



Fossilfria godstransporter och det långsiktiga klimatmålet

En förstudie

KRISTINA HOLMGREN, RISE

JULIA HANSSON, IVL

BOBBY HAO CHEN, RISE

DESIRÉE GRAHN, IVL

MATS ZACKRISSON, RISE

SLUTRAPPORT

TRIPLEF
FOSSIL FREE FREIGHT



Projektnummer 2021.4.2.8
Titel på projektet – svenska Fossilfria godstransporter och det långsiktiga klimatmålet – en förstudie
Titel på projektet – engelska Fossil-free freight transport and the long-term climate goal
Projektledareorganisation RISE Research Institutes of Sweden
Namn på projektledare Kristina Holmgren
Namn på ev övriga projektdeltagare Bobby Hao Chen, Mats Zackrisson, Julia Hansson, Desirée Grahn
Nyckelord: 5-7 st Klimatmål, LCA, transportsektorn, växthusgasutsläpp, väg, sjöfart, flyg, livscykelperspektiv

Sammanfattning

Denna förstudie, som finansierats av Triple F, har genomförts av RISE i samarbete med IVL Svenska Miljöinstitutet. Syftet med förstudien var att utreda förutsättningarna för att utvärdera scenarier för den framtida svenska transportsektorns klimatpåverkan i ett systemperspektiv. Detta avser en utvärdering som tar hänsyn till samtliga transportrelaterade utsläpp: direkta utsläpp från fordonen, indirekta utsläpp till följd av produktion av fordon, drivmedel och drivmedelsdistribution, utsläpp kopplade till infrastruktur samt förändrad markanvändning. Utvärderingen skall visa hur utsläppen påverkas av olika teknikval. En utvärdering av olika transportscenariers totala klimatpåverkan är ett viktigt underlag för beslutsfattare och för att utforma styrmedel som verkar för att minska de totala utsläppen (inte enbart direkta utsläpp från fordon) och på så sätt säkerställa att Sveriges långsiktiga klimatmål kan uppnås.

Förstudien visar att det saknas en sammanställning av de transportrelaterade utsläppen och därmed är det svårt att följa upp hur de förändras då transportsektorn ställer om. Vi föreslår att sammanställningar och verktyg som kan användas för att illustrera transportrelaterade utsläpp utifrån olika scenarier för transportsektorns omställning tas fram. Därtill bör det analyseras hur transportrelaterade utsläpp utanför transportsektorn hanteras av nuvarande styrmedel.

Studien baseras på litteraturstudier, analyser av statistik samt genom uppgifter från berörda aktörer; myndigheter, industri samt andra intresseorganisationer. En workshop har genomförts med dessa aktörer för att diskutera status för och behov av att ta fram nya sammanställningar av de transportrelaterade utsläppen och hur de förändras då transportsektorn ställer om. Även behovet av styrmedelsanalyser för transportrelaterade utsläpp diskuterades vid workshopen.

Summary

This pre-study was financed by Triple F and conducted by RISE in collaboration with IVL.

The objective of the study was to assess the possibilities to evaluate future scenarios of the climate impact related to transportation from a systems perspective. Such assessment should consider all transport related greenhouse gas (GHG) emissions: direct emissions from vehicles, indirect emissions from the production of vehicle, fuels and distribution of fuels, emissions associated with the production, use and reinvestments in infrastructure and emissions related to land use change. An assessment of the total climate impact of different transport scenarios is important for the development of policy instruments that can steer towards reduced total emissions (not only reducing the direct emissions from vehicles).

The pre-study shows that there is a lack of assessment of transport related GHG emissions and thereby it is difficult to follow up the development of the emission levels as the sector transitions to new technologies. Further assessments and tools should be developed to illustrate the transport related GHG emissions from different scenarios of the transport sector. How the transport related emissions, occurring outside the transport sector are handled by current policy measures should also be analyzed.

The analysis was based on literature studies, analysis of official statistics and by information from various relevant actors. A workshop with these stakeholders was held with discussions on the present status and developments of transport related emissions. The demand for policy analysis for transport related emissions was also discussed.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Summary	4
Innehållsförteckning	5
Förkortningar	6
1 Introduktion	7
2 Syfte och mål samt bidrag till Triple F	8
3 Metod	9
3.1 Workshop med huvudintressenter – dokumentation	10
4 Transportrelaterade växthusgasutsläpp i livscykelperspektiv	10
4.1 Sammanställning av växthusgasutsläpp i Sverige	10
4.2 Energianvändning i transportsektorn	14
4.3 Direkta utsläpp av växthusgaser från transporter – nuläge trender	18
4.4 Indirekta transportrelaterade växthusgasutsläpp med fokus på dagsläget	22
4.5 Framtida transporters klimatutsläpp i livscykel-perspektiv	25
4.6 Förändringar av tyngdpunkt för transportrelaterade utsläpp till följd av teknikskiften...	32
5 Slutsatser och diskussion	35
5.1 Övergripande slutsatser	35
5.2 Identifierade kunskapsluckor avseende livscykelutsläpp för olika tekniker	36
5.3 Huvudintressenter och problemägare	38
5.4 Förslag på upplägg för uppföljande forskning och projekt	38
Referenser	41
Bilaga 1 Dokumentation av workshop	45

Förkortningar

- BE = *Battery electric option*, eldrivet alternativ
- BEV = *Battery electric vehicle*, elfordon
- CBG = *Compressed biogas*, komprimerad biogas
- CRF = *Common reporting format* – det gemensamma rapporteringsformatet som används för rapporteringen av de nationella växthusgasinventeringarna i enlighet med Klimatkonventionen.
- EU ETS = *EU Emissions Trading System*, EU's handel med utsläppsrätter
- FC = *Fuel cell*, bränslecellsdrivet alternativ
- FCEV = *Fuel cell electric vehicle*, bränslecellsfordon
- FOI = Totalförsvarets forskningsinstitut
- GHG = *Greenhouse gas*, växthusgas
- HBEFA = *Handbook of Emission Factors for Road Transport*
- HVO = *Hydrerad Vegetabilisk Olja*, Biodiesel
- ICAO = *International Civil Aviation Organization*, Internationella civila luftfartsorganisationen
- IMO = *International Maritime Organization*,
- LBG = *Liquified biogas*, flytande biogas
- LCA = *Life Cycle Assessment*, livscykelanalys
- LNG = *Liquified natural gas*, flytande naturgas
- LULUCF = *Land Use, Land-Use Change and Forestry*, markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk
- NIR = *national inventory report, nationell inventeringsrapport (av växthusgaser)*
- PFAD = *Palm Fatty Acid Distillate*, en biprodukt från palmolja
- SAF = *Sustainable Aviation Fuels*, avser alternativa flygbränslen med låga växthusgasutsläpp och inkluderar biobaserade flygbränslen (biojet) liksom elektrobränslen.

1 Introduktion

Sverige har som mål att minska utsläppen av växthusgaser från transportsektorn med 70% till 2030 jämfört med nivån 2010. I detta mål omfattas inrikes transporter, med undantag för inrikes flyg som ingår i EU:s utsläppshandelssystem (EU ETS). I målet för 2030 inkluderas endast direkta växthusgasutsläpp d.v.s. de som orsakas av användningen (förbränning) av drivmedel i transportsektorn. Sveriges långsiktiga klimatmål är att nettoutsläppen av växthusgaser över alla sektorer (inom Sveriges gränser) ska vara noll senast år 2045. För att förstå transporterens bidrag till uppfyllandet av målet till 2045 behöver vi ta hänsyn också till utsläpp kopplade till andra delar av transporterens livscykel, exempelvis produktion av energibärare (drivmedel), fordon, batterier, infrastruktur etc.

Denna förstudie handlar om svenska transporter och deras omställning kopplat till utvecklingen mot nettonollutsläpp och specifikt hur framtida svenska transporter kan komma att påverka utsläpp av växthusgaser i andra sektorer och i andra länder. Syftet med förstudien är att utreda förutsättningarna för att kunna utvärdera framtida transportsценарier ur ett systemperspektiv som tar hänsyn till hur utsläppen i olika berörda sektorer påverkas av omställningen. Detta för att öka kunskapen om hur svenska transporter påverkar Sveriges långsiktiga klimatmål och därmed säkerställa att målet kan uppnås.

Triple F:s projekt är vanligen inriktade specifikt mot godstransporter men denna förstudie inkluderar även persontransporter då utvecklingen i persontransportsektorn starkt påverkar även godstransporterna.

Förstudien inkluderar en beskrivning av kunskapsläget för nuvarande och framtida utsläpp från olika trafikslag ur ett livscykelperspektiv inklusive uppströms utsläpp från produktion av exv. energibärare, fordon och transportinfrastruktur. I förstudiens mål ingår att identifiera vilken ny kunskap och information om utsläpp orsakade av fossilfria godstransporter i uppströmsleden som skulle behöva tas fram. Projektet skall även ta fram en projektplan för ett uppföljande projekt som kortfattat beskriver hur denna nya information skulle kunna tas fram och vad som minst bör inkluderas, vilka nyckelaktörer som bör vara inkluderade samt vilka avgränsningar som är rimliga.

Utveckling på området sedan projektstart:

Utöver de klimatmål som nämns i inledningen har Sverige ett övergripande mål för miljöpolitiken; Generationsmålet; som lyder:

- ”Det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser”

Tidigare i år föreslog Miljömålsberedningen (i SOU 2022:15, 2022) att man ska lägga till en ny strecksats till Generationsmålet, nämligen att:

- Sverige ska senast 2045 ha ett negativt globalt klimatavtryck.

Detta vill man uppnå genom mål kopplat till (i) Sveriges territoriella utsläpp, (ii) Konsumtionens klimatpåverkan, och (iii) Exportens klimatnytta.

När det gäller de territoriella utsläppen vill man också att dessa skall inkludera klimatpåverkan från flyget och sjöfarten – även de som går utrikes. Detta föreslås ske genom att inkludera utsläpp från bunkring till internationellt flyg som sker i Sverige samt genom att för internationell sjöfart inkludera halva delen av utsläpp från fartyg på internationell resa som anlöpt till eller avgått från en svensk hamn. De två senare punkterna om konsumtion och export är nya och man föreslår en rad nya uppdrag till olika

myndigheter för att ta fram statistik och metoder för att beräkna utsläppsscenarioer, ta fram effektbedömningar med mera för konsumtion och export. Miljömålsberedningens förslag är ute på remiss så om och vilka av utredningens förslag som går igenom är i nuläget oklart. Om förslagen realiserar kommer det att innebära att statistiken för utsläpp orsakade av vår import, export och konsumtion kommer att förbättras, vilket kan medföra att det blir lättare att sammanställa transportrelaterade utsläpp så som föreslås och diskuteras i denna förstudie.

Fakta om projektet

Projektet genomförs av RISE i samarbete med IVL och med Kristina Holmgren, RISE som projektledare. Projektet finansieras som en förstudie av Triple F och pågår under 2022.

2 Syfte och mål samt bidrag till Triple F

Syftet med denna förstudie är att **utreda förutsättningarna för att kunna utvärdera** framtida transportskenarioer ur ett systemperspektiv som tar hänsyn till hur utsläppen av växthusgaser i olika berörda sektorer, d.v.s. inte enbart i transportsektorn utan också uppströms, påverkas av olika teknikval. En utvärdering av olika transportskenarioers totala klimatpåverkan är viktig för att kunna utforma och införa styrmedel som verkar för att minska de totala utsläppen (och inte bara de direkta utsläppen från fordon) och på så sätt säkerställa att Sveriges långsiktiga klimatmål kan uppnås.

Förstudiens mål kan brytas ner till följande delmål:

- Beskriva kunskapsläget kring de utsläpp av växthusgaser som orsakas av svenska godstransporter, både i själva transportsektorn, och utsläpp som räknas som uppströms (inkluderandes produktion av energibärare, produktion av fordon, byggnation av infrastruktur). Detta både för de tekniker som används idag, och för de som förväntas komma att användas 2030 och 2045. Även persontransporter kommer att beaktas då de bidrar till den största delen av utsläppen från den svenska transportsektorn och då utvecklingen inom persontransportsektorn bedöms ha inverkan också på godstransportsektorn.
- Identifiera behov av ny kunskap kring utsläpp orsakade av fossilfria godstransporter i uppströmsleden som skulle behöva tas fram för att bättre kunna styra utvecklingen av transportsektorn mot målet 2045 (som innefattar netto noll för samtliga sektorer). Kopplingar till persontransportsektorn ska också beaktas.
- Ge förslag på hur den information som saknas kan tas fram i ett större genomförandeprojekt genom att identifiera vad som minst bör inkluderas och rimliga avgränsningar.
- Beskriva vilka nyckelaktörer som bör vara inkluderade i ett sådant genomförandeprojekt.

Rapporten från förstudien inkluderar tre delar:

1. Nulägesbeskrivning. Denna beskriver kunskapsläget kring storlek på växthusgasutsläpp och hantering/rapportering av utsläppen från (svenska) godstransporter samt relaterade uppströms utsläpp. Här ingår både att ge en bild av kunskapsläget för dagens situation, och att ge en bild av framtidens situation (2030, 2045) till följd av en övergång till fossilfria framdriftstekniker, energieffektivisering, förändrad fördelning mellan trafikslag etc. Vad vet vi om hur utsläppen omfördelas till olika sektorer till följd av användning av nya tekniker? Hur välkända är storleken på de uppströms utsläppen för dagens och morgondagens tekniker? Denna del innehåller även en kartläggning av arbeten som pågår med att ta fram scenarier och prognoser rörande transportefterfrågan, energieffektivisering och fördelning mellan framdriftstekniker. Viktiga kopplingar mellan gods och persontransporter inkluderas.
2. Identifiering av kunskapsbehov. Vilken ytterligare och förbättrad kunskap skulle behöva tas fram för att få en bättre förståelse för hur utvecklingen och teknikval/trafikslag i godstransportsektorn på väg mot (fossilfritt) nettonollutsläpp påverkar de totala utsläppen av växthusgaser, både i transportsektorn, uppströms i Sverige och utanför Sverige. Vilka insatser behövs för att ta fram denna kunskap?
3. Identifiering av de huvudsakliga problemägarna och de aktörer som kan föra resultaten vidare för implementering. I arbetet med att identifiera nyckelaktörer ingår att genom dialog dokumentera tänkt utveckling och prioriteringar som också kan ligga till grund för beskrivningen av det arbete som behöver göras framöver.

Resultatens bidrag till Triple F:s program mål:

- Förstudien tar fram ett förslag på genomförandeprojekt om hur man bättre kan följa upp hur de transportrelaterade utsläppen, d.v.s. utsläpp relaterade till transporter i ett livscykelperspektiv påverkas givet olika teknikval. Detta möjliggör identifiering av alternativ med låga utsläpp av växthusgaser ur ett livscykelperspektiv respektive dem med högre.
- På kort sikt kan vi lära oss vilka omställningstekniker som innebär utmaningar för att minska utsläppen i andra sektorer. Detta innebär att genom att hitta lösningar för att minska effekten av större utsläpp i andra länder och sektorer ökar vi också våra möjligheter att nå de långsiktiga klimatmålen om nettonollutsläpp till 2045.
- Resultaten är viktiga för svenska myndigheter som följer upp transportrelaterade utsläpp, för myndigheter som är ansvariga för att följa upp miljömål, för fordonstillverkare, fordonsägare och drivmedelstillverkare som också satt upp klimatmål. Naturvårdsverket, SCB, Trafikverket, Trafikanalys och Energimyndigheten är exempel på myndigheter som kan använda den nya kunskapen.

3 Metod

Nulägesbeskrivningen är genomförd som en kunskapssammanställning baserad på vetenskaplig litteratur, och rapporter från exempelvis myndigheter. Vidare förs en dialog med identifierade aktörer; intressenter och behovsägare. En workshop anordnades för att presentera resultat från förstudien och diskutera behovet av kunskap. Till workshopen bjöds olika myndigheter ansvariga för rapportering av utsläpp eller statisk och sammanställningar med koppling till transportsektorn samt berörd industri samt branschorganisationer och NGO:s in.

I förstudien har vi utgått från en bred ansats och först analyserat transportsektorns utsläpp i stort – d.v.s. samtliga trafikslag (vägtransporter, järnväg, flyg och sjöfart) och både person och godstransporter. I ett genomförandeprojekt kan vissa avgränsningar däremot behöva göras.

3.1 Workshop med huvudintressenter – dokumentation

En workshop genomfördes den 31 augusti 2022 i RISEs lokaler på Drottning Kristinas väg 61 i Stockholm. Till workshopen bjöds olika myndigheter ansvariga för rapportering av utsläpp av växthusgaser eller statisk och sammanställningar med koppling till transportsektorn samt berörd industri och branschorganisationer och NGO:s etc. in. Vid mötet presenterades preliminära resultat från förstudien samt syfte och mål med studien. Närvarande aktörer presenterade sitt pågående arbete. Diskussion kring behov av framtida arbete på området diskuterades i mindre grupper. Dokumentation av workshopen återfinns i Bilaga 1.

4 Transportrelaterade växthusgasutsläpp i livscykelperspektiv

Med transportrelaterade utsläpp avses växthusgasutsläppen som relaterar till transportens hela livscykel. Med detta avses följande fem kategorier av utsläpp:

- Direkta utsläpp från fordon (genom förbränning av bränslen)
- Utsläpp till följd av produktion och distribution av bränslen/energi som används i fordonen
- Utsläpp från produktion, distribution, underhåll och skrotning av fordon
- Byggnation, drift, underhåll och reinvesteringar i infrastruktur för trafiken/transporterna
- Växthusgasutsläpp kopplat till förändrad markanvändning

I de mål som Sverige har satt upp kring att minska växthusgasutsläppen från transportsektorn med 70 % till år 2030 jämfört med nivån år 2010 ingår de utsläpp som hör till transportsektorn, vilket enbart inkluderar utsläpp under den första punkten i listan ovan. Dessutom är det begränsat till inrikes transporter förutom flyget. I den omställning som pågår där nya framdriftstekniker utgör en mycket viktig del för att minska utsläppen förändras fördelningen mellan utsläppen i de fem kategorier som listas ovan. I detta avsnitt beskriver vi hur energianvändning och växthusgasutsläpp ser ut idag i den svenska transportsektorn (inrikes och utrikes) baserat på de sammanställningar och den statistik som finns, vilka trender till förändring som finns; vi beskriver också hur kunskapsläget ser ut för de andra kategorierna av transportrelaterade växthusgasutsläpp idag och för framtida tekniker.

4.1 Sammanställning av växthusgasutsläpp i Sverige

Naturvårdsverket sammanställer och beräknar årligen Sveriges klimatpåverkande utsläpp på tre olika sätt; (i) genom de territoriella utsläppen (som används som det huvudsakliga måttet på Sveriges globala klimatpåverkan) som används för att följa upp klimatmålen samt genom (ii) produktionsbaserade och (iii) konsumtionsbaserade utsläpp (som bägge används som kompletterande mått).

I detta avsnitt beskrivs framför allt sammanställningen av de territoriella utsläppen och hur de behandlar transportrelaterade utsläpp. De produktions- och konsumtionsbaserade utsläppen beskrivs endast översiktligt eftersom det inte funnits utrymme för en mer detaljerad analys av dem i denna förstudie. I avsnittet beskrivs dock också kortfattat huvuddragen i det delbetänkande som Miljömålsberedningen lagt fram (SOU 2022:15) om en samlad strategi för att minska klimatpåverkan från konsumtion. Den inkluderar justerade mål och framtagning av ny statistik.

4.1.1 Territoriella utsläpp/nationella rapporteringen

Sverige rapporterar årligen de nationella växthusgasutsläppen i enlighet med de krav som efterfrågas i rapporteringsriktlinjerna för Annex I-länder som undertecknat FN:s klimatkonvention (UNFCCC). Rapporteringen består av fyra delar:

- *national inventory report* (NIR) (en sammanställning med trender och information om beräkningar och metoder som använts för att beräkna utsläppen och upptagen av växthusgaser, inklusive negativa effekter (s.k. *adverse impacts*) i andra länder av utsläppsminskningar i Sverige,
- Annex (mer detaljerade beskrivningar och beräkningar),
- *Common Reporting Format* (CRF) - gemensamt rapporteringsverktyg där alla data för beräkningarna matas in samt
- bokföringen för sektorn markanvändning och skogsbruk (LULUCF).

Huvudsyftet är att få en bild av de totala utsläppen och utgöra grund för åtgärder, åtaganden och uppföljning i syfte att minska utsläpp och därmed också den av människan orsakade uppvärmningen och klimatförändringarna (Naturvårdsverket, 2022a).

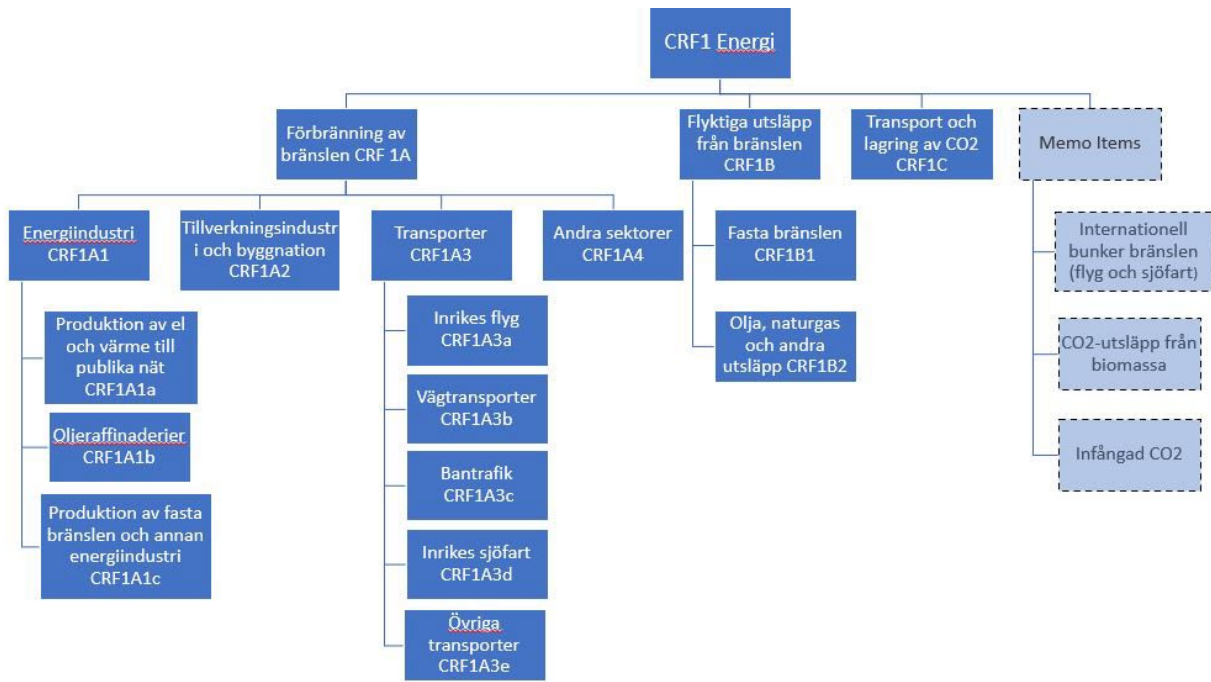
Det gemensamma rapporteringsformatet (CRF) har tydliga regler och riktlinjer inte enbart för hur utsläppen skall beräknas och rapporteras utan även hur de ska kategoriseras. Syftet är att rapporteringen skall innefatta alla utsläpp och att dubbelräkning skall undvikas. Utsläppsinventeringen ger en viktig och officiell översikt över storleken och fördelningen av ett lands utsläpp. Genom att rapporteringen av utsläppen görs regelbundet (på årlig basis) får man också en god uppföljning som möjliggör en förståelse av trender, planering, övervakning av måluppfyllelse och utvecklande av kostnadseffektiva styrmedel (ClimaSouth, 2014). Kategoriseringen och indelningen av utsläppen i sektorer ger också en bild över hur utsläppen från ett land fördelar sig mellan olika sektorer.

Enligt CRF delas utsläppen i fem huvudsektorer:

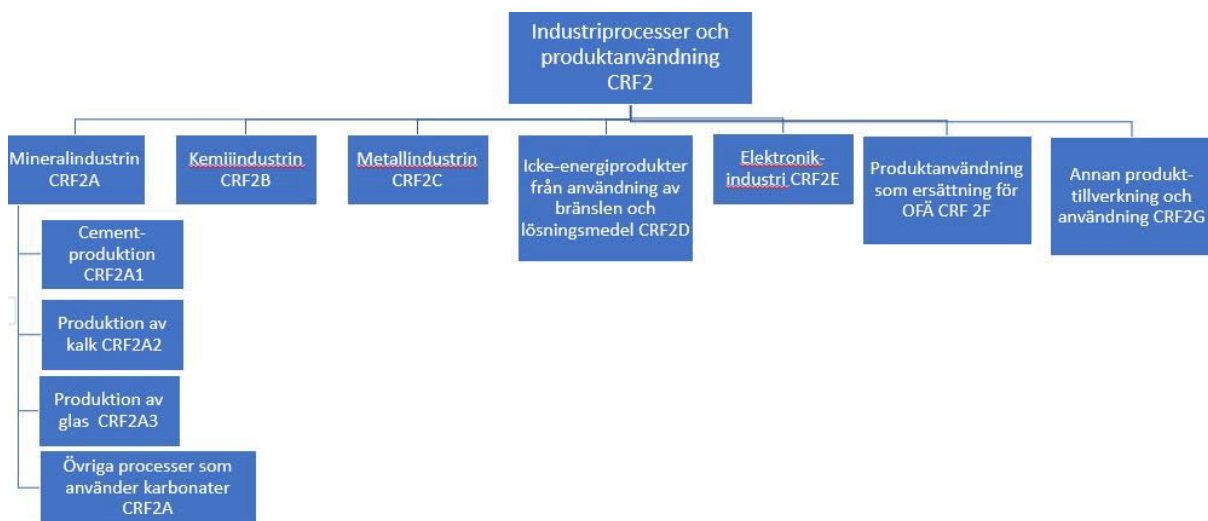
1. Energi
2. Industriprocesser och produktanvändning
3. Jordbruk
4. Markanvändning och skogsbruk (LULUCF)
5. Avfall

Huvudsektorerna delas upp i undersektorer på flera nivåer. Figur 1 och Figur 2 är exempel på hur CRF delar in energisektorn och industriprocesser och produktanvändning i rapporteringskategorier. Under energisektorn återfinns t.ex. transportsektorns direkta utsläpp och även tex. utvinning och produktion av de fossila bränslena. Utsläpp relaterade till produktion av fordon och byggnation av infrastruktur hamnar dels i energisektorn (för utsläpp som är relaterade till energianvändning) dels i *industriprocesser och produktanvändning* (för processrelaterade utsläpp).

I Figur 1 framgår också att i delsektorn transporter ingår inte internationella bunkerbränslen från sjöfart och flyg. Dessa rapporteras dock som så kallad *memo items* under energisektorn. Likaså rapporteras också koldioxidutsläpp till följd av förbränning av biomassa/biobaserade bränslen som en memo item i energisektorn. Detta eftersom det skulle innebära en dubbelräkning om utsläppen inkluderas i energisektorn då utsläpp och upptag av CO₂ från jord och skogsbruk inkluderas i andra sektorer (jordbruk respektive markanvändning och skogsbruk). I nuläget görs ingen skillnad mellan biomassa/biobränslen med inhemskt respektive utländskt ursprung. De utsläpp som rapporteras som *memo items* räknas inte in i landets totala utsläpp.



Figur 1 Indelning av verksamheter under sektorn "energi" enligt CRF. Källa: Egen figur baserat på (Naturvårdsverket, 2022b). Notera att bilden inte är komplett - fler underkategorier finns.



Figur 2 Indelning av verksamheter i sektorn "industriprocesser och produktanvändning" enligt CRF. Källa: Egen figur baserat på (Naturvårdsverket, 2022b). Notera att bilden inte är komplett – fler underkategorier finns.

4.1.2 Produktions och konsumtionsbaserade utsläpp

Produktionsbaserade utsläpp, d.v.s. utsläpp från svenska ekonomiska aktörer sammanställs regelbundet av SCB:s Miljöräkenskaper¹. Det görs genom en så kallad *bottom-up* baserad metodik med detaljerad information om bränsleanvändning i kombination med de territoriella utsläppen. Det inkluderar utsläpp från svenska företag och personer som skett både i och utanför Sverige. Den geografiska avgränsningen görs på samma sätt som i nationalräkenskaperna² (Naturvårdsverket, 2022c). För de utsläpp som sker inom Sveriges gränser ger de produktionsbaserade utsläppen i stort sett samma totalsumma som de

¹ Miljöräkenskaperna är en del av den officiella statistiken och tas fram enligt internationellt överenskomna metoder och riktlinjer.

² Behöver vi förklara detta begrepp här.

territoriella utsläppen. Dock ingår även internationella transporter som en skattning av utsläpp som svenska företag och personer orsakar utomlands.

Konsumtionsbaserade utsläpp sammanställs också årligen. De konsumtionsbaserade utsläppen inkluderar utsläpp som sker både i Sverige och utanför Sveriges gränser för att tillfredsställa efterfrågan i det svenska samhället från hushållens konsumtion, den offentliga sektorn och för samhällets investeringar. Beräkningen av de konsumtionsbaserade utsläppen utgår från ekonomisk statistik om branschens inköp och försäljning. SCB använder PRINCE-modellen (*Policy-Relevant Indicators for Consumption and Environment*) och den kopplade databasen Exiobase för att uppskatta utsläppen ((Naturvårdsverket, 2022d). Under de senare åren har emissionsfaktorer för olika branscher i andra länder förfinats vilket också har förbättrat uppskattningarna för de konsumtionsbaserade utsläppen. .

Även om de produktions och konsumtionsbaserade utsläppsammanställningarna ger kompletterande information till de territoriella utsläppsstatistiken möjliggör de inte uppföljning av de transportrelaterade utsläppen (enligt den indelning som ges i inledningen i kap 4) på ett enkelt sätt.

4.1.3 Miljömålsberedningens förslag - tag hänsyn till import och export

I mars 2022 lade Miljömålsberedningen fram ett delbetänkande som grundade sig i ett direktiv om att de skulle ta fram en samlad strategi för att minska klimatpåverkan från konsumtion (SOU 2022:15). De övergripande förslagen från utredningen inkluderar att man i Generationsmålet lägger till en sats som säger att:

- *Sverige ska senast 2045 ha ett negativt globalt klimatavtryck*

Detta ska åstadkommas genom en kombination av att Sverige når sitt mål för de territoriella utsläppen samt att man lägger till mål om konsumtionens klimatpåverkan och exportens klimatnytta. Sverige skall nå målen för de territoriella utsläppen så som överenskommet inom EU och gentemot Parisavtalet. Samtidigt föreslår man att Sverige skall sträva efter att nå också en alternativ målbana som är i linje med 1,5 graders målet enligt (IPCC AR6). Nettonollutsläppsmålet till 2045 kan nås genom flexibilitet och så kallad internationell klimatnytta. Den internationella klimatnyttan som kan tillgodoräknas till konsumtionsmålet utgörs av negativa utsläpp, verifierade utsläppsminskningar genom investeringar utomlands eller klimatnytta från export (se figur 1 i SOU 2022:15 (2022)).

De mer specifika förändringar som man föreslår i Miljömålsberedningens delbetänkande inkluderar att:

- Flygets och sjöfartens klimatpåverkan ska inkluderas i befintliga territoriella klimatmål:
- Utsläpp från bunkring till internationellt flyg inkluderas i Sverige långsiktiga territoriella klimatmål (2045)
- Halva delen (50 procent) av utsläpp från fartyg på internationell resa som anlöpt eller avgått svensk hamn inkluderas i Sveriges långsiktiga territoriella klimatmål.
- Koldioxidutsläpp från inrikes flyg inkluderas i etappmålet för inrikes transporter till 2030

Miljömålsberedningen föreslår också förbättrad statistik inom en rad områden. Man föreslår att:

- SCB får i uppgift att utveckla den officiella statistiken över klimatpåverkan från konsumtion.
- Scenarier och effektbedömning om konsumtionsbaserade utsläpp behöver formaliseras.
- Naturvårdsverket får i uppdrag att ta fram en metod för att beräkna utsläppsscenarier för Sveriges konsumtionsbaserade utsläpp och regelbundet ta fram konsumtionsbaserade utsläppsscenarier samt utveckla metoder för att göra konsumtionsbaserade effektbedömningar.
- Det behövs också statistik om exportens effekt på de globala utsläppen.
- SCB får tillsammans med Naturvårdsverket och i dialog med exportaktörerna och akademien utvärdera befintliga mått, ta fram ett vidareutvecklat mått på klimatavtryck av svenska

produkter som går till export jämfört med andra motsvarande produkter samt tar fram en metod för att följa upp statistik om exportens effekt på de globala utsläppen.

- SCB får i uppgift att årligen följa upp statistiken om exportens effekt på de globala utsläppen.
- Naturvårdsverket får i uppdrag att ta fram en metod för att beräkna utsläppsscenarier för exportens klimateffekt och regelbundet ta fram scenarier över exportens klimateffekt samt utveckla metoder för att göra effektbedömningar på exportens klimateffekt.

Både för sjöfarten och flyget påpekar Miljömålsberedningen att Sverige inte skall införa styrmedel och åtgärder som minskar utsläppen i Sverige men i stället ökar utsläppen på andra platser. De framhåller att det är bäst om IMO (*International Maritime Organisation*) och /eller EU respektive ICAO (*International Civil Aviation Organization*) och/eller EU är dem som inför styrmedel, men att de styrmedel som hittills införts är otillräckliga för att nå uppsatta mål.

4.1.4 Några insikter

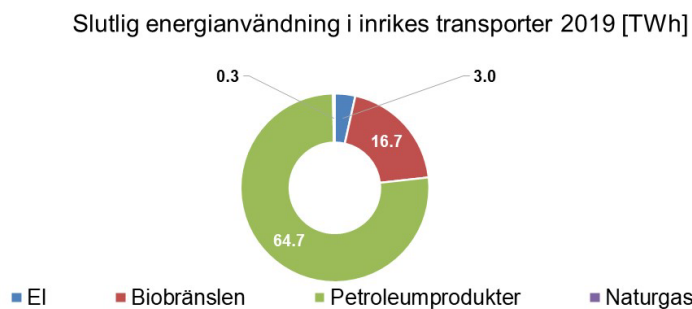
Det gemensamma rapporteringsformatet, CRF, fyller sitt syfte för att kunna följa upp och göra jämförelser länder emellan. Dock kan det innebära dolda utmaningar för beslutsfattare, särskilt om man vill ta hänsyn till utsläpp av växthusgaser ur ett produkt- eller livscykelperspektiv. Eftersom syftet i den rapportering där CRF används är att få en överblick över samtliga utsläpp inom ett geografiskt område (nationellt) snarare än med avsikt att följa enskilda produkter eller företeelser. När det kommer till transporter fungerar dock CRF ganska bra för fordon med förbränningsmotorer eftersom majoriteten av deras livscykelutsläpp verkligen är direkta utsläpp från avgasröret (det som enligt GHG protocol, vilket är ett annat sätt som vissa företag använder för att sammanställa sina utsläpp, kallas scope 1³). Men majoriteten av alternativen till fordon med förbränningsmotorer inom transportsektorn har låga (eller noll) direkta utsläpp, men högre relativa andelar av indirekta (så kallade scope 2 och scope 3) utsläpp. Strukturen i CRF innebär att dessa indirekta utsläpp inte syns i transportsektorn utan i stället kommer att synas i andra rapporteringskategorier (sektorer).

Miljömålsberedningens förslag innebär att framtida växthusgasutsläpp kommer att behöva följas upp från ett bredare perspektiv än tidigare. Det innebär om det blir verklighet att nya metoder och ny statistik kommer att tas fram för växthusgasutsläpp kopplat till export och konsumtion. Detta skulle kunna innebära bättre förutsättningar för att ta fram sammanställningar av de transportrelaterade utsläppen.

4.2 Energianvändning i transportsektorn

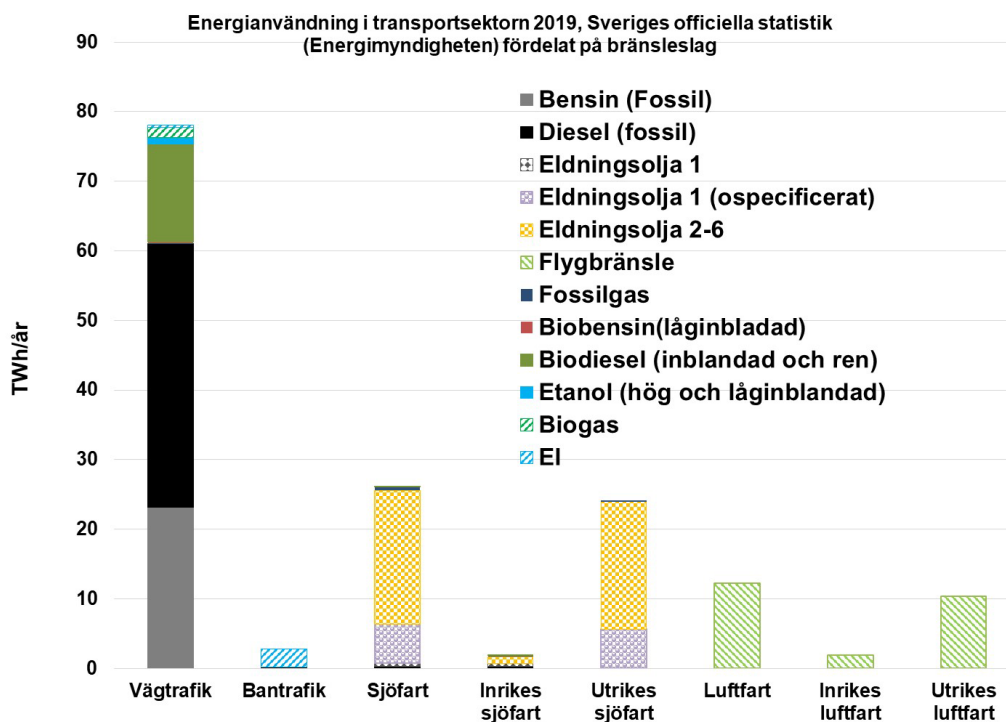
Projektet är inriktat på utsläpp av växthusgaser, men eftersom nuvarande statistik och rapportering och indelning i olika sektorer inte visar hur utsläpp förflyttas mellan sektorer, eller till följd av teknikskiften, är energianvändning en viktig parameter att följa. Elektrifierade fordon har inte några direkta utsläpp, men däremot kan produktionen av den el som användas i dem ge upphov till utsläpp. Likaså kan olika typer av bränslen kräva olika mycket energi och utsläpp i produktionen. Baserat på vetenskapliga studier och scenarier från branschorganisationer och myndigheter presenteras nedan, som en bakgrund, hur energiförsörjningen inom varje trafikslag ser ut idag, samt hur man tror att utvecklingen ser ut till 2030 respektive 2045. Enligt Energimyndigheten (2021) används totalt sett 84,7 TWh bränslen för inrikes transporter i Sverige år 2019. Det fördelar sig mellan olika bränsleslag enligt Figur 3.

³ Enligt Greenhouse gas protocol som utvecklats för att sammanställa företags utsläpp av växthusgaser delas utsläpp in i scope 1-3. Scope 1 avser direkta utsläpp vid företagets egna verksamhet, t.ex. egen förbränning i ugnar, processrelaterade utsläpp, användning av bränslen i egna fordon etc. Scope 2 avser indirekta utsläpp från produktion av el, värme, ånga och kyla som köps in till företaget. Scope 3 avser övriga indirekta utsläpp från utvinning produktion av material som köps in eller till följd av användning av sålda produkter och tjänster ((Sotos, 2015; WBCSD and WRI, 2004).



Figur 3 Slutlig energianvändning för inrikes transporter [TWh] år 2019 enligt Energimyndigheten, (2021a), med uppdatering för att inkludera inrikes flyg.

Totalt sett för transportsektorn (både inrikes och utrikes) fördelar sig energianvändningen mellan olika delsektorer och bränslen enligt Figur 4. Enligt samma källa utgör bensin och diesel över 75 procent av den energi som användes inom transportsektorn år 2019.

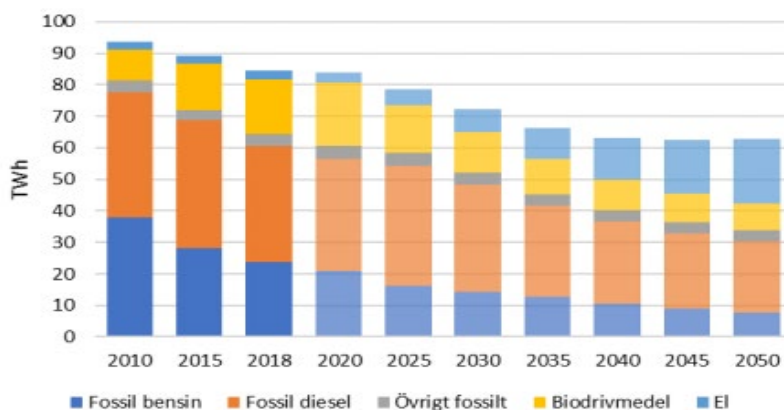


Figur 4 Energianvändning i transportsektorn år 2019 fördelat på trafikslag och bränsleslag. Källa: Sveriges officiella statistik Energimyndigheten EN0118_3 Energianvändning i transportsektorn.

Vägtransportsektorn stod för 92 % av den slutliga energianvändningen för inrikes transporter, följt av järnväg (3,4 %), sjöfart (2,3 %) samt flyg (2,2 %). Under de senaste femton åren har andelen biodrivmedel som används inom transportsektorn ökat avsevärt och uppgick år 2019 till knappt 20 % (samt drygt 21 % för år 2020).

Energimyndigheten tar vartannat år fram långtidsprognoser för energisystemets utveckling. I prognosen tas ett antal olika scenarier fram utifrån vilka energianvändning och övriga parametrar analyseras. I den senaste långtidsprognosen (år 2020) (Energimyndigheten, 2021b) beräknas energianvändning för transportsektorn i referensscenariot (EU referens) utvecklas enligt Figur 5. Energianvändningen inom inrikes transporter minskar från 84 TWh basåret 2018 till mellan 55 och 68 TWh för de olika scenarierna

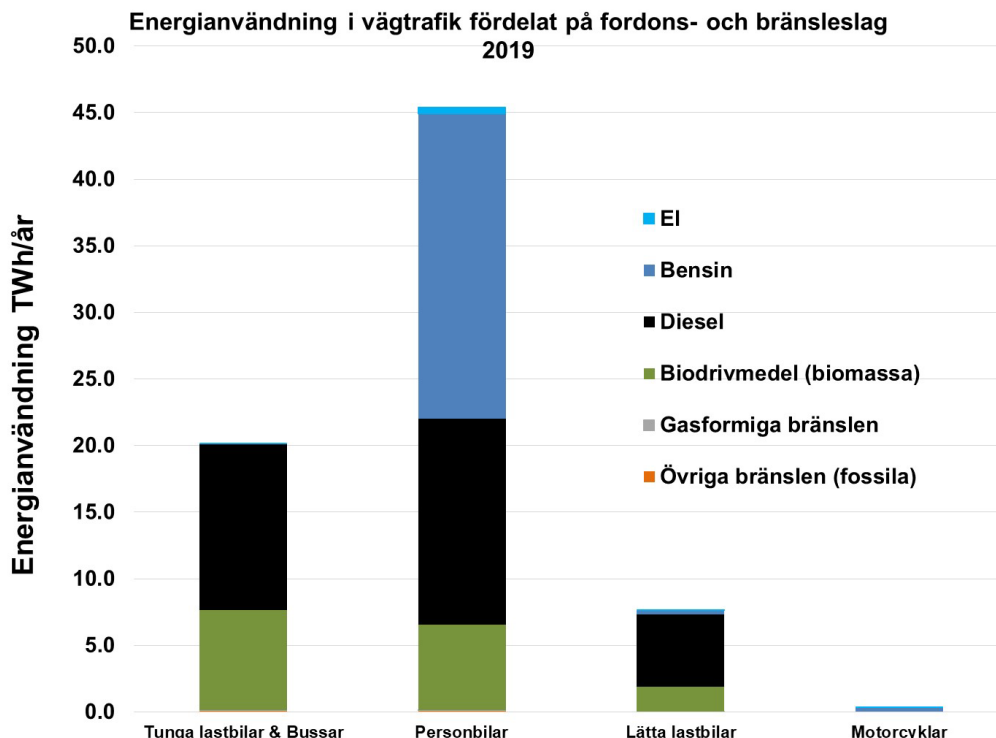
och känslighetsfallen till 2050. Minskningen är främst en konsekvens av en ökad elektrifiering och effektivisering av vägfordon vilket dock motverkas något av en ökad transportefterfrågan. Elanvändningen inom transportsektorn väntas öka från knappt 3 TWh 2018 (Energimyndigheten, 2022a) (till mellan 18 och 28 TWh 2050 beroende på scenario (Energimyndigheten, 2021b)). El används i nuläget främst inom bantrafiken och vägtrafiken. Den framtida användningen av biodrivmedel och el kommer sannolikt att påverkas av de förändrade styrmedel som den nya regeringen annonserat vad gäller reduktionspliktsystemet och den bonus som funnits för bilar med låga utsläpp.



Figur 5 Energianvändning för inrikes transporter historiskt samt för scenario EU referens. Källa: Energimyndigheten (2021b)

4.2.1 Vägtransporter

I Figur 6 visas energianvändningen i vägtransportsektorn fördelat per fordonslag och bränsleslag.



Figur 6 Energianvändning vägtransportsektorn i Sverige 2019, fördelat på fordonslag. Källa: Naturvårdsverket (2021) för el (Energimyndigheten, 2022b).

Energimyndigheten är statistikansvarig myndighet för energianvändningen i transportsektorn och sedan hösten 2022 rapporteras den för vägtransportsektorn uppdelat per bränsleslag och fordonslag.

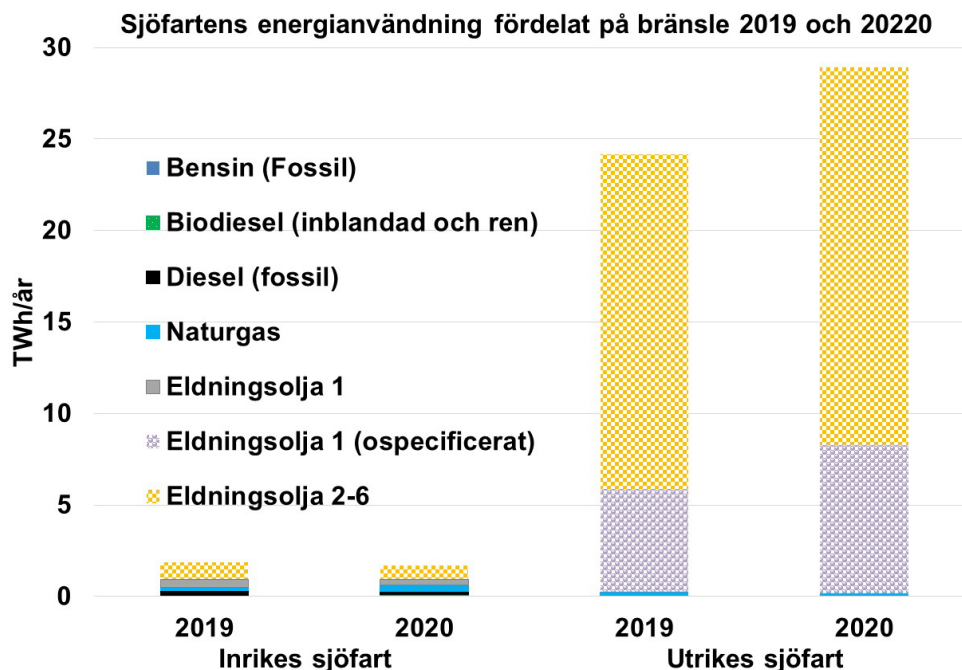
Tidigare fanns inte uppdelningen per bränsleslag också per fordonsslag. Notera att elanvändningen modelleras.

4.2.2 Flyget

Inrikes flyg är i dagsläget inte inkluderat i det mål som finns för att minska växthusgasutsläppen för inrikes transporter. Inrikes (och utrikes flygresor inom EU) är inkluderat i EUs utsläppshandelssystem (EU ETS). Den totala energianvändningen för inrikes flyg är 1,9 TWh (motsvarar enligt NIR utsläpp av växthusgaser om 0,48 miljoner ton CO_{2e}) att jämföra med den som rapporteras som internationellt flyg (bränsle som bunkras i Sverige) på 10,4 TWh under 2019 (motsvarar utsläpp om 2,7 Mton CO_{2e}). I princip allt bränsle som användes 2019 är fossilt (flygfoto-gen eller flygbensin). Inte heller för år 2020 rapporteras någon användning av biobränsle. Dock har man sedan 2021 infört reduktionsplikt även för flygbränsle (se avsnitt 4.5.3) vilket innebär att man numera blandar in biobaserat bränsle även i flygbränsle.

4.2.3 Sjöfarten

I Sverige är det Energimyndigheten som är ansvarig för att sammanställa bränsle/energianvändning inom sjöfarten och det publiceras i följande statistiska serier: Energianvändning i transportsektorn (inrikes och utrikes) uppdelad på transportslag och bränsleslag samt Årlig Energibalans. År 2019 använde inrikes sjöfart 1,9 TWh bränsle och utrikes sjöfart ca 24,2 TWh (Energimyndigheten, 2021c). Enligt Naturvårdsverket (2021) är motsvarande siffror 2,6 TWh respektive 24,9 TWh. Enligt Energimyndigheten fördelar sig bränsleanvändningen för sjöfarten enligt Figur 7. Sveriges officiella statistik över sjöfartens förbrukning av bränslen har fram till år 2019 inte redovisat andra kategorier än eldningsolja 1, eldningsolja 2–6 samt diesel, dvs statistik för förnybara komponenter samt LNG (flytande naturgas) har saknats. Från 2019 anges även mängd av LNG, samt för inrikes sjöfart HVO samt fettsyrametylestrar (fatty acid methyl esters, FAME) (Holmgren m.fl. 2021). Användningen av naturgas har ökat kraftigt. Det finns också en viss användning av el både i inrikes och utrikes sjöfart, men hittills har detta inte rapporterats.



Figur 7 Bränsleanvändning inom inrikes och utrikes sjöfart (2019 och 2020) fördelat per bränsle. Källa (Energimyndigheten, 2022a)

Internationella bunkerbränslen för sjöfart definieras som bränslen som inhandlats i Sverige av svenska eller utlandsregistrerade fartyg och som använts för transporter till destinationer utanför Sverige. Dessa ingår inte i energianvändningen för svenska fartyg. Fördelningen mellan internationella och inrikes bränslen för sjöfarten baseras på informationen från den månatliga enkäten om ”Leveranser av petroleumprodukter” från SCB (NIR, 2021).

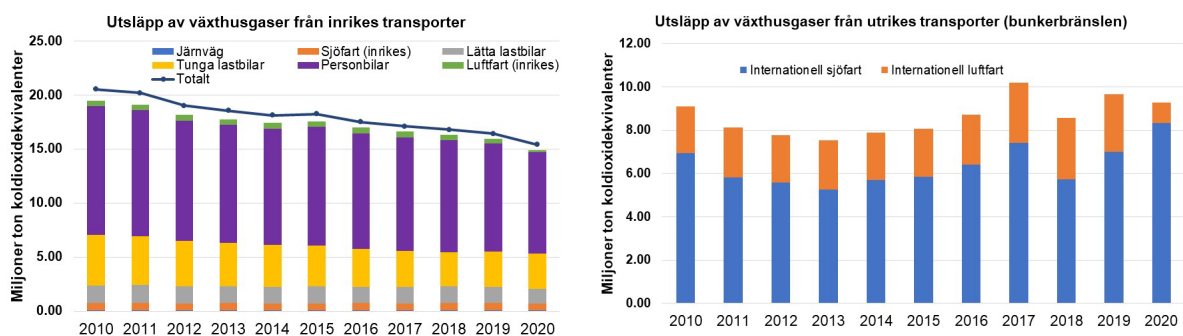
4.2.4 Järnvägen

Under 2019 använde bantrafiken, som utgörs av järnväg, spårvagn och tunnelbana, 2,8 TWh energi varav 2,65 TWh utgjordes av el och 0,15 TWh diesel (mestadels fossil) (Energimyndigheten, 2022a).

4.3 Direkta utsläpp av växthusgaser från transporter – nuläge trender

I detta avsnitt beskrivs storleksordningen på de direkta utsläppen av växthusgaser från svenska transporter idag samt kort om trender och förändringar. Hur utsläppen från transportsektorn rapporteras och sammanställs idag beskrivs också. Detta inkluderar även andra utsläppssammanställningar än de som görs i den nationella rapportering/territoriella utsläppen.

Enligt den officiella statistiken står inrikes transporter för ca en tredjedel av Sveriges totala växthusgasutsläpp och av dessa svarar godstransportsektorn för ca en tredjedel (se Figur 8).



Figur 8 Den vänstra bilden visar utsläppen för inrikes transporter, både totalt och fördelat på trafikslagen järnväg, sjöfart, luftfart, personbilar, lätta och tunga lastbilar. Bilden till höger visar utsläpp från internationella transporter relaterat till bunkerbränslen för sjöfart och flyg. Baserat på Sveriges nationella rapportering 2022 (NIR, 2022).

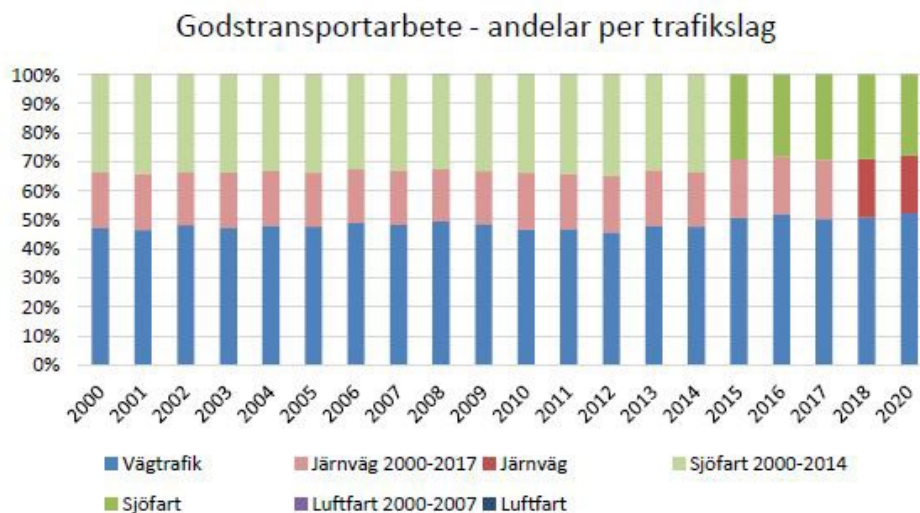
Persontransporter utgör alltså den största delen av den svenska transportsektorn. Utrikes flyg och utrikes sjöfart ingår för närvarande inte i de territoriella utsläppen, men som visas i Figur 8 så utgör utrikes sjöfart och luftfart en betydande källa för utsläpp, och de är större än utsläppen från inrikes godstransporter på väg och inrikes sjöfart, de är också nästan 10 ggr (2019) så stora som utsläppen från nationellt flyg och nationell sjöfart. Dessutom har utsläppen ökat avsevärt sedan 1990 (då stod utrikes sjöfart för utsläpp om 2,4 miljoner ton CO_{2e} och utrikes luftfart för 1,35 miljoner ton CO_{2e}). Anledningarna till ökningarna är flera (Naturvårdsverket 2021):

- Resandet med flyg (semester) utomlands har ökat kraftigt
- Godstransporter med sjöfart har ökat
- Svenska bunkerföretags marknadsandelar har ökat, bland annat på grund av att de var tidiga med att erbjuda lågsvavelbränslen för marina ändamål och för att en stark konkurrent i form av ett danskt bunkerföretag gick i konkurs.

Under pandemin har dock utsläppen till följd av internationell bunkring för flyget minskat med över 60% till 2021 jämfört med nivån 2019. Man skall dock komma ihåg att för internationellt flyg ingår endast de direkta utsläppen till följd av bunkring, klimatpåverkan till följd av höghöjdseffekter från flyget ingår inte. Enligt Naturvårdsverket (2021) är höghöjdseffekterna till följd av användningen av bränslet större än de direkta utsläppen. Naturvårdsverket har tillsammans med Chalmers tagit fram en metod för att beräkna flygets klimatpåverkan (Kamb och Larsson, 2018).

För sjöfarten har utsläppen till följd av den internationella bunkringen ökat under pandemin (perioden 2019–2021).

Utsläppen av växthusgaser för godstransporter särredovisas inte i statistiken, men för vägtrafiken finns det indelning på olika fordonsslag (se Figur 9). I sammanställningen för godstransportarbete i Sverige (Trafikanalys, 2021) ingår för vägtransporter endast tunga lastbilar (lätta lastbilar anses inte utföra godstransportarbete). Enligt Lindgren m.fl. (2021) svarar de tunga lastbilarna med en totalvikt > 34 ton för ~75% av energianvändningen för godstransporter på väg. I Figur 9 visas hur godstransportarbetet i Sverige fördelas mellan de olika trafikslagen. Man kan från Figur 8 notera att utsläppen av växthusgaser från järnväg är mycket små trots att godstransportarbetet som utförs av järnvägen (Figur 9) inte är obetydligt. Vidare framgår i Figur 9 att endast väldigt lite av godstransportarbetet utförs av luftfart.



Figur 9 Godstransportarbete i Sverige fördelat på trafikslag 2000–2020. Källa: (Trafikanalys, 2021).⁴

Vägtransporter

Enligt Naturvårdsverket (2021) var utsläppen från transportsektorn 14,9 miljoner ton CO_{2ekv} 2020 (14,7 miljoner ton exkl. inrikes flyget). Av dessa utgjorde vägtransporterna ~94 %. De största andelarna i vägtransportsektorn är personbilar (~67 %) och tunga lastbilar (~21 %). För att klara målet för inrikes transporter får utsläppen inte överskrida 6 miljoner ton CO_{2ekv} år 2030.

Enligt Takman m.fl. (2020) har växthusgasutsläppen från de tunga lastbilarna i Sverige (godstransporter på väg) under perioden 2010–2018, minskat i en takt som är förenlig med 2030-målet.

⁴ Godstransporter på väg inkluderar här godstransporter på det svenska allmänna vägnätet med svenskregistrerade tunga lastbilar och transporter med utländska tunga lastbilar från EU/ESS länderna. Godstransporter med buss ingår inte i godstransporter på väg i detta sammanhang. För bantrafiken ingår alla transporter på det svenska järnvägsnätet, både inrikestransporter och den del av utrikestransporter som går på det svenska nätet samt transit. För sjöfart ingår transporter mellan svenska hamnar med havsgående godsfartyg samt den del av utrikes godstransporter som går längs Sveriges kust. Lokala fartyg i skärgårdstrafik och liknande ingår inte i sjöfart här. Utrikes transportarbete är beräknat på svenskt vatten, transit ingår inte i beräkningarna.

Utsläppsminskningen som åstadkommit av de tunga lastbilarna har till stor del berott på ökad användning av biodrivmedel (HVO). Även för personbilar har användningen av biodrivmedel ökat, men inte i samma utsträckning som för de tunga lastbilarna (se Figur 6). Till transportsektorns utsläpp räknas inte de utsläpp som förorsakas av produktionen av bränslen – hur dessa utsläpp ser ut för biodrivmedel anges i avsnitt 4.4.

En allt snabbare elektrifieringstakt tyder på att elektriska fordon kommer att bidra i allt större utsträckning i framtiden. Enligt den officiella statistiken för elanvändning i vägtransportsektorn (Energimyndigheten, 2022b) så ökar användningen, om än från låga nivåer, snabbt. Totalt sett har elanvändningen i vägtransportsektorn tredubblats från 2019 till 2021. Framför allt är det personbilssegmentet som bidrar till ökningen men elektrifieringen av bussar har kommit långt. I år (2022) står laddbara bilar (rena elbilar eller laddhybrider) för ungefär 50% av nybilsförsäljningen (Mobility Sweden, 2022). Branschen har själva ett mål om att 80 % av nyregistreringarna år 2030 skall vara laddbara bilar samt att hela flottan skall vara fossilfri 2045 (Fossilfritt Sverige, 2019).

Målet enligt den svenska fordonsindustrin färdplan för tunga transporter (Fossilfritt Sverige, 2020) är att 50% av alla nyregistrerade lastbilar skall vara elektriska år 2030 och att flottan skall vara helt fossilfri till 2045. Än så länge ligger nyregistreringen av laddbara tunga fordon på en låg nivå (Trafikanalys, 2022).

Sjöfart

Utsläppen av växthusgaser från den inrikes sjöfartens fluktuerar en del över åren och är 2019 något högre än nivån 2010. Metodiken för att uppskatta utsläppen för inrikes sjöfart anses mer säker än den för utrikes sjöfart. Utsläppen baseras på mängden sålt bunkerbränsle och inrikes sjöfart räknas av från totalen med hjälp av en uppskattning baserad på Shipair-modellen (Windmark m.fl., 2017). Inom sjöfarten har omställningen till fossilfrihet ännu inte kommit så långt, men det händer mycket inte minst på policyområdet för sjöfarten vilket möjligen kan snabba på omställningen framöver (Fridell m.fl. 2022).

Utöver den nationella rapporteringen finns för sjöfarten flera ytterligare sammanställningar av växthusgasutsläpp från sjöfarten:

- MRV (Monitoring, Reporting and Verifying)-systemet (EU_Regulation, 2015), publicerar årligen (sedan 2019) en CO₂-utsläppsrapport. Fartyg som trafikerar europeiska hamnar är enligt Regulation 2015/757 skyldiga att rapportera en rad olika parametrar till MRV-systemet. I och med detta tillgängliggörs data avseende: *fartyg (IMO-nummer, namn,)*, *totala CO₂-utsläpp (inom EU under ett år)*, *CO₂-intensitet g CO₂/nautisk mil* samt *g CO₂/nautisk (ton eller passagerar) mil*. Det ingår dock inte att rapportera mängder av olika bränslen. I nuläget omfattar MRV-systemet endast CO₂-utsläpp men en diskussion, kopplat till förslaget att inkludera sjöfarten i EUs handelssystem för utsläppsrätter (EU ETS), pågår om att inkludera fler växthusgaser. Kopplat till förslaget om en reglering på EU nivå för att stödja användning av förnybara och koldioxidsnåla bränslen inom sjöfarten (som kallas Fuel EU Maritime), som EU kommissionen presenterade som del av Fit for 55-paketet, föreslås så kallade ”*default values*” för utsläppen av olika marina bränslen från ett livscykelperspektiv, för både produktion av bränslen och för användning på fartyget (EC, 2021). För produktion av förnybara drivmedel hänvisas i stor utsträckning till förnybarhetsdirektivet, de *default values* och den beräkningsmetodik som föreslås där. Förslaget i sin helhet behandlas dock fortfarande inom EU.

- I European Alternative Fuels Observatory⁵ (European Commission, 2022) finns för sjöfart och sjöfart på inrikes vattenvägar (*maritime and inland waterways*) endast kortfattad information i nuläget (maj 2022) i form av en rapport. Man har dock som mål att fylla på med ytterligare information kring infrastruktur för landanslutning i hamn (OPS), bunkringsmöjligheter för LNG samt fartyg med LNG-drift.
- Till IMO rapporterar fartyg större än 5000 GT årligen bränsleanvändning, men denna data blir inte publikt tillgänglig. IMO arbetar med riktlinjer för att bestämma CO₂- och växthusgasemissionsfaktorer ur ett livscykelperspektiv för olika typer av bränslen inklusive biobränslen och elektrobränslen. En tidig version förväntas kunna vara klar under 2023.

Även Trafikanalys har uppdrag om att utreda och följa upp sjöfarten. Deras statistik och uppföljningar inkluderar bland annat trafik, fartyg, och hamnar. Trafikanalys följer utvecklingen inom sjöfarten till följd av införandet av svaveldirektivet och här är bränsleanvändningen central och har ett livscykelperspektiv. De utreder också förutsättningar för elektrifiering av fartyg både i hamn och för framdrift och gör olika utvärderingar och utredningar avseende styrmedel på sjöfartsområdet⁶.

Omställningen inom sjöfartssektorn har inte kommit lika långt som vägtransportsektorn och utgör ännu inte en betydande del av bränsleanvändningen. Förnybart bränsle inom sjöfarten i Sverige används för enstaka fartyg, exempelvis genom inblandning av cirka 10 % förnybar flytande metan för de två Gotlandsfärjorna med LNG-framdrivning och en viss användning av HVO och metanol (de senare dock främst fossil). Det finns även ett par färjor/vägfärjor och mindre fartyg för passagerartrafik som är elektrifierade samt ett antal fartyg med landanslutning i hamn (Holmgren m.fl., 2021). Intresset för nya tekniker är dock stort inom sektorn (utöver el och biodrivmedel så diskuteras till exempel vätgas, ammoniak och andra elektrobränslen) och flera styrmedel för att främja omställningen är under utveckling inom EU.

Flyget

Transportstyrelsen rapporterar utsläpp från flyget enligt den svenska klimatlagen. Bränsleanvändningen och utsläppen beräknas av FOI genom en modell (Mårtensson och Hasselrot, 2013). Indata till modellen sammanställs av Transportstyrelsen och inkluderar en rad olika parametrar

- Vilken flygplats som planen avgår från och ankommer till
- Flygplanstyp
- Antal flighter
- Antal passagerare
- Om det är en internationell eller inrikes flight

FOI:s modell använder en databas med information om 200 olika typer av flygplan. Emissionsdata för de olika flygplanstyperna kommer från ICAOs databas "ICAO Engine Exhaust Emission Data Bank". (Naturvårdsverket, 2021)

Sedan flyget ingår i reduktionsplikten så styrs användningen av förnybara flygbränslen i Sverige i huvudsak av reduktionspliktsnivåerna och påverkas således av förändringar av dessa. Förhoppningar finns om att inrikesflyget skulle kunna bli fossilfritt till 2030 och en målbild om att flyg som start vid svenska flygplatser ska vara fossilfria till 2045 (Fossilfritt Sverige, 2018). Utöver biomassa-baserade

⁵ EAFO är EU kommissionens huvudsakliga referensportal för alternativa drivmedel, infrastruktur och bränslen i Europa <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu>

⁶ Läs mer på Trafikanalys sidor om sjöfarten: <https://www.trafa.se/sjofart/>

flygbränslen är till exempel elflyg och vätgasflyg under utveckling men det kommer att ta längre tid innan dessa alternativ kan förväntas introduceras i stor skala.

Järnvägen

Som framgår av Figur 8 är utsläppen av växthusgaser från svensk järnväg små, endast 45 kton CO_{2e} år 2019, trots att andelen godstransportarbete och persontransportarbete inte är obetydligt i jämförelse med andra trafikslag, enligt (Trafikanalys, 2021) gjordes 20 % av godstransportarbetet av järnvägen och 8 % av persontransportkilometrar gjordes med järnväg, spårväg eller tunnelbana. Att utsläppen trots detta är så små kommer sig av den betydligt högre transporteffektiviteten för gods transporterat på järnväg jämfört med till exempel gods transporterat med tung lastbil. En del av det beror också på att tågen är just elektrifierade (en elmotor har betydligt högre verkningsgrad jämfört med en förbränningsmotor) och ett betydligt lägre rullmotstånd (stål mot stål). Enligt Trafikanalys (2021) var energieffektiviteten år 2019 för godstransporter med tunga lastbilar (i Sverige) strax över 0,3 kWh/tonkm medan den för godstransport på järnväg var strax under 0,05 kWh/tonkm.

Idag utgör 94 % av den energi som används inom järnvägen av el och resterande 6 % utgörs av diesel (Energimyndigheten, 2022). Dock används också en del biodrivmedel på den icke-elektrifierade delen av järnvägsnätet (Fröidh och Jansson, 2021)⁷. Enligt Fröidh och Jansson (2021) är 75 % av järnvägsnätet (km) i Sverige elektrifierat. Det finns planer att inom de närmsta åren elektrifiera ytterligare ett antal sträckor av nätet varav ca 100 km som är tidsbestämda av Trafikverket (före år 2030) samt ytterligare ca 50 km som ej är tidsbestämda.

För de fåtal icke-elektrifierade spår som finns, diskuteras även andra tekniker – t.ex. att använda biodiesel eller som för inlandsbanan att använda bränsleceller och vätgas. Det finns också utredningar i andra länder kring batterielektriska tåg på de delar som idag inte är elektrifierade. Batterielektriska tåg finns redan i drift eller som koncept i flera tillämpningar.

Vätgasdrivna motorvagnar finns också i drift eller planeras för (t.ex. i Tyskland, Italien och Frankrike). Ett problem är dock att infrastrukturen för vätgas inte är så väl utbyggd. I Sverige är det en stor fördel att elektricitet finns tillgänglig på så många banor och därmed ser batterielektriska tåg ut att bli en god möjlighet.

4.4 Indirekta transportrelaterade växthusgasutsläpp med fokus på dagsläget

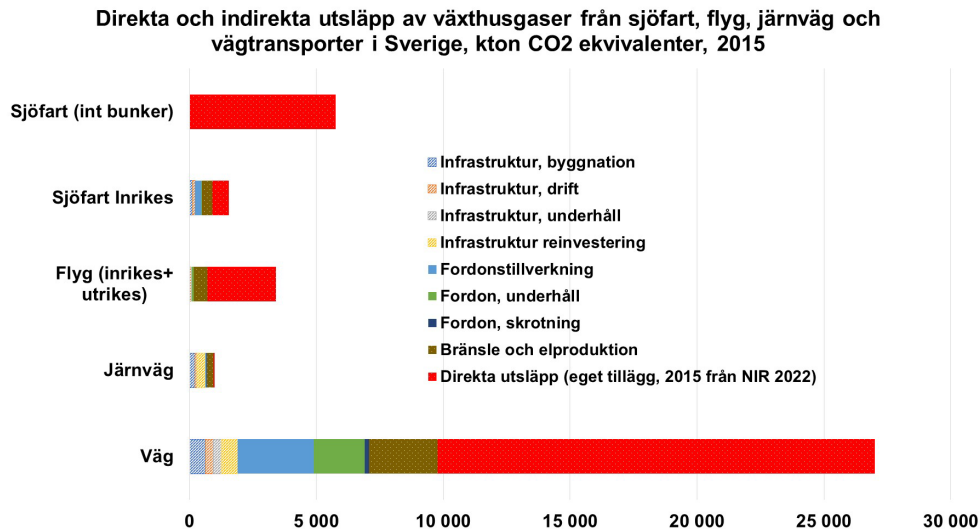
Som beskrivits i föregående delar av denna rapport ingår i transportsektorns utsläpp endast de direkta utsläppen från fordonen. Men till transportrelaterade utsläpp kan som indikerats tidigare även följande kategorier räknas:

- *Utsläpp kopplade till produktion och distribution av drivmedel/energibärare*
- *Utsläpp från produktion, distribution, underhåll och skrotning av fordon*
- *Utsläpp från infrastrukturhållning (byggnation, drift, underhåll och reinvesteringar)*
- *Utsläpp kopplade till förändrad markanvändning*

Vi har inte hittat någon sammanställning på de totala transportrelaterade utsläppen i Sverige, men vi har genom att kombinera olika källor fått fram en uppskattning för år 2015. Liljenström (2021) har uppskattat de indirekta utsläppen av växthusgaser från den svenska transportsektorn (fördelat på

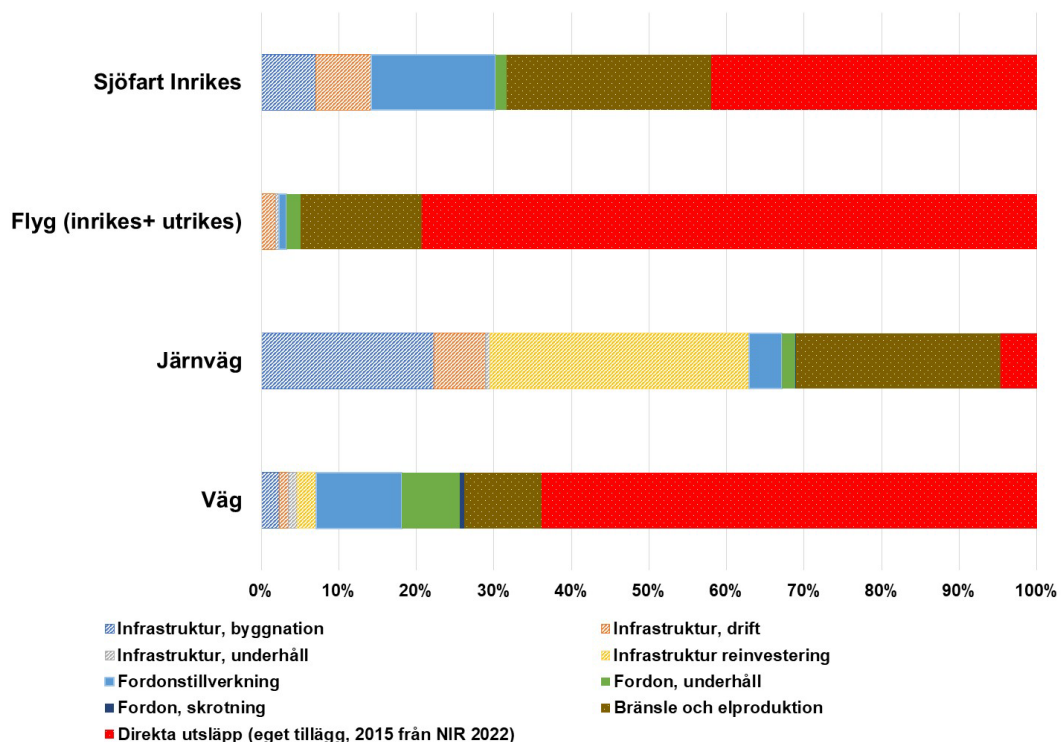
⁷ Till exempel uppges Inlandsbanan ha övergått till HVO100 i stället för diesel i sina motorvagnar och diesellok.

trafikslag) för år 2015. I Figur 10 och Figur 11 har vi kombinerat Liljenströms uppskattningar med de direkta utsläppen för respektive trafikslag år 2015 enligt NIR (2022).



Figur 10 Transportrelaterade utsläpp av växthusgaser för svenska transporter år 2015. Källa: Egen figur baserat på indirekta utsläpp uppskattade av Liljenström (2021) samt direkta utsläpp från NIR (2021).

I Figur 11 har utsläppen för respektive trafikslag normerats och den relativa betydelsen av de olika utsläppskategorierna kan utläsas.



Figur 11 Procentuell uppdelning av uppskattade transportrelaterade utsläpp av växthusgaser från transporter i Sverige år 2015, för olika trafikslag. Källa: egen figur baserat på uppskattningar av indirekta utsläpp enligt Liljenström (2021) samt direkta utsläpp enligt NIR (2021).

Enligt (Trafikverket, 2016) fördelas de totala utsläppen från inrikes vägtransporter (år 2015⁸) till 80% av utsläpp av växthusgaser från direkta utsläpp från fordonen samt produktion och distribution av bränsle, 5–10 % från infrastrukturen och 10–15% från byggande, underhåll och skrotning av fordon. När transportsektorn ställer om till fossilfria alternativ kommer dessa förhållanden att förändras. I nuläget ligger fokus på att minska de direkta utsläppen och man talar om tre strategier för att åstadkomma detta: att minska efterfrågan på transporter, öka transport och energieffektivitet samt minska användningen av fossila bränslen.

4.4.1 Drivmedelsproduktion

Som beskrivs i ovan kapitel ingår inte uppströms utsläpp i transportsektorns utsläpp. För de fossila bränslena ingår de utsläpp som härrör till raffinering av oljeprodukter som sker i Sverige i olika underkategorier i Energisektorn (CRF 1A1b, samt CRF 1B2A4). Eftersom olja inte utvinns i Sverige hamnar utsläpp relaterat till själva utvinningen av olja i andra länder. Energimyndigheten sammanställer ursprungsland för de oljeprodukter som importeras i Sverige (Energimyndigheten 2022c). I samma publikation anges också genomsnittlig klimatpåverkan från de biodrivmedel som används i den svenska transportsektorn. För samtliga bio-komponenter och biodrivmedel kan man se en sjunkande trend avseende utsläppen kopplat till produktionen. Utsläppen från biodrivmedelsproduktion hamnar till stor del i Jordbrukssektorn samt i LULCF sektorn. I Energimyndigheten, (2022c) anges också ursprungsland för de biodrivmedelskomponenter som används i den svenska transportsektorn.

Den starka elektrifieringstrenden bidrar på flera sätt till minskade utsläpp från transporter. De direkta utsläppen försvinner, och elektrifieringen innebär också en energieffektivisering. Utsläpp i samband med produktion av el som används som energikälla och för framdrift av fordon hamnar i energisektorn.

4.4.2 Fordonstillverkning samt underhåll av fordon

Inte heller de utsläpp som relaterar till produktion av fordonen inkluderas i transportsektorn. I Sverige produceras både bilar och lastbilar. I bil och lastbilsfabriker sätts komponenter samman till fordon. Många av dessa komponenter produceras utanför landets gränser. Det betyder att även för de fordon som produceras i Sverige finns uppströms utsläpp som inte ingår i de svenska territoriella utsläppen. Samma situation gäller för fartyg, tåg och flyg (även om vi tex inte har någon inhemsk produktion av fartyg annat än småbåtar och för militär användning). För material som behövs till infrastruktur finns en del produktion i Sverige (t ex järn och stål) men en del material importeras också.

Produktionen av de batterier som behövs i batterielektriska fordon ökar dock markant utsläppen kopplade till själva fordonsproduktionen. Nya batterifabriker byggs i stor skala och omfattning runt om i världen, både i Sverige, i EU, men också i andra delar av världen så som USA och Asien. Efterfrågan på sällsynta jordartsmetaller för batteriproduktion innebär också ökat tryck på t.ex. gruv- och metallindustrin.

4.4.3 Infrastruktur

Liljenström m.fl. (2019) samt Liljenström, (2021) har gjort sammanställningar av primärenergiåtgång och växthusgasutsläpp kopplat till svensk transportinfrastruktur för år 2015. Trafikverket har en ambition att inom kort uppdatera detta för senare år (Toller, 2022). Viktiga underlag för den framtida situationen är Trafikverkets mål om minskad klimatpåverkan från byggnation, drift och underhåll av infrastruktur, scenarier för reduktioner av växthusgasutsläpp från infrastrukturen för åren 2025–2045

⁸ För de flesta av dessa kategorier finns senare siffror än för 2015, men med undantag för utsläppen relaterade till infrastrukturen som inte finns sammanställda för något år senare än 2015.

(av Uppenberg m.fl. (2021)) samt annan forskning inom bygg- och anläggningssektorn omställning (exv. Karlsson m.fl. (2019)).

4.4.4 Förändrad markanvändning

Sedan 2021 får reduktionsplikten inte uppfyllas med bio-komponenter som har producerats av råvaror som har hög risk för indirekt markanvändningsförändring. Vilka råvaror detta inkluderar baseras på artikel 3 i EU kommissionens delegerade förordning (EU COM, 2019) med kriterier för vilka bränsleråvaror som har hög risk för indirekt ändring av markanvändning. Detta inkluderar t.ex. PFAD (Palm Fatty Acid Distillate), en biprodukt från palmoljaproduktion som fram till 2019 utgjorde en betydande del av bio-komponenterna i den HVO som användes i Sverige (Energimyndigheten, 2022c).

Utöver kartläggningar av markanvändningsförändringar finns idag inte heller någon sammanställning på ursprunget av den biomassa, som t ex genererar CO₂ utsläpp via förbränning, som rapporteras i *memo items*. En sådan sammanställning skulle kunna ge en bild av hur stora CO₂ utsläpp vi importerar i form av biodrivmedel och också om det kommer från länder som har ett netto upptag eller nettoutsläpp i sin jord och skogsbrukssektor.

4.5 Framtida transporters klimatutsläpp i livscykelperspektiv

I detta avsnitt beskrivs den nuvarande kunskapsnivån kring livscykelutsläppen för olika framdrivningstekniker som förväntas vara intressanta inom olika transportsektorer i ett 2030–2050 perspektiv. I tabellerna nedan som ger en översiktlig sammanfattning av kunskapsläget för respektive ingående trafikslag beskrivs vilka tekniker som ingår i sammanställningen och sedan ges, för olika fordon, en kort sammanfattning av kunskapsläget kring utsläpp för respektive område och exempel på referenser. Detta inkluderar:

- tillverkningen av fordonet, inklusive produktion och transport men även återvinning. Fokus har vi lagt på specifika fordonskomponenter som t.ex. batterier för elfordon (BEV, BE) och bränsleceller för bränslecellsfordon (FCEV, FC),
- energi/drivmedel, både från användningen och uppströms för utvinning och produktion,
- samt infrastruktur (fokus på ny infrastruktur).

Utsläpp av växthusgaser till följd av markanvändningsförändringar kan förekomma i flera av kategorierna men hur kunskaperna ser ut för dessa har inte studerats i detalj i denna förstudie eftersom det varit utanför vår avgränsning. Vi ser dock att det ofta är något som inte inkluderas i livscykelanalyser.

4.5.1 Vägtransporter

I detta avsnitt beskrivs för vägtransporter (med fokus på lastbilar, men också för personbilar, bussar samt andra fordon) befintlig kunskap om livscykelutsläppen samt kortfattat vilka dataunderlag som finns tillgängliga för detta. Elektrifiering är en stark trend för vägtransporter och Tabell 1 inkluderar flera tekniker för detta; laddhybrider, rena elfordon med olika lösningar för laddning genom t.ex. stationär laddning, batteribyte men även dynamisk laddning genom elvägar. I omställningen är biodrivmedel (som stötts via reduktionspliktssystemet) och elektrobränslen också alternativ, liksom bränslecellsfordon drivna av vätgas.

Tabell 1 Översikt av kunskap för växthusgasutsläpp kopplat till de olika delarna i transporternas livscykel med fokus på vägtrafik. BEV avser elfordon och FCEV avser bränslecellsfordon.

Teknik	Fordon* (specifika komponenter)	Energi/ drivmedel	Infrastruktur
BEV (statisk laddning)	Batteri + elmotor. Det finns många studier om batteriers växthusgasutsläpp i livscykel-perspektiv, t ex Emilsson och Dahllöf (2019), färre avseende elmotorers (Nordelöf m.fl., 2018). Data finns i LCA databaser så som t.ex. Ecoinvent ⁹ . Även (UNEP, 2020) innehåller data för batterier.	El. VHG-utsläpp per kWh i livscykel-perspektiv kopplade till olika sätt att producera el är välkänt och finns i LCA-databaser ⁹ . I (Bekel och Pauliuk, 2019) finns jämförande data. Litteratur nuvarande utsläpp/prognos: EEA (2022) innehåller prognos för 2030, Prussi m.fl. (2020) prognos för 2030, Scarlat m.fl. (2022).	Statisk laddinfrastruktur exv. Bekel och Pauliuk (2019). Saknas gör dock studier som speglar svenska förhållanden.
BEV (batteri-byte)	Batteri ¹⁰ + elmotor. Vallera m.fl. (2021) argumenterar för längre batterilivslängder p.g.a. mer kontrollerad off-board laddning. Borde även betyda mindre batterier i varje fordon. Underlagsdata saknas dock i Vallera m.fl. (2021).		Växthusgasutsläpp för batteribyttestationer med laddinfrastruktur som även kan leverera elsystemtjänster estimeras i (Vallera m.fl. 2021). Data för batteribyte saknas dock i Vallera m.fl. (2021).
BEV (dynamisk laddning); elväg	Batteri ¹¹ + elmotor+ strömavtagare. Osäkert om det finns GHG-data för strömavtagare.		LCA för flera olika elvägstekniker anges i (Balieu m.fl., 2019) vilket inkluderar konduktiv med luftledning, konduktiva med skena i mark, skena vid sidan av vägen eller skena på väg, och induktivt alternativ.
FCEV	För tankar finns data i (Agostini m.fl. 2018), (Benitez et al., 2021), (Miotti m.fl. 2017)	Vätgas. (Prussi m.fl., 2020) (Bekel och Pauliuk, 2019). Jämförelse mellan olika elektrifieringsalternativ samt data för bränslekedjan finns i t ex (IVA, 2022).	Vätgasproduktion (water electrolysis (PEM+ alkaline)) + distribution finns i Bekel och Pauliuk, (2019)
Bio- och elektro-bränslen	ICE+ bränsletank (Romare och Hanarp, 2017) jämför lätta lastbilar med olika biodrivmedel (HVO, etanol, biogas) med diesel. Produktionen av fordonen har liten inverkan på totala växthusgasutsläppen.	Prussi m.fl. (2020) och Lönnqvist m.fl. (2021) innehåller data för många bränslen. I förnybarhetsdirektivet RED (Directive 2018/2001/EU) finns värden för många biobränslen existerande tekniker och en del avancerade bränslen.	Hagos och Ahlgren, (2018) innehåller data för CBG/LBG. För många andra biodrivmedel särredovisas utsläpp från bränsledistribution och tankning i Prussi et al. 2020.

*Utsläppen relaterat till fordonet inkluderar följande delar: produktionsprocessen av själva fordonet (inklusive råmaterial); viktiga (unika) komponenter (här avses de komponenter som framförallt skiljer de olika teknikerna åt), reparationer och underhåll.

⁹ Till exempel Ecoinvent (Wernet, m.fl. 2016)

¹⁰ Mer standardiserat batteri och antagligen mindre batteri jämfört med BEV (onboard static charging)

¹¹ Antagligen mindre batteri jämfört med BEV (onboard static charging)

Hur stora utsläppen av fossila växthusgaser från produktion och användning av energibärare och drivmedel är, är väldokumenterat. I den årligen utkommande rapporten Drivmedel 20XX från Energimyndigheten (exv. Energimyndigheten (2021c), (Energimyndigheten, 2022c)) beskrivs de uppgifter som rapporterats enligt drivmedelslagen, hållbarhetslagen och reduktionsplikten. Här anges alltså vilka mängder av olika drivmedelsslag som drivmedelsleverantörer till den svenska marknaden årligen rapporterat. I detta underlag ingår flytande och gasformiga drivmedel och drivmedelskomponenter. El ingår inte i denna rapportering (Energimyndigheten, 2021d). I Energimyndighetens sammanställning rapporteras också genomsnittliga årsmedelvärden för växthusgasutsläpp i [g CO₂/MJ] från olika typer av drivmedel, se Tabell 2. Denna beräkning baseras på beräkningsmodeller i drivmedelslagen och hållbarhetslagen för fossila drivmedel respektive biodrivmedel och bygger på förnybarhetsdirektivet (RED). Dubbelräkning tillämpas inte i den beräkningen. Växthusgasutsläppen beräknas över hela livscykeln och inkluderar t.ex. utsläpp från tillverkningsprocessen samt koldioxidutsläppen från förbränningen av de fossilbaserade komponenterna men utsläpp från påverkan på indirekt markanvändning ingår inte. Principen är detsamma för samtliga drivmedel: flytande och gasformiga drivmedel samt el. Denna metod brukar kallas källa-till-hjul (*well-to-wheel*) och ger en bild av ett drivmedels växthusgasutsläpp per energiinnehåll, utan att ta hänsyn till vilket fordon det används i. För el används en emissionsfaktor för svensk elmix om 13 g CO₂/MJ¹².

Tabell 2 Årsmedelvärden av växthusgasutsläpp [g CO₂e/MJ] från olika typer av drivmedel använda i Sverige.
Källa: (Energimyndigheten, 2021d)

gCO ₂ -ekv/MJ	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bensin MK1	91,7	91,6	91,3	91,5	91,5	91,3	90,6	90,2	90,9	89,1
Diesel MK1	93,0	91,0	87,4	86,3	83,7	80,4	79,3	77,3	76,4	75,7
Diesel MK3					95,1	95,1	95,1	88,0	95,1	95,0
E85	48,2	44,1	40,4	52,3	52,2	51,0	48,8	48,5	48,7	48,6
ED95	-	40,8	36,9	40,4	22,8	30,8	28,4	31,7	24,2	25,4
FAME100	57,0	49,4	47,5	45,9	37,5	31,9	31,1	31,4	34,8	32,9
Fordonsgas	59,6	43,3	49,0	46,4	33,6	28,8	18,9	16,4	12,8	12,6
HVO100	-	-	-	15,6	12,0	14,0	11,3	8,8	13,3	20,4
LNG/LBG	-	67,0	71,1	73,6	72,6	73,1	73,9	41,2	19,5	24,6
El	-	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	13,0	13,0	13,0	13,0
Total	91,9	89,6	87,5	86,5	84,2	80,5	77,7	76,0	76,6	75,9

Det finns också en hel del data om alternativa bränslen i den svenska fordonsflottan som presenteras lättillgängligt i *European Alternative Fuels Observatory* (European Commission, 2022).

4.5.2 Sjöfart

I detta avsnitt ges en översiktlig beskrivning av befintlig kunskap om livscykelutsläppen för sjöfart, (se Tabell 3). Det finns flera olika alternativa marina bränslen och framdrivningstekniker som har potential att bidra med låga utsläpp av koldioxid i Sverige. Dessa inkluderar till exempel el, olika typer av biobränslen, vätgas, ammoniak och andra typer av elektrobränslen. Dessa bränslen kan användas i olika typer av motorer eller bränsleceller. Det är också möjligt att använda vindkraft för framdrivning av fartyg (i alla fall delvis) liksom att använda bränslen som produceras från naturgas men som kombineras med koldioxidinfångning och lagring (CCS). De två senare ingår dock inte i denna sammanställning

¹² Detta värde har uppdaterats och är från och med 1 januari 2022 7,2g CO₂/MJ (Energimyndigheten, 2021e)

Tabell 3 Översikt av befintlig kunskap för växthusgas-utsläpp kopplat till de olika delarna i transporternas livscykel med fokus på **sjöfart**. BE avser batteri-elektrisk framdrift, FC avser alternativ med bränslecell och ICE står för förbränningsmotor.

Teknik	Fordon* (specifika komponenter)	Energi/ drivmedel	Infrastruktur
Elektrifierade			
BE	Batteri + elmotor. För batterier kan det i viss utsträckning hänvisas till litteraturen som nämns för batterier för vägtransporter. Specifikt för sjöfart så exkluderas oftast produktionen av tillverkningen av komponenter till fartygen i LCA:er men exempel där det ingår är Brynolf m.fl. (2022) och Malik Kanchiralla m.fl. (2022).	El. GHG-utsläpp per kWh i livscykel-perspektiv kopplade till olika sätt att producera el är välkänt och finns i LCA-databaser. Finns dock en del studier med LCA för batterielektriska lösningar för sjöfarten.	Relativt lite information verkar finns tillgänglig i litteraturen med specifik användning inom sjöfarten, men Brynolf m.fl. (2022) är ett exempel där detta ingår i viss utsträckning för flera alternativ.
FC	Bränsleceller+ elmotor+ bränsletank: Specifikt för sjöfart så exkluderas oftast produktionen av tillverkningen av komponenter till fartygen i LCA:er men exempel där det ingår är Brynolf m.fl. (2022) och Kanchiralla m.fl. (2022).	Vätgas+ ammoniak + eventuellt metanol. Det finns en del studier med LCA:er på sjöfartsbränslen, se sammanställning i (Brynolf et al., 2022). Prussi et al. 2020, och RED kan användas för bränsleproduktionssteget men många studier innehåller egna beräkningar av växthusgasutsläpp ur LCA-perspektiv. Emissionsfaktorer för olika bränslen ur LCA-perspektiv för sjöfarten föreslås även i EUs Fuel EU Maritime (European Commission, 2021). Relativt stor variation på växthusgasprestanda för elektrobränslen och ammoniak i litteraturen på grund av vilka antaganden som görs och systemgränser som används (Grahm m.fl., 2022).	Relativt lite information verkar finns tillgänglig i litteraturen med specifik användning inom sjöfarten, men Brynolf m.fl. (2022) är ett exempel där detta ingår i viss utsträckning för flera alternativ.
Biodrivmedel flytande och gasformigt samt motsvarande elektrobränslen			
Bio- och elektrobränslen (inklusive elektroammoniak) i ICE	ICE+bränsletank. Specifikt för sjöfart så exkluderas oftast produktionen av tillverkningen av komponenter till fartygen i LCA:er (tex i (Quang m.fl. (2021) men det finns i alla fall ett par studier med LCA för marina bränslen där fartygets motor ingår, t ex. Brynolf m.fl. (2022), Kanchiralla m.fl. (2022), Jeong m.fl. (2018).	Det finns en hel del studier med LCAer på sjöfartsbränslen, se sammanställning i (Brynolf et al., 2022). Prussi et al. 2020, och RED kan användas för bränsleproduktionssteget men många studier innehåller egna beräkningar av växthusgasutsläpp ur LCA-perspektiv. Emissionsfaktorer för olika bränslen ur LCA-perspektiv för sjöfarten föreslås även i EUs Fuel EU Maritime (European Commission, 2021). Relativt stor variation på växthusgasprestanda för elektrobränslen och ammoniak i litteraturen på grund av vilka antaganden som görs och systemgränser som används (Grahm m.fl., 2022).	Relativt lite information finns tillgänglig i litteraturen med specifik användning inom sjöfarten, men Brynolf m.fl. (2022) är ett exempel där detta ingår i viss utsträckning för flera alternativ.

*Utsläppen relaterat till fordonet inkluderar följande delar: produktionsprocessen av själva fordonet (inklusive råmaterial); viktiga (unika) komponenter (här avses de komponenter som framförallt skiljer de olika teknikerna åt), reparationer och underhåll.

4.5.3 Flyg

I detta avsnitt ges för flyget en översiktlig beskrivning av befintlig kunskap om livscykelutsläppen (se Tabell 4). Omställningen inom flyget har just börjat. Från och med 1 juli 2021 finns i Sverige krav på att leverantörer av flygbränslen skall blanda in biodrivmedel i fossilt flygfotogen. Kravet på inblandning började på en nivå om 0,8% under 2021 och skall nå 27% till 2030 (Lag (2017:1201), 2018). År 2022 är reduktionsplikten för flygfotogen 1,7%. Flygbränslen är mer hårt reglerade än andra bränslen och för att få användas krävs godkännande av hela produktionskedjan – inte bara av den slutliga produkten. Därmed är antalet potentiella produktionsvägar åtminstone på kort och medellång sikt begränsat. Olika typer av elektrobränslen är dock ett möjligt alternativ. Andra tekniker för att minska utsläppen från flyget som är under utveckling är elflyg, hybridelflyg och turboelektriskt elflyg. Den sistnämnda tekniken bygger på en kombination av gasturbiner med en elgenerator som konverterar bränslets kemiska energi till elektrisk energi för att helt eller delvis driva elmotorn. Kunskapsläget kring höghöjdseffekter från flyget ingår inte i denna kartläggning.

Tabell 4 Översikt av befintlig kunskap för växthusgasutsläpp kopplat till de olika delarna i transporternas livscykel med fokus på **flyget**.

Teknik	Fordon produktion* (specifika komponenter)	Energi/ drivmedel	Infrastruktur
Elflyg – helelektrisk	LCA-data för produktionen av olika batterisystem för elflyg finns bland annat i Barke m.fl. (2021). En syntesrapport av hållbarhetsbedömningar av flygteknologier som är under utveckling finns även i Pinheiro Melo m.fl. (2020). I Negri m.fl. (2021) finns också exempel på studier som inkluderar LCA för flyg.	El. GHG-utsläpp per kWh i livscykel-perspektiv kopplade till olika sätt att producera el är välkänt och finns i LCA-databaser.	Eftersom utvecklingen av elflyg är så begränsad finns det lite information att förhålla sig till vad gäller laddinfrastruktur (Trafikanalys, 2020)
Hybrid elflyg	Bygger på både batteri och bränsleceller samt jetbränslemotorer. LCA-data för batterier mm finns i Barke m.fl. (2021). Hoelzen m.fl. (2018) inkluderar ett livscykelperspektiv. Livscykeldata för bränsleceller finns generellt, men mer begränsat för tillämpningen inom flygsektorn. En del data finns i Hoelzen m.fl.(2018).	För hybridelflyg finns samma kunskapsunderlag som ovan vad gäller el-delen. I övrigt beror det på vilket bränsle utöver el som ska användas. Livscykelanalyser för ett stort antal hållbara flygbränslen med högre och lägre TRL-nivå finns framtagna inom ramen för CORSIA. Dessa finns sammanfattade i (EASA, 2022). Det finns en del generell livscykeldata för vätgas men det är mer begränsat med tillämpning specifikt för flyg. Ett exempel är Bicer och Dincer (2017).	Eftersom utvecklingen av elflyg är så begränsad finns det lite information att förhålla sig till vad gäller laddinfrastruktur (Trafikanalys, 2020)
SAF (Sustainable Aviation Fuels) inkl. biojetfuels och elektro- flygbränslen	Eftersom hållbara flygbränslen hittills endast riktar in sig på en inblandning på en viss procent finns det inga förändringar i komponenter i flygplan att ta hänsyn till. Vissa bränslen kan dock potentiellt användas i bränsleceller (se ovan).	Livscykelanalyser för ett stort antal hållbara flygbränslen med högre och lägre TRL-nivå finns framtagna inom ramen för CORSIA. Dessa finns sammanfattade i (EASA, 2022). Det finns en del generell livscykeldata för vätgas som kan användas i bränsleceller och andra motorer men det är mer begränsat med tillämpning specifikt för flyg. Ett exempel är Bicer och Dincer (2017).	Relativt lite information finns tillgänglig i litteraturen med specifik användning inom flyget vilket sannolikt beror på att användningen ännu är liten.

4.5.4 Bantrafik/järnväg

I detta avsnitt ges för bantrafiken/järnvägen en översiktlig beskrivning av befintlig kunskap om livscykelutsläppen (se Tabell 5). I Sverige är mycket av järnvägen och bantrafiken elektrifierad och bränslebyte är därför endast aktuellt för en mindre del av järnvägen. På en del sträckor som trafikeras av dieseldrivna lok används biodrivmedel. Att elektrifiera ytterligare sträckor finns planerat. För inlandsbanan har vätgas/bränsleceller varit ett alternativ som diskuteras (Nyström, 2020a). Elektrifiering med batteridrift skulle också kunna vara möjligt på vissa sträckor (Nyström, 2020b).

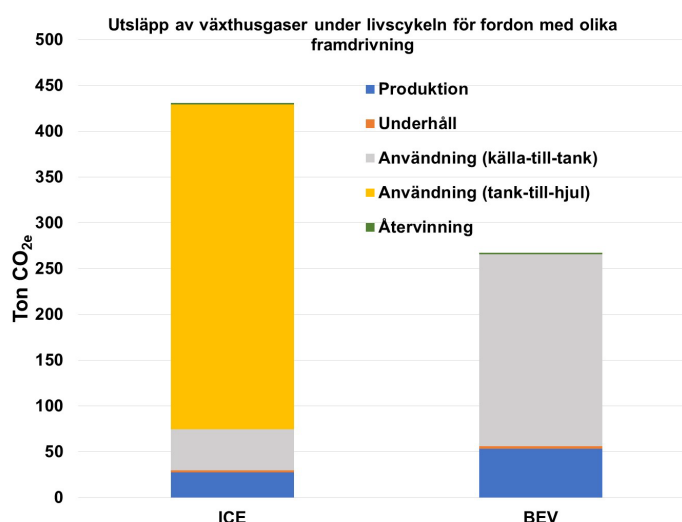
Tabell 5 Översikt av befintlig kunskap för växthusgasutsläpp kopplat till de olika delarna i transporternas livscykel med fokus på **järnväg/bantrafik**.

Teknik	Fordon produktion* (specifika komponenter)	Energi/ drivmedel	Infrastruktur
El-/dieseldrift	LCA för fordon (passagerar- och godståg) finns i Stripple och Uppenbergs (2010) samt för godståg (diesel och eldrift) i Merchan m.fl. (2020), även Ingrao m.fl. (2021) inkluderar tåg. Negri m.fl. (2021) har gjort en review av LCA:er för godstransporter med olika trafikslag, i den finns ytterligare källor.	LCA för el, diesel och olika vägar för produktion av biodrivmedel samt vätgas (Logan m.fl. 2020) finns både för etablerade tekniker och för tekniker som diskuteras för framtiden.	Det finns LCA:er (Stripple och Uppenbergs, 2010), (Fridell m.fl. 2019), (Merchan m.fl., 2020), (Saxe och Kasraian, 2020) och en EPD för järnväg/ Norrbotnia-banan (Trafikverket, 2014).

4.6 Förändringar av tyngdpunkt för transportrelaterade utsläpp till följd av teknikskiften

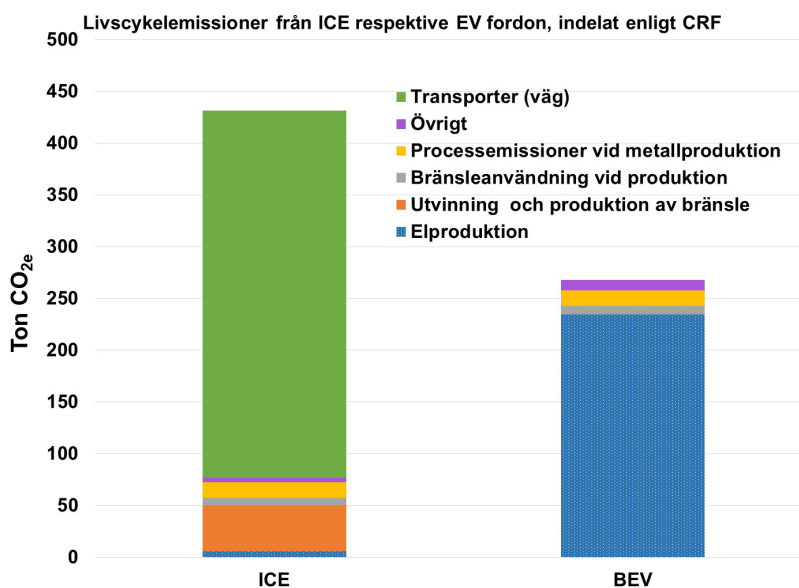
Ett tydligt och högst relevant exempel på hur utsläppens tyngdpunkt förflyttas mellan sektorer då teknikskiften sker är utsläpp relaterade till driften av batterielektriska fordon (BEV). Eftersom dessa fordon inte har några utsläpp från driften (inga avgaser) så finns inget att rapportera under kategorin ”vägtransporter” i enlighet med nuvarande CRF. Utsläppen från produktionen av den el som används av elfordonen redovisas i stället under ”offentlig el- och värmeproduktion”. Allteftersom elektrifieringen i transportsektorn ökar och antalet elfordon blir mer etablerad kommer vi därför att se en gradvis förskjutning av utsläppen från kategorin ”vägtransporter” i nationella inventeringar mot ”offentlig el- och värmeproduktion”. I ett scenario där nästan alla fordon på vägen har ersatts av elfordon, skulle det nästan inte finnas några utsläpp som rapporterats under "vägtransporter".

Övergången från fordon med förbränningsmotorer till elfordon kommer också att innebära att en större andel av fordonens livscykelutsläpp kommer att flyttas från fordonets användningsfas till produktionsfasen. I en studie från lastbilstillverkaren Scania (Scania, 2021) jämfördes växthusgas-utsläppen ur ett livscykelperspektiv för två fordon med olika framdrivningsteknik. Jämförelsen visar att för ett fordon med förbränningsmotor svarade produktionsfasen för 6 % av utsläppen och för ett batterielektriskt fordon svarade de för 20 % av utsläppen. Beräkningarna baserades på ett fall med europeisk elmix för användningsfasen och delar av produktionsfasen, men med kinesisk elmix för produktionen av batterier (se Figur 12). I Figur 12 har utsläppen kategoriserats till de olika livscykel-faserna av fordonet, medan i Figur 13 har utsläppen från de olika livscykelfaserna grovt allokerats till de olika sektorerna enligt CRF. I Figur 13 motsvarar ”Transporter (väg)” den del som i Figur 12 heter ”användning (tank-till-hjul)”. I Figur 12 syns att de produktionsrelaterade utsläppen är större för BEV jämfört med en ICE. Detta visar att övergången till elfordon leder till att utsläppen från produktionen av fordon ökar i betydande grad. Denna ökning ses dock endast inom ett lands egen inventering om hela eller i alla fall en stor del fordonet (alla komponenter) tillverkas inom landet. Om vissa delar som är särskilt energi-intensiva, exempelvis batteriet, produceras i andra länder kommer det inte att synas i den nationella rapporteringen utan då ”exporteras” dessa utsläpp genom att något annat land står för produktionen.



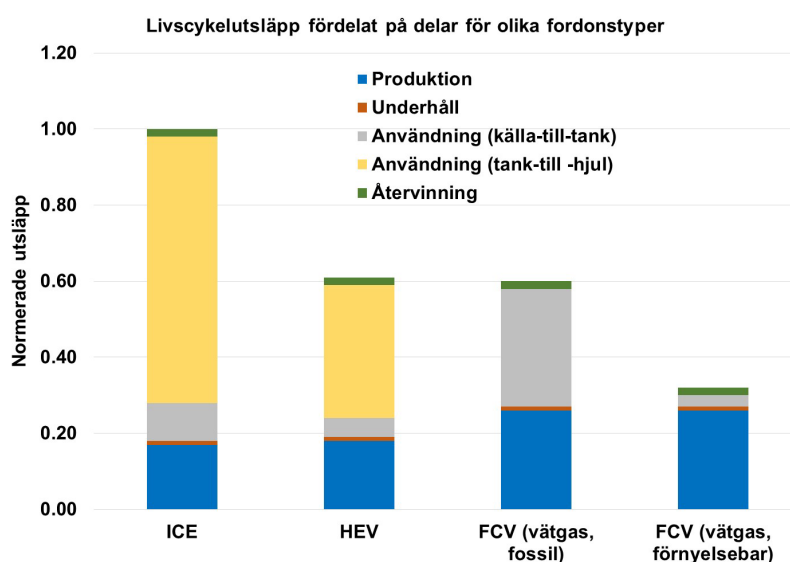
Figur 12 – Jämförelse av utsläpp från de olika delarna i livscykeln för Scantias regionala distributionslastbil i fallet där det mest konservativa utsläppsscenarioet (höga utsläpp) används för det elektriska fordonet. Utsläppen för fordonet med förbränningsmotor (ICE) är baserat på fossil diesel med en inblandning av 7% biodrivmedel. Utsläppen för elproduktionen för den el som BEV fordonet använder är beräknat med EU:s elmix för 2018.

Källa: (Scania, 2021)

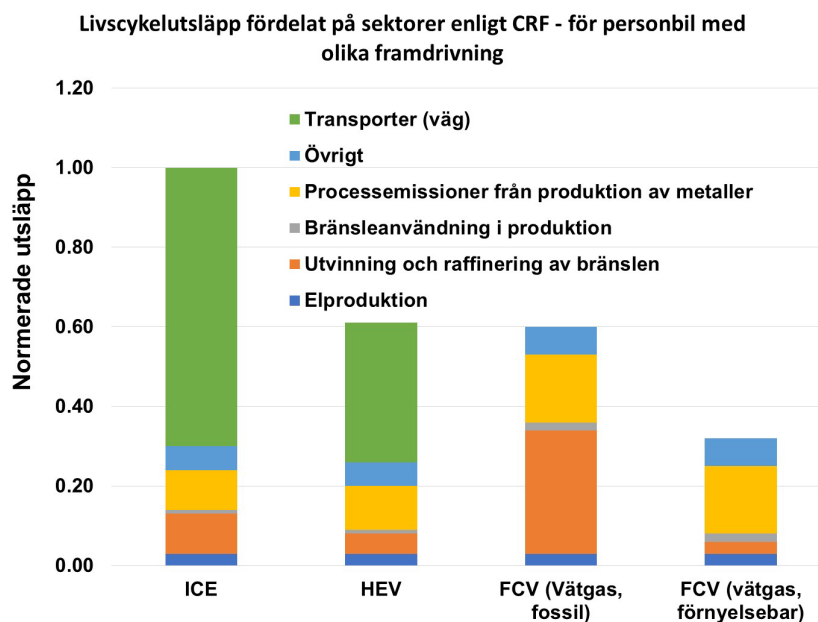


Figur 13 Samma utsläppsiffror som i Figur 3 men här är utsläppen grupperade enligt kategorierna enligt CRF (det gemensamma rapporteringsformatet i de nationella rapporteringarna till klimatkonventionen). Några mindre justeringar är gjorda i namnet på kategorierna och i gruppering för att förenkla figuren. Källa: Egen indelning i kategorier enligt CRF, utsläppsdata baserat på (Scania, 2021).

Notera att i elproduktion i Figur 13 ingår både el från framdrift och från produktion av fordon och fordonskomponenter. I Figur 14 och Figur 15 visas en jämförelse av livscykelutsläppen för personbil; baserat på Toyotas studie (Toyota, 2015) där de jämför sin vätgasbil med en konventionellt bensindriven bil (med förbränningsmotor) eller bensinhybrid (el/bensin). I Figur 14 visas utsläppen fördelat per stadie i livscykeln och i Figur 15 per utsläppskategori enligt CRF. Notera att skalan i figurerna är normerad (inga absoluta tal). Man kan dock se att produktionen av fordonet blir större för samtliga fall i jämförelse med det konventionella fordonet samt att skillnaden för den totala livscykeln är mycket liten mellan hybridfordonet och vätgasfordonet i det fall där vätgasen produceras på konventionellt sätt från naturgas.



Figur 14 – Jämförelse av utsläpp från de olika stegen i livscykeln för Toyotas vätgasbil Mirai jämfört med två ospecificerade referensfordonsmodeller (bensin och bensin-hybrid). Notera att utsläppsintensiteten för fordonet med förbränningsmotor (ICE) användes som referens och i LCA:n angavs inga absoluta utsläppsnivåer. Källa: (Toyota, 2015)



Figur 15 Samma utsläppsdata som i Figur 15 men grupperade i kategorierna enligt CRF (med några mindre justeringar i namnet på utsläppskategorierna och i indelningen för att förenkla figuren).

Ytterligare ett exempel för personbilar är Morfeldt m.fl. (2021) som analyserar effekten av ett förbud mot försäljning av förbränningsmotorer på CO₂-avtrycken från personbilstransporter i Sverige ur ett LCA-perspektiv. Analysen visar att en introduktion av elbilar leder till att de totala koldioxidutsläppen minskar vilket beror på att både de direkta utsläppen från bilarna och utsläpp från bränsleproduktion minskar medan utsläppen från tillverkningen av bilar ökar Morfeldt m.fl. (2021). Introduktionen av elbilar leder även till att utsläppen som sker i Sverige minskar medan påverkan på utsläppen i andra länder är relativt begränsad (Morfeldt m.fl., 2021). Motsvarande analys saknas för lastbilar/godstransporter.

Övergång från fordon med förbränningsmotorer till elfordon eller vätgasfordon är inte de enda teknikskiften som resulterar i en förskjutning av rapporterade utsläpp från kategorin "vägtransport" till andra kategorier. Den ökande användningen av biobränslen leder till en förskjutning av utsläppen till kategorierna "jordbruk" eller "markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk" (LULUCF) beroende på vad råvarorna för biobränslena härstammar ifrån. Används restprodukter blir utsläppen i dessa sektorer potentiellt små. Implementeringen av dynamisk laddning för elbilar via elvägar kommer att leda till en förskjutning till kategorier relaterade till "metall- och byggnadsindustrin" utöver förskjutningen till "offentlig el- och värmeproduktion", men troligtvis en mindre ökning av utsläppen från produktionen av fordonen då denna teknik kräver mindre batterier.

Den nuvarande rapporteringen och metoderna för att kategorisera utsläpp i sektorer som används av nationella inventeringar fyller sitt syfte om att sammanställa nationella utsläpp på ett sätt som inte leder till dubbelräkning, men de kommer sannolikt att bli mindre användbara för beslutsfattare som är intresserade av att minska utsläpp relaterade till transportsektorn specifikt. Detta eftersom "vägtransporter" (och andra transportkategorier) i CRF endast inkluderar direkta (avgasrör) utsläpp från fossila bränslen. I nuläget och särskilt efter 2030 när vi har nått en reduktion i transportsektorn om 70%, innebär detta en utmaning för beslutsfattare eftersom den verkliga utsläppseffekten från transportsektorn blir svår att uppfatta, eftersom utsläppen antingen klumpas ihop under generiska kategorier som "offentlig el- och värmeproduktion" eller flyttas till ett diffust antal underkategorier under "industriella processer och produktanvändning". Förflyttningen av utsläpp mellan kategorier och länder behöver inte

vara ett problem men det kan potentiellt vara så att det ur ett policyperspektiv begränsar användbarheten av den nationella utsläppsinventeringen som källa för beslutsfattare för att veta vilka sektorer de ska rikta in styrmedel mot.

Sammanfattningsvis kommer omställningen av transportsektorn leda till att det krävs nya sammanställningar och uppföljningar av de utsläpp som transporterna orsakar (produktionen av fordonen, produktionen av den energi fordonen använder, produktion av infrastruktur etc.) för att bättre kunna styra mot tekniker och användningssätt som totalt sett – i ett livscykelperspektiv – ger låga utsläpp av växthusgaser. För beslutsfattare finns ett behov av en separat sammanställning av utsläpp som kan användas i syfte att utforma styrmedel och som ger en god överblick över hur olika transportteknologier bidrar till både utsläppsminskningar och utsläpp.

5 Slutsatser och diskussion

I detta avsnitt sammanfattas våra resultat kring de kunskapsluckor som vi identifierat. Vi beskriver även de huvudintressenter som vi identifierat för det område som diskuteras liksom ett förslag till möjligt upplägg för en fortsättningsstudie.

5.1 Övergripande slutsatser

De klimatpåverkande utsläppen sammanställs idag på i huvudsak tre sätt, där de territoriella utsläppen som också rapporteras till FN utgör basen för uppföljningen av måluppfyllnad för våra klimatmål. Även om det finns kompletterande sammanställningar av produktions- och konsumtionsbaserade utsläpp saknas det en sammanställning som gör det möjligt att följa upp hur olika val av nya tekniker inom transportsektorn påverkar de totala utsläppen i sin helhet. Nya tekniker inom transportsektorn kan betyda att utsläppen från andra delar av transportens livscykel (än de direkta utsläppen från fordonen) ökar (t.ex. batteriproduktion) I nuläget och särskilt efter 2030 när vi har nått en reduktion i transportsektorn om 70%, innebär detta en utmaning för beslutsfattare eftersom den verkliga utsläppseffekten från transportsektorn blir svår att uppfatta. Det gäller både utsläpp som sker i Sverige och sådana som sker i andra länder till följd av t.ex. import av fordon, fordonskomponenter, drivmedel och drivmedelskomponenter. Därmed föreslår vi att man går vidare med att ta fram sammanställningar och verktyg som kan användas för att illustrera transportrelaterade utsläpp utifrån olika framtida scenarier för transportsektorns omställning.

Sammanställningen i förstudien och kontakterna som togs med intressenter inför och under workshopen visar att det pågår en ständig utveckling av hur utsläppen rapporteras och att detaljeringsgraden blir högre och osäkerheterna mindre, inte minst beroende på krav från t.ex. EU. Det finns dock specifika områden där kunskapen fortfarande är begränsad, t.ex. kring hur stor andel av den biomassa som förbränns i Sverige som kommer från importerade källor och hur stora markanvändningsutsläppen kopplade till transportsektorn är. Dessa frågor lyftes på projektets workshop och i diskussionen med berörda aktörer kopplat till denna. Överlag behövs dock också mer kunskap kring fler av de transportrelaterade utsläppen, särskilt kopplat till tekniker som potentiellt sett kommer att implementeras i allt större skala framöver.

Det finns en tanke i styrmedelsutformningen (som ofta sker på EU-nivå) om att vara så heltäckande som möjligt, men dagens styrmedel inkluderar t.ex. inte utsläpp till följd av produktion i andra länder.

5.2 Identifierade kunskapsluckor avseende livscykelutsläpp för olika tekniker

Det finns generellt sett relativt mycket data och kunskap kring växthusgasutsläpp för olika drivmedel/energibärare, särskilt de som redan idag finns på marknaden. Utsläppsnivåer är mindre välkända för nya tekniker som ännu inte riktigt nått marknaden så som:

- Nya bränslen, exempelvis elektrobränslen, ammoniak och vätgas
- Ny infrastruktur, exempelvis elvägar, laddinfrastruktur för vägfordon, infrastruktur för elflyg, infrastruktur för sjöfartens nya bränslen (inkl. elektrifiering och bunkring av nya bränslen).

Det finns även en del kunskap och data kring fordon men även här är det mindre för de tekniker som ännu inte är introducerade i stor skala. Även för elbilar saknas ännu en del kunskap kopplat till batterier, särskilt eftersom olika typer av batterier är under utveckling. Det finns mindre kunskap och data kopplat till infrastruktur (vilket även inkluderar lagring av energibärare). Fortsatta studier av miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv behövs därmed för en hel del tekniker oavsett användningsområde.

Dagens nationella utsläppstatistik ger inte möjlighet till att enkelt följa upp samtliga transportrelaterade utsläpp (då dessa är sektors- och nationsöverskridande). Kompletterande analyser behövs således liksom analyser av i vilken utsträckning som olika styrmedel i Sverige, EU och andra länder i praktiken redan begränsar transportrelaterade utsläpp inom olika sektorer, främst i andra sektorer än transportsektorn.

I Tabell 3 sammanställer vi kunskapsläget (eller kunskapsluckor) som identifierats (se avsnitt 4.5) för de olika livscykeldelarna av transportrelaterade utsläpp för de olika trafikslagen. Fokus har lagts på framtida tekniker. Denna sammanställning utgör grund för eventuella uppföljande studier och visar tydligt att det finns ett behov av mer kunskap kring transportrelaterade utsläpp.

Tabell 3 Sammanfattning av kunskapsläget och identifierade kunskapsluckor eller behov av mer data avseende utsläpp för framtida tekniker för olika trafikslag ur ett livscykelperspektiv.

Trafikslag samt tekniker för framtida fossilfrihet	Produktion och användning av bränsle/energibärare	Produktion av fordon (specifika komponenter)	Infrastruktur för t.ex. distribution av bränslen (byggnation, drift och underhåll)
Vägtransporter: biodrivmedel, BEV, elvägar, batteribyten, FCEV, elektrobränslen	Välkänd kunskap för många bränslen/energibärare men viss kunskap behövs fortfarande. T. ex. produktion av elektrobränslen men även för vätgas finns inte så mycket data från faktiska anläggningar då dessa ännu är få.	Finns LCA:er för både lätta och tunga fordon – mer för lätta än för tunga. För de fordon som ännu inte finns på marknaden eller som just sätts på marknaden är tillgången på data sämre. Studier av hur elvägar och batteribyten påverkar fordonsutformningen saknas i stort sett.	Data för infrastruktur för distribution är begränsat, men finns för många biodrivmedel. För elvägar, batteribyte och statisk laddinfrastruktur är data begränsat och mer kunskap behövs även om det finns till viss del.
Sjöfart: biodrivmedel, elektrifiering (BE), vätgas, elektrobränslen inklusive ammoniak, FC	Produktionen av bränslen är ofta densamma som för de andra trafikslagen. Det finns en del LCA:er för sjöfartsbränslen men fler behövs för bränslen som inte används i stor skala ännu (med undantag för el) och som studerar framtida förhållanden.	Tillgänglig LCA-data för nya framdriftstekniker för fartyg (inkl. nya motorer/drivlinor och tankar för bränslen) är begränsad, särskilt då introduktionen på marknaden ännu är låg. Mer kunskap behövs även om viss information är samma som för andra trafikslag	Utsläpp från distribution och bunkring av nya bränslen för sjöfarten, vilket kan skilja sig från andra trafikslag, är områden som kräver mer kunskap. Brist på studier om infrastruktur som behövs för bunkring av nya bränslen eller för elektrifiering och laddning i hamn.
Järnväg: el, bränslecell/ vätgas, biodrivmedel, BEV ^a	Se vägtransporter ovan	Har inte genomlett litteraturen för tåg, men troligtvis begränsat för de tekniker som ännu inte finns på marknaden.	Finns LCA:er och EPD:er för järnväg
Flyg: biodrivmedel/ elektrobränslen, elektriskt, turboelektriskt, hybrid	För en del bränslen finns LCA:er men fler behövs särskilt för bränslen som inte används i stor skala ännu.	Elflyg är fortfarande i sin linda och LCA:er för nya typer av flygplan och dess komponenter är begränsat.	Det finns begränsat med data för utsläpp kopplat till infrastruktur och bunkring av nya bränslen för flyget då det inte är utbyggt i någon större utsträckning.

^aMed BEV för järnväg avses batterielektriskt tåg, d.v.s. som drivs med batteri och därmed inte kräver elektrifiering längs hela banan.

5.3 Huvudintressenter och problemägare

En kartläggning av berörda aktörer (som har ansvar för att sammanställa och/eller följa upp utsläpp av växthusgaser som räknas som transportrelaterade) har genomförts och inkluderar bland annat ett flertal myndigheter som är ansvariga för statistik och uppföljning av utsläpp och måluppfyllnad; Naturvårdsverket (ansvariga för uppföljning av utsläpp och sammanställning), Energimyndigheten (ansvarig för energistatistik och uppföljning), Trafikanalys (ansvarig för statistik inom flera transportområden, gör också analyser inom många relaterade områden så som styrmedelsanalyser, trender avseende teknikintroduktion etc.), Trafikverket (som är stor infrastrukturägare och arbetar för att minska utsläpp från infrastrukturen), SCB (stort statistikansvar), samt aktörer som är involverade i arbetet med att ta fram utsläppsdata så som aktörer inom SMED (Svenska Miljöemissions Data): IVL, SLU och SMHI samt NTM (Network for Transport Measures). Kontakt med dessa aktörer¹³ har tagits och information om det arbete som sker eller är på gång hos dessa aktörer som är relevant för detta projekt har inhämtats. Många av aktörerna deltog vid projektets workshop i augusti (se även Bilaga 1 för dokumentationen från den workshopen). Utöver dessa aktörer har vi också haft kontakt med fordonsproducenter (som också deltog vid workshopen) samt 2030 sekretariatet (som har som mål att säkerställa att klimatmålet verkligen uppnås).

Intressenter och problemägare utöver de ovan nämnda som också skulle vara viktiga att inkludera i ett uppföljningsprojekt (se nästföljande stycke) inkluderar både myndigheter och aktörer inom flyg, sjöfart och järnväg.

5.4 Förslag på upplägg för uppföljande forskning och projekt

Den nuvarande rapporteringen och metoderna för att kategorisera utsläpp i sektorer som används vid rapporteringen av de territoriella utsläppen fyller sitt syfte om att sammanställa nationella utsläpp på ett sätt som inte leder till dubbelräkning. Det är dock svårt att använda dessa för att följa upp hur olika val av nya tekniker inom transportsektorn i sin helhet påverkar de totala utsläppen, då de nya teknikerna kan betyda att utsläppen från andra delar av transportens livscykel ökar (t.ex. batteriproduktion). Utsläpp från "vägtransporter" (och andra trafikslag) i CRF inkluderar endast direkta (avgasrör) utsläpp från fossila bränslen. I nuläget och särskilt efter 2030 när/om vi har nått en reduktion i transportsektorn om 70%, innebär detta en utmaning för beslutsfattare eftersom den verkliga utsläppseffekten från transportsektorn blir svår att uppfatta. Utsläppen klumpas antingen ihop under generiska kategorier som "offentlig el- och värmeproduktion" eller flyttas till ett diffust antal underkategorier under "industriella processer och produktanvändning".

Omställningen av transportsektorn innebär att det krävs nya sammanställningar och uppföljningar av de utsläpp som transporterna orsakar (från produktionen av fordonen, produktionen av den energi fordonen använder, produktion av infrastruktur etc.) för att bäst kunna styra mot tekniker och användningssätt som totalt sett – i ett livscykelperspektiv – ger låga utsläpp av växthusgaser. Detta delvis eftersom utsläppen från andra delar av kedjan än direkt från bränsleanvändningen i fordonen i många fall kommer att utgöra en större del av de totala transportrelaterade utsläppen i framtiden.

¹³ Med undantag för SMHI.

För beslutsfattare finns ett behov av en separat sammanställning av utsläpp som kan användas i syfte att utforma styrmedel och som ger en god överblick över hur olika transportteknologier bidrar till både utsläppsminskningar och utsläpp om samtliga transportrelaterade utsläpp beaktas.

En sådan sammanställning kan också underlätta i kommunikation mellan beslutsfattare och industrin, då åtminstone delar av industrin använder sig av rapportering av sina utsläpp enligt GHG-protocol där alla tre scope inkluderas.

Med bakgrunden i Sveriges klimatmål; både det för inrikes transporter till 2030 och det långsiktiga sektorsövergripande till 2045, ser vi ett behov av en sammanställning som följer upp utvecklingen av transportrelaterade utsläpp och som kan användas för t.ex. vägval i omställningen och jämförelse mellan olika alternativ. Sammanställningen behöver visa transportrelaterade utsläpp, totalt och för de olika trafikslagen, samt hur de fördelas i olika sektorer enligt den nationella rapporteringen och hur detta kan utvecklas över tid. Den behöver inkludera både hur det ser ut idag och hur det kan komma att se ut år 2030 respektive 2045 utifrån olika scenarier för utvecklingen av de olika trafikslagen. I det längre perspektivet behöver följande frågor studeras vidare:

- Hur och i vilken utsträckning (kvantifierat) kommer transportrelaterade utsläpp kopplat till omställningen av den svenska transportsektorn att påverka utsläpp av växthusgaser i andra sektorer?
- I vilken utsträckning kan växthusgasutsläppen i andra länder påverkas av omställningen i Sverige - det vill säga i vilken utsträckning exporterar vi transportrelaterade utsläpp?
- Hur regleras utsläppen av växthusgaser i de sektorer som har eller får ökande andel av transportrelaterade utsläpp när transportsektorn ställer om? Hur ser det ut för sektorer i Sverige respektive utanför Sverige? Är det ett problem eller en fördel att utsläpp förflyttas till andra sektorer?

Ett projekt som studerar ovanstående frågor skulle kunna organiseras genom följande arbetspaket:

- AP1. Transportrelaterade utsläpp – nuläge och framtid
- AP2. Scenarier för transportsektorns omställning
- AP3. Fördelning av transportrelaterade utsläpp på sektorer och länder.
- AP4. Kartläggning och analys av relevanta styrmedel
- AP5. Projektledning, kommunikation och resultatspridning

Beroende på detaljeringsgrad kan ett sådant projekt göras med olika omfattning. De delar av transportsektorn som idag står för en liten andel av växthusgasutsläppen, t.ex. järnvägen skulle kunna uteslutas i ett inledande eller mindre projekt. Eftersom järnvägen i Sverige till så stor del är elektrifierad kommer omställningen av nuvarande järnvägstrafik sannolikt inte att förändra utsläppen i andra sektorer avsevärt. Om de scenarier man vill utvärdera däremot inkluderar en kraftig utbyggnad av och överflyttning till järnväg kan det dock vara intressanta att inkludera, då utsläppen från infrastrukturen är av större betydelse för järnvägen.

Flyget är inte inkluderat i det kortsiktiga målet, men utsläppen från svenskars flygresor är betydande och bör inkluderas i en studie som kartlägger de transportrelaterade utsläppen. Godstransporter med flyg utgör en liten andel av utsläppen och har inte så stor betydelse för de totala utsläppen, så här kan finnas viss flexibilitet att inkludera beroende på en studies omfattning.

Projektet skulle kunna genomföras av forskningsinstitut eller högskolor/universitet i samarbete med industri samt övriga berörda intressenter (se avsnitt 5.2). Projektet kan leverera en rapport med detaljerad information men bör också nå ut med resultaten genom presentationer och t.ex. policy brief.

Projektet skulle ge myndigheter och beslutsfattare ökad förståelse kring vilken effekt som omställningen av transportsektorn, för olika scenarier och deras relaterade växthusgasutsläpp, får ur ett systemperspektiv. Påverkan av styrmedel och måluppfyllnad kan också analyseras. Denna kunskap är viktig också för trovärdigheten för beslutsfattare kopplat till målet för transportsektorn. Industrin (exv. fordonstillverkare, drivmedelstillverkare och aktörer inom byggande och underhåll av infrastruktur), kan också vara behjälpta av ökad kunskap på området för att kunna bygga produktkedjor med så låg miljöpåverkan som möjligt.

Referenser

- Agostini, A., Belmonte, N., Masala, A., Hu, J., Rizzi, P., Fichtner, M., Moretto, P., Luetto, C., Sgroi, M., Baricco, M., 2018. Role of hydrogen tanks in the life cycle assessment of fuel cell-based auxiliary power units. *Appl. Energy* 215, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.01.095>
- Balieu, R., Chen, F., Kringos, N., 2019. Life Cycle sustainability assessment of electrified road systems. *Road Material. Pavement Des.* 20, 19–33. <https://doi.org/10.1080/14680629.2019.1588771>
- Barke, A., Thies, C., Popien, J.-L., Melo, S.P., Cerdas, F., Herrmann, C., Spengler, T.S., 2021. Life cycle sustainability assessment of potential battery systems for electric aircraft. 28th CIRP Conf. Life Cycle Eng. March 10 – 12 2021 Jaipur India 98, 660–665. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.171>
- Bekel, K., Pauliuk, S., 2019. Prospective Cost and Environmental Impact Assessment of Battery and Fuel Cell Electric Vehicles in Germany. *International Journal of Life Cycle Assessment* 2019, 2220–37. <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01640-8>
- Benitez, A., Wulf, C., de Palmenaer, A., Lengersdorf, M., Röding, T., Grube, T., Robinius, M., Stolten, D., Kuckshinrichs, W., 2021. Ecological assessment of fuel cell electric vehicles with special focus on type IV carbon fiber hydrogen tank. *Journal of Cleaner. Production* 278, 123277. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123277>
- Bicer, Y., Dincer, I., 2017. Life cycle evaluation of hydrogen and other potential fuels for aircrafts. *Int. J. Hydrog. Energy* 42, 10722–10738. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.12.119>
- Brynof, S., Hansson, J., Kanchiralla, F.M., Malmgren, E., Fridell, E., 2022. Life Cycle Assessment of Marine Fuels in the Nordic Region – Task 1C Roadmap for the introduction of sustainable zero-carbon fuels in the Nordic region (No. Report No.1-C/1/2022). Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Sverige.
- ClimaSouth, 2014. An introduction to national GHG Inventories Measurements, Reporting & Verification (MRV) - Handbook No 3 (Seminar held in Genoa, Italy). Euro South Mediterranean initiative. <https://www.climamed.eu/wp-content/uploads/files/An-Introduction-to-National-GHG-Inventories.pdf> (hämtad 22-11-24)
- EASA, 2022. European Aviation Environmental Report 2022. EASA. <https://doi.org/10.2822/04357>
- EEA, 2022. Greenhouse gas emission intensity of electricity generation in Europe. European Environment Agency.
- Emilsson, E., Dahllöf, L., 2019. Lithium-Ion Vehicle Battery Production - Status 2019 on Energy Use, CO2 emissions, use of metals, products environmental footprint, and recycling (No. C444). IVL Swedish Environmental Research Institute. Göteborg, Sverige.
- Energimyndigheten, 2022a. Energianvändning i transportsektorn (inrikes och utrikes) uppdelad på transportslag samt bränsleslag (Statistikdatabasen).
- Energimyndigheten, 2022b. Modellerad elanvändning inom vägtransporter, GWh, 2016 (Sveriges Officiella statistik), Statistikdatabasen. Energimyndigheten.
- Energimyndigheten, 2022c. Drivmedel 2021 (No. ER 2022:08). Energimyndigheten, Eskilstuna, Sverige.
- Energimyndigheten, 2021a. Energy in Sweden 2021 - An overview. Swedish Energy Agency, Eskilstuna, Sweden. <https://www.energimyndigheten.se/en/news/2021/an-overview-of-energy-in-sweden-2021-now-available/> (hämtad 22-05-23)
- Energimyndigheten, 2021b. Scenarier över Sveriges energisystem 2020 (No. ER 2021:6). Energimyndigheten, Eskilstuna, Sverige.
- Energimyndigheten, 2021c. Energianvändning i transportsektorn (inrikes och utrikes) uppdelad på transportslag samt bränsleslag (Statistikdatabasen). Energimyndigheten.
- Energimyndigheten, 2021d. Drivmedel 2020 (ER No. 2021:29). Energimyndigheten, Eskilstuna, Sverige.
- Energimyndigheten, 2021e. Växthusgasberäkning [websida]. Hållbara Bränslen - Hållbarhetslagen. URL <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/hallbarhetslagen/fragor-och-svar/vaxthusgasberakning/> (hämtad 12.7.22).
- EU COM, 2019. KOMMISSIONENS DELEGERADE FÖRORDNING (EU) 2019/807 av den 13 mars 2019 om komplettering av Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2018/2001 vad gäller fastställande av bränsleråvaror med hög risk för indirekt ändring av markanvändning för vilka

- en betydande utvidgning av produktionsområdet till mark med stora kollager kan observeras och certifiering av biodrivmedel, flytande biobränslen och biomassabränslen med låg risk för indirekt ändrad markanvändning. EU Kommissionen.
- EU_Regulation, 2015. Regulation (EU) 2015/757 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2015 on the monitoring, reporting and verification of carbon dioxide emissions from maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC.
- European Commission, 2022. European Alternative Fuels Observatory [webbsida]. Eur. Altern. Fuels Obs. URL <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/> (hämtad 22-05-05).
- European Commission, 2021. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the use of renewable and low carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC, European Commission, COM (2021) 562 final, July 14, 2021.
- Fossilfritt Sverige, 2020. Färdplan för fossilfri konkurrenskraft Fordonsindustrin tunga fordon. Fossilfritt Sverige, Stockholm, Sverige.
- Fossilfritt Sverige, 2019. Färdplan för fossilfri konkurrenskraft: fordonsindustrin lätta fordon. Mobility Sweden, Stockholm, Sverige.
- Fossilfritt Sverige, 2018. Färdplan för fossilfri konkurrenskraft: Flygbranschen. Stockholm, Sweden.
- Fridell, E., Bäckström, S., Stripple, H., 2019. Considering infrastructure when calculating emissions for freight transportation. *Transp. Res. Part Transp. Environ.* 69, 346–363. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.02.013>
- Fridell, E., Hansson, J., Jivén, K., Styhre, L., Romson, Å., Parsmo, R., 2022. Studie på sjöfartsområdet - Styrmedel och scenarier för sjöfartens omställning. (IVL C-rapport No. C665). IVL Svenska Miljöinstitutet, Göteborg, Sverige.
- Fröidh, O., Jansson, E., 2021. Energieffektiv järnväg: Styrmedel mot klimatmålen - Slutrapport version 1.0. Avdelning för transportplanering, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm, Sverige.
- Grahn, M., Malmgren, E., Korberg, A.D., Taljegård, M., Anderson, E., Brynolf, S., Hansson, J., Skov, I.R., Wallington, T.J., 2022. Review of electrofuel feasibility - cost and environmental impact. *Prog. Energy* 4, 032010. <https://doi.org/10.1088/2516-1083/ac7937>
- Hagos, D.A., Ahlgren, E.O., 2018. Well-to-wheel assessment of natural gas vehicles and their fuel supply infrastructures – Perspectives on gas in transport in Denmark. *Transp. Res. Part Transp. Environ.* 65, 14–35. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.07.018>
- Hoelzen, J., Liu, Y., Bensmann, B., Winnefeld, C., Elham, A., Friedrichs, J., Hanke-Rauschenbach, R., 2018. Conceptual Design of Operation Strategies for Hybrid Electric Aircraft. *Energies* 11. <https://doi.org/10.3390/en11010217>
- Holmgren, K.M., Johansson, M., Polukarova, M., 2021. Sjöfartens användning av alternativa bränslen - Trender och förutsättningar (VTI-rapport No. 1093). VTI Statens väg och transportforskningsinstitut, Göteborg, Sweden. <http://vti.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1575743&dswid=-6343> (hämtad 21-09-30)
- Ingrao, C., Scrucca, F., Matarazzo, A., Arcidiacono, C., Zabaniotou, A., 2021. Freight transport in the context of industrial ecology and sustainability: evaluation of uni- and multi-modality scenarios via life cycle assessment. *International Journal of. Life Cycle Assessment* 2021, 127–142. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01831-8>
- IVA, 2022. Vätgasens roll för tunga vägtransporter - en delrapport från IVAs projekt Vätgasens roll i ett fossilfritt samhälle (No. Tema Klimat-Resurser-Energi). Kungliga Ingenjörsvetenskaps akademien, Stockholm, Sverige.
- Jeong, B., Wang, H., Oguz, E., Zhou, P., 2018. An effective framework for life cycle and cost assessment for marine vessels aiming to select optimal propulsion systems. *J. Clean. Prod.* 187, 111–130. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.184>
- Kamb, A., Larsson, J., 2018. Klimatpåverkan från svenska befolkningens flygresor 1990–2017 (No. rev. 2019). Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Sweden.
- Kanchiralla, M.F., Brynolf, S., Malmgren, E., Hansson, J., Grahn, M., 2022. Life-Cycle Assessment and Costing of Fuels and Propulsion Systems in Future Fossil-Free Shipping. *Environ. Sci. Technol.* 56, 12517–12531. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.2c03016>
- Karlsson, I., Rootzén, J., Johnsson, F., 2019. Reaching net-zero carbon emissions in construction supply chains - Analysis of a Swedish road construction project. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 120, 109651. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109651>

- Lag (2017:1201), 2018. Lag (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp från vissa fossila drivmedel - tom SFS 2022:1217.
- Liljenström, C., 2021. Lifecycle assessment of transport systems and transport infrastructure - Investigating methodological approaches and quantifying impacts at project and network levels (Doktorsavhandling No. ISBN 978-91-7873-810-6). KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sverige.
- Liljenström, C., Toller, S., Åkerman, J., Björklund, A., 2019. Annual climate impact and primary energy use of Swedish transport infrastructure. *Eur. J. Transp. Infrastruct. Res.* 19, 36–40. <https://doi.org/10.18757/ejtir.2019.19.2.4378>
- Lindgren, M., Asp, T., Grudemo, S., Hasselgren, B., Mörtzell, H., Natanaelsson, K., Näsström, E., Palo, K., 2021. Behov av laddinfrastruktur för snabbbladdning av tunga fordon längs större vägar (Trafikverket rapport No. 2021:012). Trafikverket.
- Logan, K., Nelson, J., D., McLellan, B., Hastings, A., 2020. Electric and hydrogen rail: Potential contribution to net zero in the UK. *Transp. Res. Part D* 2020, 102523. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102523>
- Lönnqvist, T., Hansson, J., Klintbom, P., Furusjö, E., Holmgren, K.M., 2021. Drop in the tank or a new tank? Comparison of costs and carbon footprint (No. FDOS 17:2021). f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Gothenburg, Sweden.
- Mårtensson, T., Hasselrot, A., 2013. Beräkning av avgasemissioner från flygtrafik - Beskrivning av FOI3-metoden (No. FOI R3677-SE). FOI, Stockholm, Sweden.
- Merchan, A., L., Belboom, S., Léonard, A., 2020. Life cycle assessment of rail freight transport in Belgium. *Clean Technol. Environ. Policy* 2020, 1109–1131. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01853-8>
- Miotti, M., Hofer, J., Bauer, C., 2017. Integrated environmental and economic assessment of current and future fuel cell vehicles. *International Journal of Life Cycle Assessment* 22, 94–110. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0986-4>
- Mobility Sweden, 2022. Statistik från Mobility Sweden. [webbsida] <https://mobilitysweden.se/statistik> (hämtad 22-12-02)
- Morfeltdt, J., Kurland Davidsson, S., Johansson, D., J.A., 2021. Carbon footprint impacts of banning cars with internal combustion engines. *Transport Research. Part D.* <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102807>
- Naturvårdsverket, 2022a. Sveriges rapportering till FN:s klimatkonvention [webbsida]. URL <https://www.naturvardsverket.se/arnesomraden/klimatomstallningen/det-globala-klimatarbetet/sveriges-rapportering-till-fns-klimatkonvention/>
- Naturvårdsverket, 2022b. Sweden 2022 Common Reporting Format (CRF) Table.
- Naturvårdsverket, 2022c. Tre sätt att beräkna klimatpåverkande utsläpp [webbsida]. Tre Sätt Att Beräkna Klimatpåverkande Utsläpp. <https://www.naturvardsverket.se/arnesomraden/klimatomstallningen/sveriges-klimatarbete/tre-satt-att-berakna-klimatpaverkande-utslapp/> (hämtad 22-12-07).
- Naturvårdsverket, 2022d. Konsumtionsbaserade utsläpp av växthusgaser i Sverige och andra länder [webbsida] <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/konsumtion/vaxthusgaser-konsumtionsbaserade-utslapp-i-sverige-och-andra-lander/> (hämtad 22-10-12).
- Naturvårdsverket, 2021. National Inventory Report Sweden 2021. Greenhouse Gas Emission Inventories 1990–2019. Naturvårdsverket, Stockholm, Sverige.
- Negri, M., Rigamonti, L., Neri, A., 2021. Towards sustainable freight transportation: an LCA review. Presented at the X Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA INNOVAZIONE E CIRCOLARITÀ XV Convegno della Rete Italiana LCA, Reggio Calabria.
- Nordelöf, A., Grunditz, E., Tillman, A.-M., Thiringer, T., Alatalo, M., 2018. A scalable life cycle inventory of an electrical automotive traction machine—Part I: design and composition. *Int. J. Life Cycle Assess.* 23, 55–69. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1308-9>
- Nyström, U., 2020a. Inlandsbanan tror på vätgas [webbsida] Järnvägar. <https://jarnvagar.nu/inlandsbanan-tror-pa-vatgas/> (hämtad 22-11-29).
- Nyström, U., 2020b. Batteritåg på Kinnekulle [webbsida] Jarnvagar.nu. <https://jarnvagar.nu/batteritag-pa-kinnekulle/> (hämta 2022-11-29).

- Pinheiro Melo, S., Barke, A., Cerdas, F., Thies, C., Mennenga, M., Spengler, T.S., Herrmann, C., 2020. Sustainability Assessment and Engineering of Emerging Aircraft Technologies—Challenges, Methods and Tools. *Sustainability* 12. <https://doi.org/10.3390/su12145663>
- Prussi, M., Yugo, M., De Prada, L., Padella, M., Edwards, R., 2020. JEC Well-To-Wheels report v5. (No. EUR 30284), <https://doi.org/10.2760/100379>
- Quang, P.K., Dong, D.T., Hai, P.T.T., 2021. Evaluating environmental impacts of an oil tanker using life cycle assessment method. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part M J. Eng. Marit. Environ.* 235, 705–717. <https://doi.org/10.1177/1475090221989195>
- Romare, M., Hanarp, P., 2017. Comparison of diesel and gas distribution trucks - a life cycle assessment case study (f3-report No. f3 2017:20). f3 Swedish Knowledge centre for renewable fuels, Göteborg, Sverige.
- Saxe, S., Kasraian, D., 2020. Rethinking environmental LCA life stages for transport infrastructure to facilitate holistic assessment. *J. Ind. Ecol.* 24, 1031–1046. <https://doi.org/10.1111/jiec.13010>
- Scania, 2021. Life cycle assessment of distribution vehicles - Battery electric vs diesel driven. Scania, Sweden.
- Scarlat, N., Prussi, M., Padella, M., 2022. Quantification of the carbon intensity of electricity produced and used in Europe. *Applied Energy* 2022, 117901. doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117901
- Sotos, M., 2015. GHG Protocol Scope 2 Guidance - An amendment to the GHG protocol Corporate Standard. WRI.
- SOU 2022:15, 2022. Sveriges globala klimatavtryck - delbetänkande av Miljömålsberedningen (SOU No. 2022:15). Statens offentliga utredningar, Stockholm, Sverige.
- Stripple, H., Uppenberg, S., 2010. Life cycle assessment of railways and rail transports (IVL B-rapport No. IVL B1943). IVL Svenska Miljöinstitutet, Göteborg, Sverige.
- Takman, J., Trosvik, L., Sedehi Zadeh, N., Vierth, I., 2020. Systemövergripande uppföljning 2020 - Uppföljning av hur godstransporter närmar sig det svenska klimatmålet 2030 (Triple F - Rapport No. Leverans nr 2020.2.11). Triple F.
- Toller, S., 2022. Personlig kommunikation.2022-09-20.
- Toyota, 2015. The MIRAI Life Cycle Assessment Report for communication. Toyota Motor Corporation. https://global.toyota/pages/global_toyota/sustainability/esg/challenge2050/challenge2/life_cycle_assessment_report_en.pdf (hämtad 2022-11-29)
- Trafikanalys, 2022. Lastbilstrafik 2021. Trafikanalys, Stockholm, Sverige.
- Trafikanalys, 2021. Transportarbete i Sverige 2000–2020 (No. 2021:27). Trafikanalys.
- Trafikanalys, 2020. Elflyg - början på en spännande resa - redovisning av ett regeringsuppdrag (No. 2020:12). Trafikanalys, Stockholm, Sverige.
- Trafikverket, 2016. Åtgärder för att minska transportsektorns utsläpp av växthusgaser - ett regeringsuppdrag. (No. 2016:111). Borlänge, Sverige.
- Trafikverket, 2014. Environmental Product Declaration for the railway infrastructure on the Bothnia Line (EPD reg no S-P-00196, UN CPC 53212 No. 2016:048). Trafikverket, Borlänge, Sverige.
- UNEP, 2020. Challenges for the Growth of the Electric Vehicle Market. UNEP, United Nations Environment Programme.
- Uppenberg, S., Eriksson, M., Jung, S., Blomqvist, C., 2021. Vägen mot klimatneutralitet - kunskapsöversikt och förslag till nya reduktionsmål för Trafikverket. WSP, Stockholm, Sverige.
- Vallera, A.M., Nunes, P.M., Brito, M.C., 2021. Why we need battery swapping technology. *Energy Policy* 112481. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112481>
- WBCSD, WRI, 2004. The Greenhouse gas protocol - A corporate accounting and reporting standard - revised edition. WRI, USA.
- Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., Weidema, B., 2016. The Ecoinvent Database Version 3 (Part I): Overview and Methodology. *Int. J. Life Cycle Assess.* 21, 1218–1230. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>
- Windmark, F., Jakobsson, M., Segersson, D., 2017. Modellering av sjöfartens bränslestatistik med Shipair (SMHI No. 2017–10). SMHI, Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Norrköping, Sweden.

Bilaga 1 Dokumentation av workshop

Dokumentation av workshop 31 augusti, Stockholm:

“Transportsektorns omställning – och dess påverkan på utsläpp i andra sektorer och länder”

Närvarande¹⁴:

Kristina Holmgren, RISE

Bobby Hao Chen, RISE

Mats Zackrisson, RISE

Julia Hansson, IVL

Magnus Fröberg, Scania

Monica Johansson, Volvo

Maria Stenström 2030 sekretariatet

Per Andersson, Naturvårdsverket

Helen Lindblom, Trafikverket

Veronica Eklund, SCB

Henrik Pettersson, Trafikanalys

Andreas Holmström, Trafikanalys

Yingying Cha, IVL

Agenda:

12.45-13.00 Kaffe och registrering

13.00-13.30 Presentation av pågående förstudie med problemställning och forskningsfrågor preliminära resultat (RISE, IVL) (inkl. frågor)

13.30-14.15 Statistik, policy utsläppsrapportering – på gång hos myndigheter

14.15-14.30 Introduktion till workshop-frågor och gruppindelning

14.30-14.45 Kaffepaus

14.45-15.15 Workshop i grupper

15.15-15.20 Återsamling

15.20-15.50 Åttersamling från grupper samt diskussion

15.50-16.00 Nästa steg – info från projektet.

I dokumentet finns några kommentarer markerade med understruken text som tillkommit efter workshopen.

Inledningsvis presenterade projektgruppen bakgrunden till projektet och de frågeställningar som projektet vill besvara. Exempel på skillnader mellan hur utsläpp rapporteras i de nationella räkenskaperna och hur de ser ut i ett livscykelperspektiv visades. De inbjudna gästerna fick också berätta om sina ansvarsområden och specifikt om vad som var på gång inom dessa områden.

Naturvårdsverket är ansvariga för att publicera Sveriges årliga officiell utsläppsstatistik som används för att följa upp klimatmålen som fastställts internationellt, inom EU och nationellt för Sverige.

SCB ansvarar för officiell statistik och annan statlig statistik. När det gäller utsläpp av växthusgaser arbetar de nära Naturvårdsverket och ingår också i konsortiet *SMED* (Svensk miljöemissions data) som på uppdrag av Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten sammanställer emissionsdata till luft, vatten, avfall och farliga ämnen. SCB har till exempel ansvar för att beräkna, sammanställa och analysera Sveriges utsläpp av växthusgaser och luftföroreningar från mobila sektorn. Dock är det Naturvårdsverket som är ansvarig för den officiella statistiken.

¹⁴ Sent förhinder: Mårten Berglund SCB, Fredrik Larsson Sweship, Magnus Swahn, NTM.

Energimyndigheten ansvarar för den officiella energistatistiken och därigenom även statistiken som finns för transportsektorn och dess energianvändning. Statistiken finns för de fyra olika trafikslagen (väg, bantrafik, flyg och sjöfart) men i dagsläget är den inte fördelad på fordonsslag. Energimyndigheten är även tillsynsansvarig för hållbarhetslagen, drivmedelslagen och reduktionspliktslagen och levererar även underlag till naturvårdsverket till de scenarier över klimatutsläpp som rapporteras till EU-kommissionen vartannat år.

Trafikanalys – är ansvariga för Sveriges officiella statistik inom området Transporter och kommunikationer. Inom området som vi diskuterar här – utsläpp av växthusgaser så är Trafikanalys huvudsakliga roll att de levererar data och statistik som används för sammanställning av utsläppen till I Naturvårdsverket och SMED.

På gång hos myndigheterna:

Energimyndigheten: Kristina Holmgren (RISE) återgav det som Energimyndigheten (via Markus Selin) hade meddelat är på gång inom området energianvändning för transporter där Energimyndigheten är ansvarig för den officiella statistiken¹⁵. De punkter som togs upp inkluderar:

- Till följd av ökande internationella krav på statistiken, enligt ESR – Energistatistikregleringen, kommer Sverige från och med 2023 att ta fram mer detaljerad statistik avseende energianvändningen i transportsektorn. Detta innebär att Energimyndigheten kommer att ta fram statistik för vägtransportsektorn uppdelat per fordonsslag (tung och lätt lastbil, buss och personbil). För detta vill Energimyndigheten använda HBEFA-modellen för fler energislag än el. Det betyder också att från och med 2025 kommer Sverige att behöva rapportera statistik över produktion och användning av vätgas.
- Energimyndigheten får troligtvis även utökad uppdrag att ta fram statistik avseende infrastruktur inom energi. Detta innefattar bland annat statistik på laddstationer och tankstationer för olika bränslen.
- Inom sjöfarten så har man tagit fram en ny enkät för att få en bättre fördelning på bränslet för den inrikes sjöfarten. Dessutom utvecklar man tillsammans med SMHI modellen Shipair 2 som skall möjliggöra bättre uppföljning av nya bränslen inom sjöfarten så som t.ex. el och LNG.

Naturvårdsverket: Per Andersson berättade om de scenarier (till 2030 och 2045) för växthusgasutsläpp inom transportsektorn som tas fram och hur man ligger till om man tar hänsyn till de policyförslag som ligger inom EU. Per berättade också om att man hos Naturvårdsverket arbetar med att kunna tidigarelägga den årliga publiceringen av både den preliminära och den slutliga statistiken avseende växthusgasutsläppen.

SCB: Veronica Eklund berättade att mycket av SCB:s utvecklingsarbete inom utsläpp från den mobila sektorn sammanfaller med Energimyndighetens. Ett exempel är utvecklingen av statistiken för sjöfarten - där man arbetat med utvecklingen av den enkät som ligger till grund för bränsleanvändningen för nationell/inrikes sjöfart. Tidigare analyser visade att resultaten baserat på tidigare metodik varit mycket osäker. SCB är också delaktiga i arbetet med att utveckla Shipair 2 som skall klara av att uppskatta utsläpp för LNG samt ytterligare nya bränslen.

SCB arbetar också med att implementera och allokera biobränsle till så många sektorer som möjligt i sina beräkningar. Datainsamling (genom enkäter) på användning av biodrivmedel görs för fler sektorer; sjöfart, flyg (första gången i år) och även för arbetsmaskiner (här återstår dock en hel del osäkerheter).

¹⁵ Energimyndigheten kunde inte närvara vid workshopen men hade skickat information inför mötet.

Dessutom pågår ett arbete med fiskerinäringens energianvändning. Ytterligare områden som kan bli aktuella för SCB är förslag som nämns i Miljömålsberedningens delbetänkande kring utökade uppdrag för miljöräkenskaperna.

Några kommentarer på myndigheternas utvecklingsarbete som kom upp inkluderade:

Magnus Fröberg undrade t.ex. om det går att följa hur mycket utsläpp från jord- och skogsbruk som är kopplat till biodrivmedel (produktion, användning etc.). (**Kommentar i efterhand:** Svaret är nej baserat på information från Mattias Lundblad (SLU)¹⁶ – sådan information skulle man kanske kunna få in genom framtida projekt).

Helen Lindblom (Trafikverket) påpekade angående förbränningsemissioner från biodrivmedel att dessa finns med i HBEFA¹⁷, så där kan man få fram emissionsfaktorer.

Angående utsläpp kopplat till biodrivmedel – så påpekades också att här har vi bra koll på utsläppen kopplat till produktion i och med reduktionsplikten¹⁸.

Kommentar i efterhand (som framkom av underlag från SLU/Mattias Lundblad): Det som rapporteras i memo item i energisektorn inkluderar biomassa av olika slag (både från jord- skogsbruk samt biogen fraktion av sopor etc.) och det inkluderar också både biogent material med svenskt ursprung och sådant som importerats till Sverige.

Workshop-del

Workshopfrågorna introducerades. Följande frågor listades:

- Vilket behov ser ni av att följa upp hur totala utsläppen påverkas av transitionen i transportsektorn. Eller att visa hur utsläppen förflyttas till andra sektorer? Eller att visa de totala utsläppen av växthusgaser för olika tekniker ur ett livscykelperspektiv?
- Vad skulle ni vilja att vi inkluderade i ett större projekt som verkligen tog fram en kartläggning över hur olika utsläpp förflyttas och hur mycket det kan handla om vid olika scenarier?
- Vilka aktörer skulle behöva vara inkluderade/delaktiga i ett sådant projekt
- Vilka avgränsningar är rimliga? Kan man exkludera någon delsektor? (Exv. järnväg (redan elektrifierad i så hög grad)? Eller bör man börja med någon del som ni ser som viktigast?
- Behövs en styrmedelsanalys av hur befintliga styrmedel tar hänsyn till detta samt hur planerade styrmedel tar hänsyn till detta?

Därefter delades deltagarna in i tre grupper och det fanns tid för diskussioner.

¹⁶ Mattias Lundblad (SLU) deltog inte vid workshopen men var inbjuden och skickade också information kring vad SLU gör på området.

¹⁷ HBEFA = Handbook of Emission Factors for Road Transport är en databasapplikation som tillhandahåller emissionsfaktorer för alla nuvarande vägfordonstyper. Samtliga reglerade och många av de viktigaste oreglerade luftföroreningar samt CO₂-utsläpp och drivmedelsförbrukning är inkluderade i databasen. HBEFA används för att uppskatta utsläpp från vägtransporter på olika geografiska skalor från nationell nivå ner till gatunivå.

¹⁸ **Kommentar i efterhand:** hur utsläppen från biodrivmedel skall redovisas i reduktionsplikten beskrivs i Energimyndighetens föreskrifter STEMSFS (2018:2), STEMSFS (2021:8) samt STEMSFS (2021:7)

En kort återsamling efteråt där respektive grupp fick återrapportera de viktigaste diskussionspunkterna från deras gruppdiskussion:

Reflektioner från workshopgrupper :

Nedan sammanställs diskussionerna och de synpunkter och frågeställningar som lyftes. Sist i avsnittet kommer några specifika kommentarer.

Man tyckte att det var viktigt med en sådan studie som vi föreslår, framför allt för trovärdigheten för de mål som satts upp för transportsektorn. Bra att veta vilka effekter det får, särskilt om finns risk att utsläppen flyttas till andra länder. Finns behov av att komplettera de mål vi har idag eller fångas eventuell utsläppsökning i andra sektorer p.g.a. transportsektorns förändring upp av befintliga styrmedel? Visa hur man kan minska utsläppen hållbart så vi inte bara skjuter över utsläppen på andra länder.

Viktigt att bygga vidare på det som redan är gjort. Det har gjorts arbete kring frågor som rör utsläpp i livscykelperspektiv och delvis speglas det i de styrmedel som t.ex. EU har på plats, eller har föreslagit. Den befintliga styrmedelsmixen och utformningen gör också att man inte kan introducera styrmedel på LCA-basis.

Angående styrmedel som finns på plats eller som kommer: det kommer nya styrmedel för tailpipe emissions (utsläpp ur avgasröret) för tunga lastbilar (HDV); dels med krav till 2030, dels med ännu hårdare krav till 2035. Gruppen diskuterade också de justeringar som föreslagits inom EU och som kommer att läggas fast under hösten.

I diskussionen togs också upp att för personbilar vet vi mycket kring förutsättningarna. Men något som saknas är hur stora batterier i bilar egentligen får vara? Detta påverkar ju livscykelutsläppen, men ingår egentligen inte i de regelverk som finns nu.

Elektrifiering och vätgas ansågs vara de mest spännande teknikerna att studera. Elektrifiering eftersom efterfrågan på el kommer att öka i många sektorer och för många olika ändamål och vätgas eftersom det är en teknik som det är stort fokus på nu. Till exempel jämföra effekten av en övergång till el i de sektorer där det är relevant och vilken effekt det får.

Biodrivmedel är också en fortsatt ett intressant område. Det upplevdes som svårt att få reda på vilka biodrivmedel som innehöll fossila komponenter och i vilken utsträckning.

En av grupperna föreslog att vi skulle fokusera på sektorer som har störst utsläpp. Därmed är det rimligt att tex inte inkludera järnvägen som redan är elektrifierad till stor del.

Vikten av att minska av efterfrågan av transporter lyftes också och eventuell effekt av det.

I diskussionen kom också upp att det är viktigt att fundera på vad det långsiktiga målet med projektet är? Är det nya styrmedel? Sverige har svårt att införa nationella styrmedel på området, mycket sätts på EU-nivå och där har man redan tänkt på detta (d.v.s. hur utsläpp i olika sektorer skall tas hänsyn till). I EU ETS inkluderas industrin och energiproducenterna samt inrikes flyg. Regelverket för EU ETS har också skärpts avsevärt – vilket gör att styrmedlet kommer att fungera mer i enlighet med hur det

ursprungligen var tänkt. Genom den föreslagna *Carbon Boarder adjustment*¹⁹ är det tänkt att man skall ta hänsyn till utsläpp från produktion av varor som sker utanför EU.

Ett förslag som lyftes var att ett framtida projekt skulle inkludera scenarionanalys där man har tydliga exempel t.ex. för tunga transporter med en viss andel BEV, en viss andel vätgas med en viss produktionsteknik (grå, grön, blå²⁰) för att få en tydlig bild av hur olika teknikval och vägval skiljer sig åt och vad det innebär för utsläpp inom respektive utanför landets gränser.

Ett annat förslag som kom upp var att man borde göra en konsekvens- LCA som visade vad konsekvensen av ett fordon till blir. Förslagsläggaren menade att om man går över till mer el så kommer det inte att öka utsläppen från elsektorn eftersom där finns strikta tak då de är inkluderade i EUs utsläppshandelssystem (EU ETS).

Notera också att för vissa andra sektorer är inte riktigt lika tydligt reglerat t.ex. inte internationell sjöfart.

Som förslag tyckte man också att det kunde vara bra att inkludera någon med nationalekonomi som ämneskompetens i projektet.

Helen tipsade om ett pågående projekt, som drivs av IVL och CIT, BILLIV²¹, där man försöker svara på frågan om när det är bättre att skrota sin bil och skaffa en ny. Man undersöker optimal livslängd ur resurs och emissionsperspektiv och dessutom påverkan på säkerhetsaspekter. Helen tipsade också att man i utfasningsutredningen skrivit en del om LCA och varför man inte förespråkar styrmedel som riktar in sig på LCA-perspektiv.

Kristina tog också upp frågan om ansvar – vilket ansvar har Sverige för utsläpp som hamnar utanför Sverige (och utanför EU)?

Helen nämnde att ett viktigt styrmedel är upphandling. Inom Trafikverket kan de använda detta för att ställa krav på entreprenörer och andra leverantörer, t.ex. för arbetsmaskiner, men då behöver de ha baselines att utgå ifrån. De behöver ha klimatprestanda för fordonsinfrastruktur.

Bobby föreslog graf för att redovisa hur utsläppen påverkas framöver när de flyttar till annan sektor (i en graf likande den Per Andersson visade), illustrera transportsektorns utsläpp; ”*emissions in other sectors and emissions in other countries*”.

I efterhand tipsade Helen Lindblom om Susanna Toller hos Trafikverket som är deras expert/samordnare kring utsläpp för infrastrukturen samt att Trafikverket precis givit ett uppdrag åt WSP att differentiera Trafikverkets egna utsläpp kopplat till infrastrukturen på utsläpp i segmenten; inom Sverige, inom EU-ETS respektive utanför EU-ETS för att få bättre överblick över de utsläppen som ligger inom Trafikverkets upphandlingsrådighet.

¹⁹ **Kommentar i efterhand:** Till att börja med är produkter från följande utsläppsintensiva sektorer med större risk för koldioxidläckage föreslagna att ingå i CBAM (*Carbon Boarder adjustment*); cement, järn och stål, aluminium, gödningsmedel samt el. Det inkluderar alltså inte t.ex. batteriproduktion eller andra energiintensiva produkter som produceras utanför EU. Om förslaget med CBAM blir verklighet blir det ett sätt att hantera att vi faktiskt importerar varor som orsakar utsläpp i andra länder, men det är långt ifrån alla varor som hanteras.

²⁰ Med grå avses vätgas som producerats genom ångreformerings av naturgas, med blå avses vätgas som producerats genom ångreformerings av naturgas, men där den koldioxid som bildas i processen fångas in och lagras; med grön avses vätgas som producerats genom elektrolys av vatten driven av el från förnybara källor.

²¹ [Personbilars optimala livslängd utifrån perspektiven resursanvändning, emissioner och trafiksäkerhet \(BILLIV\) | Chalmers Industriteknik.](#)