för den högre andelen koldioxidneutrala bränslen i scenariot. Även om ett användande av koldioxidneutrala bränslen inte bör orsaka utsläpp av koldioxid är det möjligt att det kan bidra till utsläpp av SO₂, PM och NO_x.

Utöver detta behöver hänsyn tas till att användandet av LNG även bidrar med utsläpp av metan (CH₄), vilket har 34 gånger större inverkan på klimatet än ett lika stort utsläpp av koldioxid i ett 100-års-perspektiv. I detta avseende är det viktigt att separera mellan tank-till-propeller-perspektivet (TTP) och källa-till-propeller-perspektivet (WTP) då utsläpp från den förstnämnda endast inkluderar utsläpp från förbränning av bränsle i fartygens motorer och den sistnämnda inkluderar utsläppen från hela livscykelperspektivet av bränslet. Den ökade andelen av LNG som antas i scenario (4) innebär alltså att utsläppen av växthusgaser (eller CO₂-ekvivalenter (CO₂e)) är högre, vilket diskuteras i mer detalj nedan.

Baserat på de uppskattade BAU-scenarierna till 2045 är målen som är relaterade till miljö kvalitetsmålet *Begränsad klimatpåverkan* indikerade att inte nås. I det lägsta scenariot, scenario (4), förväntas CO₂-utsläppen från inrikes sjöfart att minska med omkring 19 % till 2030 och med 45 % till 2045. När metanutsläpp relaterade till användningen av LNG inkluderas i estimeringen är de totala växthusgasutsläppen (med ett TTP-perspektiv) istället indikerade att minska med omkring 15 % till 2030 och med 39 % till 2045. I en jämförelse mellan de uppskattade utsläppsminskningarna och de svenska

klimatmålen om att minska växthusgasutsläpp från inrikes transporter (exklusive flyg) med 70 % till 2030 (jämfört med 2010 års nivåer) och att nå nettonollutsläpp till 2045 är det tydligt att dessa mål är långt ifrån att uppnås genom att fortsätta med business-as-usual, även i det mest optimistiska scenariot.

Motsvarande uppskattningar för internationell sjöfart presenteras i Figur 3 tillsammans med de svenska klimatmålen till 2030 och 2045 och IMO:s klimatmål om att minska den internationella sjöfartens växthusgasutsläpp med åtminstone 50 procent till 2050 (jämfört med 2008 års nivåer). De tre svarta linjerna representerar uppskattade BAU-utsläpp i scenario (1); den heldragna linjen visar CO₂-utsläpp med TTP-perspektiv, den streckade linjen visar CO_{2e}-utsläpp med TTP-perspektiv, och den prickade linjen visar CO_{2e}-utsläpp med WTP-perspektiv. De tre gråa linjerna visar motsvarande uppskattningar för scenario (4). I det högsta scenariot, scenario (1), förväntas CO₂-utsläppen från internationell sjöfart att öka med omkring 17 % till 2030 och med 37 % till 2045. När metanutsläpp relaterade till användningen av LNG inkluderas i beräkningen visar de totala CO_{2e}-utsläppen från TTP-perspektiv istället på en ökning med omkring 19 % till 2030 och med 40 % till 2045. Med ett WTP-perspektiv är ökningen ännu högre då även produktion och transport av LNG bidrar med utsläpp: CO_{2e}-utsläppen pekar då mot en ökning med omkring 20 % till 2030 och med 41 % till 2045. I det lägsta scenariot, scenario (4), vilket inkluderar ett antagande om en högre andel LNG i bränslemixen, är skillnaden mellan beräkningarna för CO₂ och CO_{2e} således högre. När metanutsläppen från LNG inte inkluderas och hänsyn tas endast till CO₂, minskar utsläppen från internationell sjöfart med omkring 11 % till 2030 och med 31 % till 2045. När metanutsläpp inkluderas uppskattas de totala CO_{2e}-utsläppen (WTP-perspektiv) istället att minska med endast 5 % till 2030 och med 19 % till 2045. Sammanfattningsvis är det tydligt att fler och/eller kraftigare styrmedel kommer att krävas för att de svenska klimatmålen och IMO:s klimatmål ska nås.



Figur 3. Uppskattade utsläpp av CO₂ och CO₂-ekvivalenter för internationell sjöfart för scenario (1) och (4) med TTP- och WTP-perspektiv, tillsammans med de svenska klimatmålen och IMO:s klimatmål. Källa: Egna beräkningar som beskrivs i Trosvik m.fl. (2020).

Angående miljö kvalitetsmålen *Frisk luft*, *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning* indikerar estimeringsresultaten dubbelt så höga utsläpp av SO₂, PM och NO_x jämfört med statistik baserat på den tidigare beräkningsmetoden. Att nå dessa mål kan alltså förväntas vara längre bort än tidigare. Vidare visar resultaten i Trosvik m.fl. (2020) att utrikes och transit sjöfart bidrar med betydligt högre utsläpp än inrikes sjöfart samt att andelen utsläpp från utrikes sjöfart har ökat över tid. Även om utsläppen från utrikes och transit sjöfart huvudsakligen sker utanför Sverige kan luftföroreningar transporteras med vindar och således påverka miljön i Sverige. Detta visar att det är viktigt att ta hänsyn till utsläpp från utrikes sjöfart när svenska miljö kvalitetsmål analyseras.

3. Åtgärder, emissionsreduktioner och åtgärdskostnader för att minska utsläppen av luftföroreningar och växthusgaser från sjöfarten

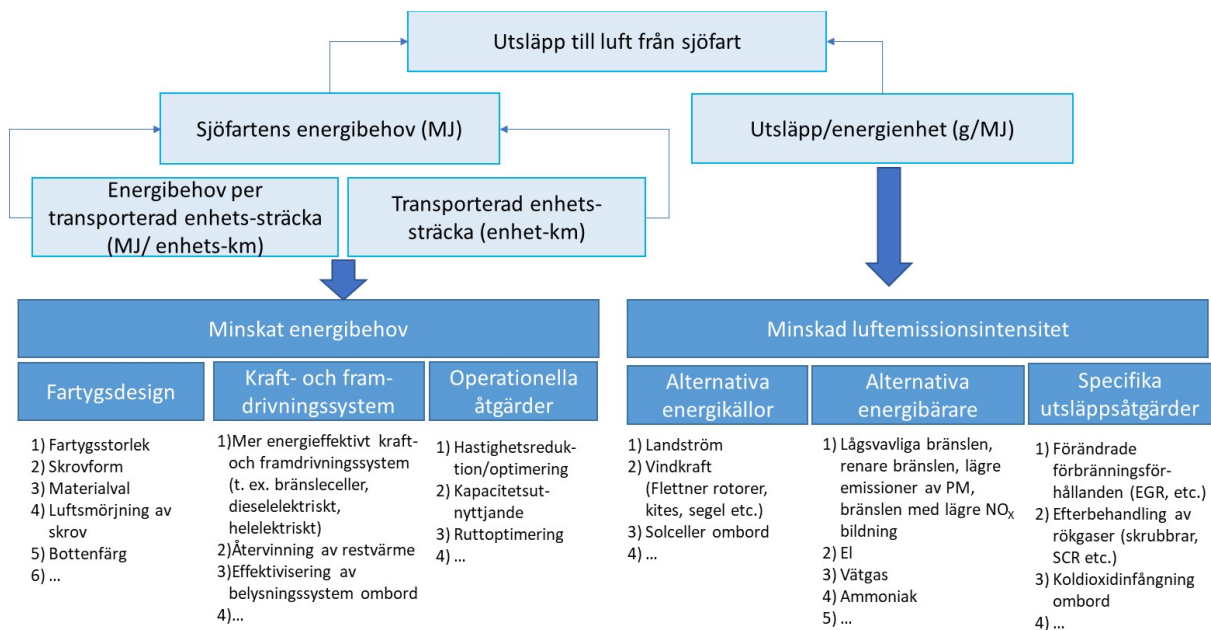
Det huvudsakliga syftet i delprojektet som presenteras i Holmgren (2020) är att sammanställa och beräkna kostnader för åtgärder som minskar utsläpp av SO₂, NO_x, PM och växthusgaser (VHG), inklusive CO₂, CH₄ och dikväveoxid (N₂O) från sjöfarten tillsammans med uppskattningar av utsläppsminskningar för dessa åtgärder.

I denna sammanfattning ingår dels en kortfattad beskrivning av rapportens metod i avsnitt 3.1 samt en sammanfattning och diskussion av rapportens viktigaste resultat i avsnitt 3.2.

3.1. Metod

Urval av åtgärder för att minska utsläpp till luft från sjöfarten

Luftföroreningar orsakade av sjöfarten härstammar från förbränning av bränsle i fartygens motorer och ugnar. Figur 4 visar faktorer som påverkar storleken på utsläpp från fartyg och kategoriserar och exemplifierar (ej uttömmande) olika typer av åtgärder som kan minska utsläppen till luft från sjöfarten.



Figur 4. Beskrivning av faktorer som påverkar luftutsläpp samt åtgärder för att minska utsläpp från sjöfarten.

För att begränsa antalet åtgärder som inkluderas i projektet, gjordes ett urval. De åtgärder som inkluderats är åtgärder som har bedömts kunna ha en betydande påverkan på utsläppsnivåerna i ett kort till medellångt tidsperspektiv. Åtgärder som däremot har bedömts vara långt från implementering, på grund av till exempel teknisk mognad, eller åtgärder som till stor del redan har implementerats har däremot lämnats utanför studien. De analyserade åtgärderna är:

- bränslebyten från MGO (Marine Gas Oil) till: flytande naturgas (LNG), flytande biogas (LBG) samt till fossil, respektive förnybar metanol
- full elektrifiering genom laddbara batterier
- anslutning till landström i hamn (Onshore Power Supply, OPS)
- selektiv katalytisk reduktion av NO_x (SCR)

- framdrivning med hjälp av rotorsegel (Flettner-rotorer)
- energieffektiviseringsåtgärder, inklusive *avancerad ruttplanering, optimerad propeller, slanka skrov* och *hybridisering*
- hastighetsreducering.

Notera att inga åtgärder som är avsedda att enbart minska svavelutsläppen är inkluderade. Anledningen är att det redan finns styrmedel på plats (SECA) som har minskat utsläppen av svavel avsevärt. Dock beräknas minskningen av svavel till följd av de åtgärder som inkluderats.

Uppskattningar av utsläppsminskningar

De luftutsläppskategorier som har inkluderats i studien är CO₂, CH₄, N₂O, SO₂, NO_x och PM. De tre växthusgaserna, CO₂, CH₄ och N₂O har dels beräknats separat och dels summerats till koldioxidekvivalenter (CO_{2e}) med hjälp av faktorerna för den globala uppvärmningspotentialen i ett 100-årsperspektiv (GWP₁₀₀-faktorer). De andra luftföroreningarna: NO_x, SO₂ och PM har också en påverkan på strålningsbalansen (den globala uppvärmningen) och resultaten presenteras och i form av koldioxidekvivalenter där även luftföroreningarna inkluderats (CO_{2e incl. air pollutants}). Dock är osäkerheten i storleken på GWP-faktorerna för luftföroreningarna betydligt större än för de långlivade växthusgaserna och de kan bidra både till värmande och kylande effekter och det spelar till viss del roll var de släpps ut. Därmed bör de resultaten anses vara av större osäkerhet. Resultaten som inkluderar GWP-sommerade luftföroreningar har inte heller använts för vidare policyanalyser eller rekommendationer.

Uppskattningar av åtgärds kostnader

Kostnadsberäkningarna är gjorda från redarnas perspektiv och inkluderar investeringskostnader för att installera åtgärderna (tekniken) på fartygen, förändrade kostnader för drift (exempelvis bränslekostnader) och underhåll, och i många fall kostnadsbesparingar till följd av minskad bränsleförbrukning. Kostnader som inte uppenbart kommer att betalas av redarna är inte inkluderade (till exempel infrastrukturkostnader). Kostnaderna per år beräknas för dels för basåret 2015 samt för fyra framtida bränsleprisscenarier för åren 2030 och 2045 som baserats på scenarier från International Energy Agency (IEA, 2019).

Bränslepriser

Beräkningarna har gjorts för fem olika bränsleprisnivåer; nivån 2015 samt med hjälp av två olika scenarier, STEPS (*Stated policy scenario*) och SDS (*Sustainable Development Scenario*) samt för två olika år; 2030 och 2045. De två scenarierna är utvecklade av internationella energimyndigheten (IEA, 2019) och vi har använt oss av nivåerna på fossilbränslen (olja och naturgas) och CO₂-kostnader (som återspeglar priset i EU:s utsläppshandelssystem EU ETS) från IEA:s scenarier och uppskattat kostnader för övriga bränslen baserat på relationer till de fossila bränslena eller andra uppskattningar om prisutvecklingen i litteraturen.

Utsläppsminskningar och åtgärds kostnader

Utsläppsminskningar och relaterade åtgärds kostnader uppskattas för de olika inkluderade åtgärderna baserat på uppskattade investeringskostnader och reduktionspotentialer för utsläppen som återfunnits i litteraturen. För att möjliggöra jämförelse mellan utsläppsminskningar och åtgärds kostnader (per ton utsläpp) har beräkningar gjorts för ett antal representativa fartyg. En annan viktig parameter i beräkningarna är emissionsfaktorerna. Beräkningar har gjorts för två uppsättningar representativa fartyg och emissionsfaktorer i denna studie. Anledningen till att två dataset har använts är att vi under projektets gång insåg att det fanns ett stort behov av att förbättra datan för fartygens bränsleförbrukning och lät ta fram sådan data (i form av Windmark (2019)) och när den väl var på plats behövde

således de initiala beräkningarna uppdateras. Ungefär samtidigt som vi fick tillgång till denna bättre data avseende bränsleförbrukning publicerades också en rapport med emissionsfaktorer för sjöfarten som var framtagen för att användas i ASEK och därmed uppdaterades även emissionsfaktorerna i beräkningarna. De två dataseten som använts beskrivs enligt följande:

Dataset A I detta dataset ingår fyra representativa fartyg från fyra olika fartygstyper. Endast en storlek på fartyg inom varje fartygstyp ingår och storleken skiljer sig åt mellan fartygstyperna. De utvalda fartygstyperna valdes ut baserat på de typer som enligt Johansson och Jalkanen (2016) bidrog med den största andelen bränsleförbrukning /luftemissioner i Östersjön och de representativa fartygen beskrivs av Lindé och Vierth (2018). Emissionsfaktorerna som användes i detta dataset är hämtade från Brynolf (2014).

Dataset B I detta dataset ingår representativa fartyg från åtta olika fartygstyper med ett flertal storleksklasser av varje fartygstyp. De representativa fartygen är utvalda baserat på den totala bränsleförbrukningen av dessa fartygstyper enligt Windmark (2019). De emissionsfaktorer som har använts i beräkningarna är hämtade från Carlsson m.fl. (2019) och har kompletterats med emissionsfaktorer för källa-till-tank från Brynolf (2014).

Utsläppsminskningarna för de olika åtgärderna har beräknats både ur TTP-perspektivet, det vill säga endast inkluderat det utsläpp som sker från själva fartyget, samt ur WTP-perspektivet, det vill säga inkluderar även uppströms utsläpp till följd av produktion och distribution av exempelvis drivmedel.

3.2. Resultat och diskussion

Resultaten från denna studie visar att bränslebyten till förnybara bränslen (LBG och förnybar metanol) samt helektrifiering är mycket effektiva åtgärder för att minska utsläppen av samtliga luftföroreningar och växthusgaser från sjöfart. Dock uppvisar bränslebyten till LNG och fossil metanol lägre åtgärds-kostnader i basfallet, men också för bränsleprisscenerierna till 2030 och 2045 så länge det inte finns en CO₂-kostnad för fossila utsläpp. CO₂-kostnaden för fossila utsläpp antas motsvara att sjöfartsektorn inkluderas i EU:s utsläppshandelssystem. Med en CO₂-kostnad även för sjöfarten så kan bränslebyte till LBG bli en lönsam åtgärd i perspektivet till 2030 och 2045.

Enligt resultaten förväntas ett bränslebyte till LNG leda till en ökad klimatpåverkan om man tar hänsyn till både koldioxid och metanutsläpp oavsett om man har ett TTP eller ett WTP-perspektiv. Den främsta anledningen till den ökade påverkan är den metanslip som finns i motorerna. Även bränslebytet från konventionellt bränsle (MGO eller tung eldningsolja (HFO)) till fossil metanol resulterar i att öka klimatpåverkan ur ett WTP-perspektiv. Enligt bränsleprisscenerierna 2030 och 2045 kommer det att bli lönsamt att gå över till LNG i framtiden. För att motverka och komma till rätta med den ökade klimatpåverkan vid användning av LNG behöver man införa åtgärder och styrning för att minska utsläppen från motorerna men också för att minska utsläppen längs produktions- och distributionskedjan för bränslet.

Många av de inkluderade energieffektiviseringsåtgärderna och rotorseglen uppvisar negativa åtgärds-kostnader för många av bränsleprisscenerierna. Hastighetsminskningar uppvisar också en betydande potential till utsläppsminskning och kostnaderna är negativa för de flesta fall.

Även om beräkningarna enligt de två dataseten gav olika resultat för utsläppsminskningar och åtgärds-kostnader avseende användning av landström för fartyg som ligger i hamn, så visade bägge beräkningarna att RoPax-fartyg (Roll-on/Roll-off passenger vessel) har de bästa förutsättningarna för landströmsanslutning. Kryssningsfartyg använder en stor andel av bränsleförbrukningen i hamn för att producera el och de lokala utsläppen av luftföroreningar i hamnen kan minskas avsevärt om dessa fartyg kan ansluta till landström. Svårigheten för dessa fartyg är dock att de ofta anlöper olika hamnar och därmed finns en risk att investeringskostnaden på landsidan blir stor.

I 2015 års prisnivå uppvisar SCR de lägsta specifika åtgärdskostnaderna för minskning av NO_x-utsläppen om man jämför mellan de åtgärder som är specifikt avsedda att minska NO_x-utsläppen (SCR, bränslebyten och helelektrifiering), följt av övergång till LNG. Eftersom resultaten visar att kostnaden för övergång till LNG minskar i de framtida scenarierna så kommer detta åtgärdsalternativ för att minska NO_x-utsläppen bli billigare i framtiden.

Beräkningarna med dataset A som också inkluderade N₂O-emissioner visar att dessa är obetydliga i jämförelse med de andra inkluderade växthusgaserna (CO₂ och CH₄). Metanutsläppen är däremot mycket viktiga vid bränslebyte till både LNG och LBG och därför bör fokus för sjöfartssektorn vara både på CO₂ och CH₄ i arbetet med att nå de uppsatta klimatmålen

4. Styrmedel och åtgärder för att minska sjöfartens luftemissioner - rekommendationer för svenska aktörer

Den sista rapporten i projektet ”Morötter och piskor”, Vierth (2019), baseras till en del på tidigare leveranser i projektet (se Bilaga 1). I rapporten studeras styrmedel i hela världen och förutsättningarna i Sverige; förenklade samhällsekonomiska analyser genomförs och rekommendationer för svenska aktörer tas fram. De följande avsnitten innehåller en beskrivning av tillämpade metoder i avsnitt 4.1 och en sammanfattning och diskussion av rapportens viktigaste resultat i avsnitt 4.2.

4.1. Metod

De mest relevanta styrmedel och åtgärder identifieras baserade på en global översyn av befintliga och planerade styrmedel för att minska sjötransporternas utsläpp av SO₂, NO_x, PM och växthusgaser till luft (Christodoulou m.fl., 2019) och tillgängliga konsekvensanalyser, se exempelvis Lindé m.fl. (2019) och Vierth och Johansson (2020)⁶ och potentialanalyser.

De specifika förutsättningarna för sjötransporter och möjligheten att minska deras utsläpp till luft i Sverige studeras baserat på information om antal och typ av fartyg som seglar i Shipair-området (se Figur 1 ovan) och antal och typ av fartyg som anlöper svenska hamnar. Beräkningarna i Trosvik m.fl. (2020) avseende sjötransporternas utsläpp till luft 2015 och i BAU-scenarierna för 2030 och 2045 används.

De samhällsekonomiska kostnaderna och nyttorna för fyra olika styrmedel/åtgärder jämförs. Detta görs översiktligt per fartyg och år, baserade på de i Holmgren (2020) framtagna utsläppsreduktionerna för växthusgaser, SO₂, NO_x, och PM, redarnas åtgärds-kostnader och bränsleprisscenarier för 2015, 2030 och 2045. Utsläppsreduktionerna på regional nivå värderas i monetära termer genom att tillämpa EU:s handbok (van Essen m.fl., 2019) och ASEK:s rekommendationer⁷ (Trafikverket, 2019a). Känslighetsanalyser görs genom att använda den från 1 april 2020 gällande CO₂-värderingen (Trafikverket, 2019b) och lägre värderingar för luftföroreningar. De samlade effekterna på sjöfartens utsläpp till luft i Shipair området studeras kortfattat.

Rekommendationer på styrmedel och åtgärder som Sverige borde arbeta vidare med på nationell och internationell nivå tas fram.

4.2. Resultat och diskussion

4.2.1. Sverige är ett av länderna som ligger i framkanten

Ett resultat av den globala översynen är att de flesta styrmedel för att minska sjöfartens utsläpp till luft har implementerats i Europa och Nordamerika. I Europa ligger de nordiska länderna i framkanten och i USA gör Kalifornien det. Detta innebär att Sverige har begränsade möjligheter att ”ta efter” styrmedel från andra länder.

Tidigare styrmedel, såsom Sjöfartsverkets miljödifferenterade farledsavgifter under perioden 1998–2017, har varit samhällsekonomiskt effektiva (Lindé m.fl., 2019). Uppfyllandet av de svenska miljö-kvalitetsmålen kräver anpassning av de befintliga styrmedlen samt utvecklingen och tillämpningen av nya styrmedel; det gäller i första hand för minskningen av utsläppen av växthusgaser och NO_x.

⁶ Rapporten har presenterats på på konferensen World of Shipping Portugal, An International Research Conference on Maritime Affairs, 21 - 22 November 2019, Carcavelos, Portugal “Leading the Shipping Industry into the Future” och författarna har bjudits in att publicera det i en special issue. Rapporten publiceras under april 2020.

⁷ Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn

4.2.2. Viktigt att beakta specifika förutsättningar i Sverige

Ett fåtal färjor står för ungefär två tredjedelar av anlöpen i de svenska hamnarna och orsakar ungefär hälften av sjöfartens utsläpp till luft medan en tredjedel av fartygen kommer mer sällan än en gång om året. Denna extrema ”besöksprofil” måste beaktas vid anpassningen av befintliga och utformningen av nya styrmedel.

Sverige har jämfört med övriga Europa relativt låga elpriser, en elproduktion med låga utsläpp, grön el-mix och bra tillgång till el. Detta innebär, allt annat lika, att övergången från fossila bränslen till el är mindre kostsamt och mer lönsamt för samhället än i många andra länder.

4.2.3. Utmaning att nå miljö kvalitetsmålen är stor

Utmaningen att nå de svenska miljömålkvalitetsmålen är stor. Inget av de fyra BAU-scenarierna indikerar att de svenska klimatmålen till 2030 och 2045 kommer att kunna uppfyllas genom att fortsätta med business-as-usual, och detsamma gäller för IMO:s klimatmål till 2050. NO_x-utsläppen beräknas minska i alla fyra BAU-scenarier på grund av införandet av NECA 2021, vilket kräver att alla nya fartyg som seglar i området uppfyller Tier III-standarder. SO₂-utsläppen har minskat och förväntas minska ytterligare, främst på grund av införandet av SECA 2015. Det är dock svårt att följa upp utvecklingen av de enskilda utsläppen i detalj baserat på den officiella statistiken. Detta gör det i sin tur svårt att exempelvis avgöra hur stort behovet är av styrmedel utöver införandet av NECA 2021 för att minska till exempel NO_x-utsläppen och uppnå miljö kvalitetsmålen.

Enligt våra beräkningar uppnås inte heller de svenska klimatmålen till 2030 och 2045, inte ens om det antas att sjöfarten är integrerad i EU:s handelssystem med utsläppsrätter (EU ETS) och annan hållbar politik som beskrivs i IEA:s scenarier (se avsnitt 3.2) genomförs, utöver de energieffektiviseringar och bränslebyten som antas i de fyra BAU-scenarierna (som beskrivs i kapitel 2). Liknande utmaningar antas finnas för IMO:s klimatmål för internationella sjötransporter och de svenska miljö kvalitetsmålen *Frisk luft, Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*.

4.2.4. Analyser indikerar behov av kompletterande styrmedel

De samhällsekonomiska kostnaderna och nyttorna per fartyg och år jämförs på ett förenklat sätt för fyra olika styrmedel/åtgärds kostnader:

1) *Främjande av fullständig elektrifiering med hjälp av batterier*

I RoPax-fallet överstiger samhällets nyttor redarnas åtgärds kostnader till följd av lägre emissioner till luft i samtliga 27 scenarier 2015, 2030 och 2045, om de från den 1 april 2020 gällande ASEK-värderingarna används, och i 24 av 27 scenarier om EU-handbokens värderingar (van Essen m.fl., 2019) värderingar används. Våra beräkningar indikerar att det skulle vara lönsamt för samhället stödja elektrifieringen av RoPax-färjorna och på sikt andra fartygstyper. Specifik information om potentialen i olika fartygs- och trafiksegment bör tas fram.

2) *Främjande av användningen av landström för fartyg som ligger i hamn*

Beräkningsresultaten skiljer mycket mellan större och mindre RoPax-fartyg eftersom investeringskostnaderna utgör olika stora andelar av redarnas samlade årskostnader. De samhällsekonomiska nyttorna till följd av lägre utsläpp till luft överstiger redarnas åtgärds kostnader enbart för det största RoPax-fartyget med 40 000 kW–55 000 kW. Det gäller i samtliga scenarier och med ASEK:s och EU-handbokens värderingar. Mer detaljerade beräkningar krävs som beaktar trafikeringen, hamnarnas kostnader för att tillhandahålla landström och lokala miljö effekter. Dessutom bör samspelet mellan styrmedel på internationell nivå (IMO:s standards för anslutningar, EU:s krav på landström i de största hamnarna), nationell nivå (skattereduktion för el som används av fartyg i hamn) och lokal nivå analyseras.

3) Integrering av sjöfarten i EU ETS och annan hållbar politik som har utvecklats av IEA (2019)

Våra beräkningar visar att ett bränslebyte från MGO till LNG, LBG, fossil metanol eller förnybar metanol inte är företagsekonomiskt lönsamt 2015. De ändrade relativa priserna till följd av de antagna policies beräknas dock ändra bilden i scenarierna 2030 och 2045; beräkningsresultaten indikerar att bytet till LNG blir företagsekonomiskt lönsamt i scenarierna 2030 och 2045. Bytet till LBG, fossil metanol och förnybar metanol beräknas vara samhällsekonomiskt lönsamt i samtliga 20 scenarios (om de från 1 april 2020 gällande ASEK-värderingarna används) och i 18 av 20 scenarios (om värderingar i EU-handboken används). De samhällsekonomiska nyttorna är som förväntat högre vid bytet från MGO till de förnybara drivmedlen (LBG och förnybar metanol) än vid bytet till de fossila drivmedlen (LNG och fossil metanol). Överlag stödjer de antagna policies bytet från MGO till alternativa drivmedel; tillgången till förnybara drivmedel är dock inte per se given i Sverige och det krävs ytterligare styrmedel för att säkerställa detta.

4) Etablering av en regional NO_x-fond

Våra beräkningar för olika fartygstyper och fartygsstorlekar visar att användningen av SCR inte är företagsekonomiskt lönsam för redarna. Det gäller både för nya fartyg och retrofits i befintliga fartyg. Däremot överstiger enligt våra översiktliga beräkningar de samhällsekonomiska nyttorna till följd av lägre NO_x-utsläpp redarnas åtgärds kostnader. Detta indikerar att styrmedel bör utvecklas och tillämpas som ger incitament att använda SCR eller liknande tekniska lösningar. Mot bakgrund av den stora andelen internationella transporter, är en regional NO_x-fond i Nordeuropa, som når fler företag, överlägsen en svensk NO_x-fond.

4.2.5. Rekommendationer på styrmedel

Total 20 slutsatser och rekommendationer på styrmedel och åtgärder som Sverige borde arbeta vidare med på nationell och internationell nivå tas fram. De viktigaste beskrivs i kapitel 5.

5. Slutsatser och rekommendationer

Underlagen för att följa upp och prognosticera sjöfartens utsläpp till luft behöver förbättras

Vid arbetet med de tre rapporterna som sammanfattas i detta PM konstaterades ett antal brister i den officiella statistiken som bör förbättras för att uppföljningen om sjöfartens utveckling ska underlättas:

- Statistik av sjöfartens bränsleförbrukning publiceras endast för tre olika bränsletyper (diesel, eo 1 och eo 2-6), trots att andra bränsletyper används (t.ex. LNG och el). För att kunna följa upp utvecklingen mot mindre förorenande bränslen behöver fler bränslen inkluderas i statistiken.
- Vid beräkning av utsläpp till luft är emissionsfaktorer en väsentlig del. Trots det saknas en sammanställning av vilka emissionsfaktorer som används inom den officiella statistiken samt information om vad de representerar och hur de har tagits fram.
- Det finns ingen statistik om hur många fartyg som uppfyller olika Tier-nivåer för NO_x-utsläpp eller om det tas hänsyn till detta vid beräkningen av de NO_x-utsläpp som redovisas i statistiken. Om inte hänsyn tas till detta är uppskattningen av NO_x-utsläpp missvisande eftersom en viss bränsletyp leder till olika stora NO_x-utsläpp beroende på vilken Tier-nivå fartygen uppfyller. Sådan information skulle underlätta uppföljningen av effekter av olika styrmedel och framstegen för att minska NO_x-utsläpp.
- Idag ansvarar olika svenska myndigheter för olika delar i framtagningen av utsläppsstatistiken och arbetsfördelningen är relativt ottydligt beskriven, vilket innebär att det är svårt att hitta information om de olika delarna. Transparensen behöver öka.
- Den svenska statistiken avseende sjöfartens bränsleförbrukning och emissioner behöver synkas med datainsamlingen som krävs av EU och IMO. Vid behov bör aktörer ta fram mer omfattande och mer detaljerad information än vad som krävs på internationell nivå.

De ansvariga myndigheterna i Sverige skulle även behöva ta fram bättre beslutsunderlag när det gäller business-as-usual-utvecklingen. Exempelvis uppskattar Energimyndigheten (2019) att bränslemixen kommer vara densamma inom sjöfarten fram till 2050 och Trafikverket (2018) uppskattar ett ökande transportarbete som är betydligt högre än den historiska trenden, vilket är i motsats till ett antal andra prognoser (t.ex. DNV GL, 2018; UNCTAD, 2019). Antaganden som görs i myndigheternas BAU-scenarier behöver sättas i perspektiv till nationella och internationella initiativ, trender och scenarier.

Miljökvalitetsmålen kommer inte att nås med dagens styrmedel

Våra beräkningar indikerar att de svenska miljökvalitetsmålen 2030 och 2045 inte kommer att nås genom att fortsätta med business-as-usual med dagens styrmedel. Inte ens de mest optimistiska scenarierna med relativt stora förändringar i sjöfartens bränslemix förväntas leda till att klimatmålen nås, vilket leder till slutsatsen att det kommer att krävas fler och/eller starkare styrmedel.

De svenska klimatmålen beräknas inte heller att nås om det antas att sjöfarten är integrerad i EU:s handelssystem med utsläppsrätter (EU ETS) och annan hållbar politik som beskrivs i IEA (2019) genomförs, utöver de energieffektiviseringar och bränslebyten som antas i BAU-scenarierna. Liknande utmaningar antas finnas för IMO:s klimatmål för internationella sjötransporter och de svenska miljökvalitetsmålen *Frisk luft*, *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*.

En kombination av olika styrmedel behövs för att uppnå målen

I Sverige är andelen internationella transporter, med över 80 procent, stor och förväntas öka ytterligare. Den stora andelen gränsöverskridande transporter understryker vikten av att arbeta internationellt för att minska sjöfartens utsläpp till luft – det gäller både arbetet inom IMO och EU och samarbetet med grannländerna.

Minskning av växthusgasutsläppen

När det gäller minskningen av växthusgasutsläppen, rekommenderas att svenska aktörer arbetar för att sjöfarten inkluderas i EU:s utsläppshandelssystem eller ett liknande globalt system. Våra beräkningar visar att många energieffektivitetsåtgärder och bränslebyten blir kommersiellt (mer) lönsamma när de relativa bränslepriserna ändras.

Därutöver rekommenderas att förutsättningarna för globala eller regionala hastighetsminskningar undersöks, dessa har fördelen att de reducerar sjöfartens emissioner omedelbart. De nämnda styrmedlen bidrar också till att minska utsläppen av växthusgaser såväl som SO₂-, NO_x- och PM-emissioner till luft.

Övergången till förnyelsebara bränslen kan minska utsläppen av växthusgaser avsevärt. Ett alternativt bränsle för sjöfarten som blivit allt vanligare de senaste åren är LNG. I ett europeiskt (och globalt) perspektiv anses naturgas och LNG vara ”rena” bränslen och det finns EU-direktiv som kräver att de hamnar som ingår i nätverket för *core*-hamnar (inom ramen för det transeuropeiska transportnätverket TEN-T) senast år 2025 tillhandahåller infrastruktur för LNG-bunkring.

LNG minskar både NO_x- och SO₂-utsläpp avsevärt jämfört med konventionella bränslen. LNG är dock ett fossilt bränsle och resulterar visserligen i en liten minskning av CO₂ jämfört med konventionella bränslen, men tar man hänsyn till den metanslip (oförbränd gas som går igenom) från marina LNG-drivna motorer så blir den totala effekten av att gå från exempelvis MGO eller HFO till LNG en nettoökning av klimatpåverkande utsläpp.

Vi rekommenderar att man inför regleringar för att komma tillrätta med metanslip från motorer (och även metanutsläpp i hela produktionskedjan) för att minska de negativa effekterna av en ökad användning av LNG som marint bränsle.

LBG, den förnyelsebara motsvarigheten till LNG, kan ersätta LNG direkt utan modifieringar och minskar de klimatpåverkande utsläppen avsevärt. Även för LBG är det dock viktigt att minimera utsläpp av oförbränd gas i olika delar av användningskedjan.

Vi rekommenderar också att man ser över hur en ökad användning av LBG i sjöfarten kan äga rum, så att de hamnar som behöver erbjuda LNG även (eller istället) kan erbjuda LBG. Det finns en stor potential till produktion av LBG i Sverige och den skulle kunna utnyttjas bättre.

Många av de energieffektiviseringsåtgärder som undersökts, inklusive avancerad ruttplanering, optimerad propeller, slanka skrov och hybridisering samt framdrift med vindkraft (rotorsegel) uppvisar negativa åtgärds kostnader både för 2015 och i än högre utsträckning till 2030 och 2045. Här finns potential att öka takten för energieffektiviseringar vilket bör ses över.

Minskning av NO_x- och SO₂-utsläppen

Minskningen av NO_x-utsläppen kräver, utöver implementeringen av NECA 2021, styrmedel som ger incitament till investeringar i katalysatorer (SCR) eller liknande. Vår rekommendation är att införa en NO_x-fond. En regional NO_x-fond anses vara effektivare än en svensk NO_x-fond eftersom fler företag kan nås.

För SO₂-emissioner, rekommenderas i dagsläget inga egna styrmedel utöver de redan genomförda, Önskade biverkningar av styrmedel som syftar till att minska SO₂-emissionerna måste dock

elimineras eller begränsas. Exempel är användningen av öppna skrubbers, som minskar SO₂-emissionerna till luft men ökar emissionerna till vatten, och metanslip på grund av användningen av LNG.

Minskning av flera utsläpp

På den nationella nivån föreslås att utnyttja det relativt låga elpriset och den ”gröna el-mixen” i Sverige. Våra analyser antyder att både elektrifieringen av fartyg och användning av landström i hamnar kan vara lönsamma för samhället. Som styrmedel krävs standarder och investeringar i laddningsstationer med mera.

En rekommendation som rör både den nationella och internationella nivån, är att studera hur utformningen av de svenska miljödifferenterade farledsavgifterna och hamnavgifterna kan förbättras och hur dessa avgiftssystem kan samordnas på nationell och internationell nivå för att nå fler fartyg och ge större miljöincitament än i dag.

Ytterligare bränslen för minskade utsläpp

Bränslebytena som analyserats inkluderar endast ett begränsat antal nya bränslen som redan idag används och där tekniken och bränslena redan finns tillgänglig och i produktion, om än i mindre skala. Det finns utöver dessa ett antal nya bränslen och drivlinor med netto-noll-potential som testas i mindre skala eller på konceptuell nivå för sjöfarten. Dessa inkluderar bränsleceller med vätgasdrift, elektrobränslen samt ammoniak. Under det senaste året har ammoniak fått allt mer uppmärksamhet och utmålas som ett fossilfritt framtida sjöfartsbränsle. Mycket återstår dock innan man är där både i form av teknikutveckling, säkerhet och analys av övrig miljöpåverkan samt inte minst fossilfri produktion av ammoniak i stor skala. Vi rekommenderar mer forskning och utveckling kring dessa alternativ samt av styrmedel för att främja produktion av bränslen och teknikutveckling.

Referenser

- Brynolf, S., 2014. *Environmental Assessment of Present and Future Marine Fuels* (Doctoral Thesis). Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.
https://research.chalmers.se/publication/196899/file/196899_Fulltext.pdf
- Carlsson, H., Sandin, M. och Swahn, J., 2019. *Emissionsfaktorer - För sjöfart och inlandssjöfart*. Version 1.0 - Slutversion. M4Traffic.
- DNV GL, 2018. *Maritime forecast to 2050 – Energy transition outlook 2018*.
- EEA, 2019. *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Technical guidance to prepare national emission inventories*. EEA Report No 13/2019. ISSN 1977-8449.
<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook>
- Energimyndigheten, 2019. *Scenarier över Sveriges energisystem 2018*. ER 2019:07.
- IEA, 2019. *World Energy Outlook 2019*. International Energy Agency, Paris, France
- IMO (International Maritime Organization), 2015. *Third IMO Greenhouse Gas Study 2014*. Micropress Printers, Suffolk, UK.
- Johansson, L. och Jalkanen, J.-P., 2016. *Emissions from Baltic Sea Shipping in 2015* (HELCOM No. Baltic Sea Environment Fact Sheet 2015). Finnish Meteorological Institute.
<http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-fact-sheets/maritime-activities/emissions-from-baltic-sea-shipping>
- Lindé, T. och Vierth, I., 2018. *An Evaluation of the Environmentally Differentiated Fairway Dues in Sweden 1998-2017*. VTI (VTI Notat 3A-2018). VTI Swedish National Road and transport Research Institute, Linköping, Sweden.
- SSPA, 2018. *VTI - Bränsleförbrukning av olika bränslekategorier*. RE20178388-09-00-A.
- Trafikverket, 2018. *Prognos för godstransporter 2040 – Trafikverkets basprognoser 2018*. Rapport 2018:087.
https://www.trafikverket.se/contentassets/7e1063efbcfd4b34a4591b0d4e00f855/2018/prognos_fo_r_godstransporter_2040-trafikverkets_basprognoser_180401_rev181115.pdf
- Trafikverket, 2019a. *Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1*. <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/gallande-forutsattningar-och-indata/>
- Trafikverket, 2019b. *Åtgärder för ökad andel godstransporter på järnväg och med fartyg*. u.o.: Trafikverket (TRV 2018/93627).
- UNCTAD, 2019. *Review of maritime transport 2019*. UNCTAD/RMT/2019.
https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019_en.pdf
- van Essen, H., Wijngaarden, L van., Schrotten, A., Sutte, D., Bieler, C., Brambilla, M., Maffii, S., Beyrouthy, K., Fiorello, D., Fermi, F. och Parolin, R., 2019. *Handbook on the external costs of transport*. u.o.: CE Delft.
- Windmark, F., Jakobsson, M. och Segersson, D., 2017. *Modellering av sjöfartens bränslestatisik med Shipair*. SMHI, Dnr: 2016/1786/9.5, Version 1.1.
- Windmark, F., 2019. *Beskrivning av den svenska fartygsflottan 2015 – Redovisningsdokument, uppdaterat*. SMHI, Dnr: 2019/798/9.5, Version 2.2.

Bilaga Leveranser i projektet Morötter och Piskor

Projektet Morötter och Piskor har utförts mellan slutet av 2017 och början av 2020 av en forskningsgrupp bestående av forskare från Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) och från Göteborgs Universitet. Följande leveranser har producerats inom ramen för detta projekt:

- Christodoulou, A., Gonzalez-Aregall, M., Lindé, T., Vierth, I. och Cullinane, K.P.B. 2019. Targeting the reduction of shipping emissions to air: A global review and taxonomy of policies, incentives and measures, *Maritime Business Review*, 4(1), 16-30.
- Christodoulou, A., 2019. Maritime environmental performance indices: useful tools for the evaluation of the transport supplier environmental performance? WIT Transactions on The Built Environment, Paper DOI 10.2495/MT190171, pp. 187 - 198.
- Christodoulou, A., Gonzalez-Aregall, M. och Cullinane, K.P.B. (2019) An analysis of measures employed to promote the environmental profile of shipping (keynote speech; International Conference of Maritime Science & Technology, NAŠE MORE 2019, Dubrovnik, Croatia, 17-18 October)
- Gonzalez-Aregall, M., 2020 (forthcoming). Leaders in the reduction of shipping air emissions: California vs Sweden.
- Holmgren, K., 2019 Emission reductions and costs for measures abating air pollution from shipping (poster; Conference on the environmental impacts of shipping and their coupling to the development of the maritime transport sector, policies and maritime spatial planning. Gothenburg, 4-6 Sept 2019)
- Holmgren, K., 2020. Emission reductions and costs of abatement measures for air pollutants and greenhouse gases from shipping – Selected measures with importance for the Swedish Environmental Quality Objectives. VTI (VTI Notat 8A-2019).
- Lindé, T., Vierth, I. och Cullinane, K.P.B., 2019. Evaluating the effects of Sweden's environmentally differentiated fairway dues. *Transportation Research Part D (70)*, pp. 77-93.
- Trosvik, L., Vierth, I. och Andersson-Sköld, Y., 2020. Maritime transport and air emissions in Sweden and business-as-usual scenarios for 2030 and 2045 - Based on AIS data in 2015. VTI (VTI Notat N23A-2019).
- Vierth, I., 2020. Policies and measures to reduce air emissions from maritime transportation - Recommendations for Swedish stakeholders. VTI (VTI notat 24A-2019).
- Vierth, I. och Johansson, M., 2020 (forthcoming). The impact of alternative environmentally differentiated fairway dues systems in Sweden. forthcoming.
- Vierth, I., Trosvik, L. and Holmgren, K., 2020. Morötter och piskor inom sjöfarten för att uppnå miljö kvalitetsmål (svensk sammanfattning). VTI PM, 2020-03-31. Diarienummer: 2017/0352-7.4.
- Zis, T. och Cullinane, K.P.B. 2020. The Desulphurisation of Shipping: Past, Present and the Future under a Global Cap, *Transportation Research D*, forthcoming.
- En webbsida som sammanställer alla leveranser inom projektet:
<https://www.vti.se/en/Research-areas/carrots-and-sticks/>

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.

HEAD OFFICE
LINKÖPING
SE-581 95 LINKÖPING
PHONE +46 (0)13-20 40 00

STOCKHOLM
Box 55685
SE-102 15 STOCKHOLM
PHONE +46 (0)8-555 770 20

GOTHENBURG
Box 8072
SE-402 78 GOTHENBURG
PHONE +46 (0)31-750 26 00

BORLÄNGE
Box 920
SE-781 29 BORLÄNGE
PHONE +46 (0)243-44 68 60

LUND
Bruksgatan 8
SE-222 36 LUND
PHONE +46 (0)46-540 75 00

