Storskalig elektrifiering av transportsektorn – ett kunskapsunderlag

Rapport: 2024:9
Datum: 2024-11-28

TRAFIK ANALYS

Trafikanalys
Adress: Rosenlundsgatan 54 118 63 Stockholm
Telefon: 010 414 42 00
E-post: trafikanalys@trafa.se
Webbadress: www.trafa.se
Foto: Mostphotos
Ansvarig utgivare: Mattias Viklund
Datum: 2024-11-28

Förord

Trafikanalys fick i regleringsbrevet för 2024 i uppdrag att ta fram ett kunskapsunderlag om en storskalig elektrifiering av transportsektorn, inklusive sjö- och luftfart. Kunskapsunderlaget ska omfatta en kartläggning av konsekvenser på lokal, regional och nationell nivå för exempelvis markanvändning, elnät och beredskap. Vidare ska kunskapsunderlaget innehålla en uppdatering av den regionala fördelningen av elfordon och en analys av marknads-utvecklingen efter 2030. Uppdraget ska genomföras i dialog med Statens energimyndighet. Den här rapporten är tillsammans med rapporten *Elektrifierade fordon i Sverige – en analys av laddbara fordon över tid och geografi* (Trafikanalys rapport 2024:10) Trafikanalys redovisning av uppdraget.

Uppdraget har genomförts i dialog med Statens energimyndighet och vi vill tacka Kristina Holmgren för ett värdefullt samarbete. Vi vill också tacka andra myndigheter och aktörer som bidragit med kunskap till uppdraget.

Rapporten är framtagen av Lisa Eriksson (projektledare), Lennart Thörn (biträdande projektledare), Anette Myhr, Backa Fredrik Brandt, Björn Olsson, Florian Stamm, Henrik Petterson, Johan Landin, Krister Sandberg och Mikael Levin. Ansvarig avdelningschef var inledningsvis Gunnar Eriksson och från och med 6 maj Anna Ullström.

Stockholm i november 2024

Mattias Viklund

Generaldirektör

Innehåll

Sammanfattning **9**

Summary **15**

1 Inledning **21**

1.1 Uppdraget 21

1.2 Utgångspunkter för genomförandet 21

2 På väg mot storskalig elektrifiering **25**

2.1 Hur sker omställning i samhället 25

2.2 Trender av betydelse för transportsystemet 27

2.3 Om den framtida utvecklingen 28

2.4 EU:s 55 %-paket får stor påverkan 29

2.5 På väg mot elektrifiering – summering 30

3 Aktörer och system i nuläget jämfört med 2045 ..... **33**

3.1 Vägtrafiken ställer om 33

3.2 Hur har vi gjort kartläggningen? 36

3.3 Vägtrafikens aktörer och system 37

3.4 Sjöfartens aktörer och system 44

3.5 Luftfartens aktörer och system 49

3.6 Elektrifiering av det oelektrifierade järnvägsnätet 58

3.7 Aktörer och system – summering 58

4 Drivmedel idag och i framtiden **61**

4.1 Beroendet av olja och fossila energikällor 61

4.2 Råolja och oljeprodukter skapar idag stora transportbehov 62

4.3 Drivmedelsbehov i framtiden 67

4.4 Infrastruktur för tankning och laddning 70

4.5 Drivmedel idag och i framtiden – summering 74

5 Framtida kostnader för transportsystemets användare **77**

5.1 Dagens fossila drivmedel genererar betydande skatteintäkter 77

5.2 Ekonomin för användare påverkas 78

5.3 Marknadsutveckling efter 2030 87

5.4 Framtida kostnader för användare – summering 92

6 Markanvändning, elnät och beredskap **93**

6.1 Förändrade behov som rör markanvändning 93

6.2 Elnätet – dess roll och konsekvenser ... 97
6.3 Beredskapsfrågor för transportsektorn ... 100
6.4 Ökad samverkan mellan flera aktörer ... 103
6.5 Markanvändning, elnät och beredskap – summering ... 105
7 Avslutande diskussion med viktiga områden att beakta ... 107
7.1 Konsekvenser uppstår i många delar av samhället ... 107
7.2 Konsekvenserna skiftar vid snabb eller långsam omställning ... 109
7.3 Konsekvenser ur ett regionalt och lokalt perspektiv ... 111
7.4 Resiliens i det storskaligt elektrifierade transportsystemet ... 112
7.5 Betydelse för de transportpolitiska målen ... 113
7.6 Viktiga områden ur ett policyperspektiv ... 114
Källförteckning ... 117
Bilagor ... 128

Sammanfattning

Uppdraget

Regeringen har givit Trafikanalys i uppdrag[1] att ta fram ett kunskapsunderlag om en storskalig elektrifiering av transportsektorn. Kunskapsunderlaget ska omfatta en kartläggning av konsekvenser för exempelvis markanvändning, elnät och beredskap, såväl lokalt och regionalt som nationellt. Analysen ska även omfatta elektrifiering av flyg och sjöfart. I underlaget ska det även ingå en uppdaterad analys av hur ägandet och den regionala fördelningen av elfordon ser ut samt en analys av marknadsutvecklingen även efter 2030. Uppdraget ska genomföras i dialog med Statens energimyndighet. Uppdraget ska senast den 30 november 2024 redovisas till Regeringskansliet (Landsbygds- och infrastrukturdepartementet).

Syftet med uppdraget är att ge regeringen ett kunskapsunderlag som visar hur en storskalig elektrifiering av transportsektorn kan påverka olika delar av samhället. Målet är att belysa viktiga frågor att beakta för omställningen till ett elektrifierat transportsystem som kompletterar det befintliga kunskapsläget.

Utgångspunkter för genomförandet

Ansatsen för genomförandet är att utgå från dagens fossilbaserade transportsystem och analysera vilka förändringar som uppstår när transportsystemet i huvudsak är elektrifierat. Vi identifierar verksamheter som har upphört och har tillkommit när transportsystemet i huvudsak är elektrifierat.

I våra analyser har vi utgått från de klimatpolitiska målen där vi år 2045 har uppnått det svenska målet om nettonollutsläpp.

Systemgränserna är satta utifrån transportsystemets centrala delar infrastruktur, fordon/fartyg och drivmedel, samt de stödtjänster i form av tillverkning, distribution, service, utbildning eller annat som krävs för att upprätthålla dessa. Antagandet är att genom att utgå från dessa centrala delar med tillhörande stödtjänster kommer områden för konsekvenser vid transport-sektorns elektrifiering att kunna ringas in.

För de olika områden som ingår i analyserna sammanfattas nedan våra viktigaste slutsatser.

På väg mot storskalig elektrifiering

Samspelet mellan megatrender, styrmedel och tekniker i existerande system, samt mognadsgraden för ny teknik, påverkar hur omställningen sker.

Tydliga mål och långsiktiga styrmedel som leder till en storskalig elektrifiering finns redan idag på plats, framför allt genom EU:s 55 %-paket, men också teknik för att elektrifiera vägtransporterna i stor skala. Plötsliga störningar och nya trender kan dock göra att teknikvalen skiljer sig ifrån det som samhället inledningsvis planerade för.

Det är angeläget att ta tillvara lärdomar från tidigare omställningar och erfarenheter som uppstår allteftersom elektrifieringen fortskrider. Erfarenheten lär oss att genomförandet inte

[1] Regeringen (2023). Regleringsbrev för budgetåret 2024 avseende Trafikanalys, www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?RBID=23954

kommer att ske samtidigt överallt, utan konsekvenser kommer att uppstå i olika takt sett ur ett nationellt, regionalt respektive lokalt perspektiv, men även för olika delar av befolkningen.

Aktörer och system i nuläget jämfört med 2045

Elektrifieringen av transportsystemet kommer att innebära ett större behov av samverkan mellan energi- och transportsystem. Traditionellt har dessa system varit separerade både i termer av aktörer och affärsmodeller, något som nu kommer att förändras. I samband med att nya marknader utvecklas kommer nya frågor att uppstå.

En konsekvens av utvecklingen kan vara nya ansvarsområden för myndigheterna när det gäller tillstånd och tillsyn. Även beredskapshänsynen behöver anpassas till nya förutsättningar. Det behövs bra förutsättningar för myndigheterna att kunna planera flexibelt och att uppdatera planeringen i takt med att nya behov uppstår.

En storskalig elektrifiering innebär att kompetens om hantering av elfordon, fartygs- och farkostdrift liksom kompletterande drivmedelstyper blir alltmer central. Att tidigt anpassa utbildningar och satsa på kompetensutveckling för att planera för tillräckligt med ”elkompetens” i alla led blir angeläget.

Publik laddinfrastruktur för personbilar har byggts ut allt eftersom och de så kallade vita fläckarna är snart borta. I fortsättningen blir det viktigt att ha fokus på laddinfrastruktur för tung vägtrafik, sjö- och luftfart.

Konkurrenskraften kan, åtminstone initialt, komma att stärkas för vägtrafiken som en konsekvens av att detta trafikslag förväntas nå en storskalig elektrifiering tidigare än övriga trafikslag. Detta kan leda till ökat transportarbete på väg.

Introduktionen av elbilar på världsmarknaden sker samtidigt som andra stora förändringar sker i den globala ekonomin. Det i sin tur kan medföra att det etablerade mönstret för produktion och handel av fordon förändras.

När det gäller elflyg kommer till exempel en modernisering av luftrummet att bli nödvändig – hur kan framtidens reglering utformas för att understödja en sådan modernisering?

Drivmedel idag och i framtiden

Det minskade fossilberoendet påverkar samhällets transportflöden och förutsättningar för företag och arbetsmarknad. En förändrad arbetsmarknad sätter fokus på kompetens-försörjning och ändrade förutsättningar för sysselsättningen.

Volymen och sammansättningen av import, export och inrikes flöden påverkas starkt av ett minskat fossilberoende, vilket i sin tur får betydelse inte minst för sjöfartens förutsättningar. Intäkterna från farleds- och lotsavgifter förväntas minska och förutsättningarna för hamn-verksamheten, särskilt i de hamnar som hanterar oljeprodukter, förändras sannolikt. Även transporterna av oljeprodukter med lastbil förändras. Det bör redan nu analyseras noggrannare vad detta kan innebära, till exempel för finansieringen av sjöfartens infrastruktur, för godstransportarbetets utveckling och långsiktiga satsningar på infrastruktur.

Fördelningen av laddmöjligheter kommer säkerligen att se annorlunda ut vid en jämförelse med tillgången till drivmedel idag. Digitala lösningar som identifierar var och när på dygnet laddning är fördelaktigt lär öka i betydelse.

I vissa glesbebyggda områden med hög grad av hemmaladdning kan utmaningar uppstå för övrig service exempelvis i form av paketutlämning, livsmedelsförsäljning och övriga tjänster för

fordon när kundunderlaget till drivmedelsstationer minskar. Att bevaka denna utveckling och planera för eventuella lösningar är en viktig del för omställningen i dessa områden.

Om flytande drivmedel försvinner ersätts distributionen av drivmedel på transport-infrastrukturen av transporter av energi i ledningar (el och gas). Ansvaret för utbyggnad av infrastrukturen kommer således i viss mån att förflyttas från traditionell transportpolitik till energipolitik, vilket innebär att det behövs en ökad samverkan och integration mellan dessa delar.

Framtida kostnader för transportsystemets användare

En utfasning av fossila bränslen och fordon kan kräva förändrade skattebaser för att staten ska klara finansieringen av välfärden. I en sådan översyn är det, för att nå uppsatta mål, viktigt att skatterna utformas på ett sätt som främjar fortsatt introduktion av elfordon.

Flera faktorer har betydelse för den framtida kostnadsbilden: Elektrifieringen sänker sannolikt körkostnaden. Samtidigt kan ett konstant eller lägre oljepris förväntas i framtiden när efter-frågan blir lägre. Priset för utsläppsrätter inom EU ETS får stor betydelse för transport-kostnaderna eftersom priset på utsläppsrätter bedöms öka de närmaste decennierna. Därutöver förväntas elpriset stiga i takt med ökad efterfrågan. Kostnaderna kommer att variera under omställningen. Detta är viktigt att beakta vid utformningen av skatter.

Om priserna på alternativa drivmedel förändras som en följd av omställningen, påverkar detta i sin tur den ekonomiska situationen för företag och privatpersoner både direkt och indirekt. Effekten av stigande transportkostnader påverkas av hur transportföretag, transportköpare och privatpersoner kan anpassa sig till högre kostnader. Det hänger även ihop med deras förmåga att investera i nya fordon och/eller ändra sina resvanor respektive deras transport-behov.

Åtgärder i samhället kan ge olika utfall för introduktionen av elfordon på regional nivå. Det spelar roll vilken typ av styrmedel som införs för hur utfallet blir. Baserat på valet av styrmedel kan exempelvis utvecklingen av omställningen komma att variera i olika delar av landet.

Markanvändning, elnät och beredskap

För markanvändning rör en av de största svårigheterna konsekvenser av gruvbrytning av innovationskritiska metaller/mineraler. I samband med utvinningen uppstår negativa miljö-effekter och konkurrens om markanvändningen. Den ändrade resursanvändningen ställer krav på en god planering av resursutnyttjandet som både rymmer viss en flexibilitet, men samtidigt har siktet inställt på att uppnå de samlade samhällsmålen.

En annan svårighet rör laddning i tätorter. Utredningar som tittar på regelverken har tillsatts och vissa exempel från regional och lokal nivå finns om hur frågan om laddinfrastruktur kan lösas. Att främja erfarenhetsutbyte och lärande på lokal nivå kan vara en väg att effektivisera genomförandet.

Ytterligare en svårighet handlar om tillgång till mark på rätt platser för den laddning som rör tunga vägfordon, sjö- och luftfart. Att ta fram strategier för att underlätta omställningen kan vara en bra väg framåt.

Den ökade efterfrågan på el i framtiden beror främst på tillverkning av vätgas för olika industriella tillämpningar. Det är således inte den ökade efterfrågan på el som utgör den största utmaningen för elnätet till följd av transportsektorns elektrifiering, utan i stället att möta de effektbehov som uppstår på de platser där tunga lastbilar, fartyg och flygplan ska ladda

batterierna. Det är svårt att förutse och beräkna geografiskt effektbehov samt hur och var elen kommer att produceras. Det ter sig rimligt att koppla ihop frågan om effektbehov och tillgång till mark i ett strategiskt sammanhang.

Även så kallade energihubbar, som kan komma att spela en viktig roll för hamnar och flygplatser i det framtida transportsystemet, berör både mark- och elnätsperspektivet. Att närmare undersöka energihubbars roll och funktion kan bidra till att identifiera specifika åtgärder som kan understödja framväxten av och effektivisera dessa funktioner.

Personbilarna kan få en viktig roll som energilager. Förutsättningar för dubbelriktad laddning finns beskrivna sedan tidigare, men här kan finnas ytterligare aspekter att undersöka närmare i syfte att identifiera specifika åtgärder som kan understödja och effektivisera mötet mellan energi- och transportsektorn.

Funktioner som beredskapslager och reservkapacitet och i vilka olika former som dessa bör vara behöver både anpassas till utvecklingen och till särskilda förutsättningar. Samverkan mellan det civila och militära försvaret liksom andra NATO-länders styrkor måste fungera. Ytterligare satsningar på samverkan mellan dessa områden kan stärka beredskapen.

Samarbete och samverkan får en viktig roll i en storskaligt elektrifierad transportsektor. Det finns flera exempel med erfarenheter att ta till vara. Dessa kommer bland annat från den gröna industriutvecklingen i norra Sverige samt samverkan kring planer och prognoser som rör behov, kapacitet och effekt. Att främja regionalt och lokalt erfarenhetsutbyte och lärande kan bidra i genomförandet.

Viktiga områden ur ett policyperspektiv

Utifrån den avslutande diskussionen har vi identifierat ett antal viktiga frågor som är särskilt angelägna att lyfta fram för att hantera konsekvenserna av en storskalig elektrifiering av transportsektorn.

- Tydliga mål och långsiktiga styrmedel som leder till en storskalig elektrifiering finns idag på plats för att elektrifiera vägtransporterna i stor skala, framför allt genom EU:s 55 %-paket. För sjöfart och luftfart styr inte åtgärderna direkt mot storskalig elektrifiering. Finns behov av särskilda styrmedel för att främja elektrifiering inom sjö- och luftfart och hur kan dessa i så fall tas fram?
- När det gäller elflyg kommer till exempel en modernisering av luftrummet att bli nödvändig – hur kan framtidens reglering utformas för att understödja en sådan modernisering?
- Hur kan beslutsfattare vidta åtgärder för att främja och upprätthålla ett balanserat transportsystem där alla trafikslag fyller en viktig funktion, samtidigt som vi ser att elektrifieringen i sig kan skapa obalanser (till exempel genom att vägtrafiken förväntas ställa om tidigare)?
- Introduktionen av elbilar på världsmarknaden kan medföra att det etablerade mönstret för produktion och handel av fordon förändras. Hur kan stora förändringar i den globala ekonomin komma att påverka förutsättningarna för svensk fordons-industri?
- I vissa glesbebyggda områden med hög grad av hemmaladdning kan utmaningar uppstå för övrig service i form av till exempel paketutlämning, livsmedelsförsäljning och övriga tjänster för fordon när kundunderlaget till drivmedelsstationer minskar. Hur kan omställningen i glesbebyggda områden understödjas, givet dessa risker?

- Det minskade oljeberoendet får konsekvenser för sjöfartens aktörer och påverkar även transporterna av oljeprodukter med lastbil. Vad kan detta innebära, till exempel för godstransportarbetets utveckling och långsiktiga satsningar på infrastrukturen?
- Elektrifieringen av transportsystemet kommer att innebära ett större behov av samverkan mellan energi- och transportsystem. Traditionellt har dessa system varit separerade både i termer av aktörer och affärsmodeller, något som nu kommer att förändras. I samband med att nya marknader utvecklas kommer nya och ännu okända frågor att uppstå. Finns det skäl att överväga nya lösningar från det offentligas sida, för att hantera nya frågor som uppstår och som inte alltid har en naturlig hemvist, och hur kan dessa nya lösningar i så fall utformas?
- Transportsektorns elförsörjning blir i praktiken en del av elförsörjningen i hela samhället. Det innebär bland annat att prioriteringar av transportsektorns drivmedelsanvändning i krissituationer till skillnad mot tidigare nu också måste vägas mot andra behov i samhället. Hur kan det offentliga i elektrifieringen av transportsystemet beakta dessa och andra sårbarhetsaspekter?
- En utfasning av fossila bränslen och fordon kan kräva förändrade skattebaser för att staten ska klara finansieringen av välfärden. Hur ska den framtida skattepolitiken utformas så att den fortsatt genererar de intäkter som krävs utan att hämma introduktionen av elfordon?
- En grundläggande förutsättning för den storskaliga elektrifieringen är tillgången till innovationskritiska metaller och mineraler. På vilket sätt kan tillgången säkras så att de samlade samhällsmålen uppnås?
- Den närmaste tiden blir det viktigt att ha fokus på elektrifieringen av tung vägtrafik, sjö- och luftfart. Vilken typ av strategier bör det offentliga ha för att hantera frågor om effektbehov och för vägtrafiken också tillgången till mark?
- Både så kallade energihubbar och vägfordon kan få en viktig roll som energilager. Vad krävs ytterligare från det offentliga för att understödja denna möjlighet?
- Samarbete och samverkan får en viktig roll i en storskaligt elektrifierad transportsektor. Ju mer effektiv samordning, desto högre resiliens finns när kriser uppstår. Hur kan effektiv samverkan stärkas mellan aktörer från olika nivåer och sektorer?
- I den stora omställningen till en elektrifierad transportsektor kommer det att vara angeläget att kontinuerligt följa så att utvecklingen är i linje med de transportpolitiska målen. Vilka nya faktorer kan bli viktiga att beakta?

Summary

Large-scale electrification of the transport sector – a knowledge base

The task

The Swedish Government has assigned Transport Analysis the task[2] of preparing a knowledge base concerning a large-scale electrification of the transport sector. This knowledge base is to encompass a mapping of the consequences of this in terms of, for example, land use, the electrical grid and preparedness at the local, regional and national levels. The analysis will also cover the electrification of aviation and maritime transport. The knowledge base is also to include an updated analysis of how the ownership and regional distribution of electric vehicles (EVs) are configured, plus an analysis of market trends beyond 2030. This assignment is to be carried out in dialogue with the Swedish Energy Agency. It is to be reported to the Swedish Government Offices (Ministry of Rural Affairs and Infrastructure) by 30 November 2024.

The purpose of this assignment is to provide the Government with a knowledge base that describes how a large-scale electrification of the transport sector could impact various segments of our society. The aim is to shed light on key issues for consideration in the transition to an electrified transport system, thus supplementing the existing knowledge base.

Starting points for carrying out the assignment

Our approach to this assignment is to proceed from our current fossil-based transport system and analyse the changes that will occur once the transport system has essentially been electrified. We identify activities that will have ceased or arisen once the transport system is essentially electrified.

Our analyses are based on the climate policy objectives, pursuant to which we will have achieved the Swedish goal of net zero emissions by 2045.

The system boundaries are set based on the key components of the transport system, i.e. infrastructure, vehicles/vessels and fuels, along with their associated ancillary services in terms of manufacture, distribution, service, training and the other elements needed to maintain them. Our assumption is that, by proceeding based on these key components and their associated ancillary services, we will be able to identify the major consequences of electrifying the transport sector.

Our main conclusions regarding the various areas included in the analyses are summarised below.

[2] Swedish Government (2023). Appropriation document for fiscal year 2024 regarding Transport Analysis, www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?RBID=23954

On the way to large-scale electrification

The interplay between megatrends, policy instruments and technologies in existing systems will affect how the transition takes place, as will the levels of maturity attained by new technologies.

Clearly defined goals and long-term policy instruments leading to large-scale electrification are already in place, primarily via the EU Fit for 55 package, as are the technologies needed to electrify road transport on a large scale. However, sudden disruptions and new trends may result in deviations from the technology choices initially planned for by society.

It is essential that we apply the lessons learnt from previous transitions and the experience gained as the electrification process moves forward. Experience teaches us that such a process will not proceed at the same pace everywhere, but rather that consequences will arise at different speeds from a national, regional and local perspective, as well as for different segments of the population.

Current actors and systems compared to 2045

The electrification of the transport system will entail a greater need for cooperation between our energy and transport systems. These systems have traditionally been separate in terms of both actors and business models, a situation that will now change. New issues will arise as new markets are developed.

One potential consequence of these developments will be new areas of responsibility for government entities in terms of permitting and supervision. Considerations pertaining to resilience and preparedness will also need to be adapted to new circumstances. Favourable conditions will be needed to enable government entities to plan flexibly and update their planning as new needs arise.

A large-scale electrification process means that competence in handling the operation of electric vehicles, and vessels and aircraft using supplemental fuel types, will become more important. It will be essential to adapt pre-existing training and education and invest in competence development, to plan for sufficient ‘electrical competence’ across the transport system.

Public charging infrastructure for passenger cars has been expanded, and the so-called blank spots will soon be gone. Moving forward, it will be important to focus on charging infrastructure for heavy road vehicles, maritime transport and aviation.

The competitiveness of road transport may, at least initially, be enhanced as a result of that mode of transport being expected to achieve large-scale electrification sooner than other types of transport. This could lead to more tonne-kilometres by road.

The introduction of electric vehicles in the world market is taking place even as other major changes in the global economy are underway. This could in turn lead to changes in the established pattern of vehicle production and trade.

In the case of electric aircraft, it will, for example, be necessary to modernise the airspace – how can future regulations be configured to support such a modernisation process?

Current and future fuels

Decreased dependence on fossil fuels is impacting our society’s transport flows and the conditions and assumptions surrounding companies and the labour market. A changed labour

market puts the emphasis on competence supply and altered conditions and assumptions surrounding employment.

Volumes and compositions of imports, exports and domestic flows are being heavily impacted by reduced fossil-dependence, which is in turn impacting the conditions surrounding maritime transport. Revenues from fairway dues and pilotage fees are expected to decrease, and it is likely that there will be changes in the conditions surrounding port operations, particularly in those ports that handle petroleum products. The transport of petroleum products by lorry will change as well. A more precise analysis of what this could entail – e.g. in terms of the financing of maritime infrastructure, the evolution of shipping, and long-term infrastructure investments – would be timely.

The breakdown in terms of charging options will likely look different compared to the current supply of fuels. Digital solutions that identify where and when charging is advantageous should increase in importance.

As the customer base for fuelling stations shrinks, challenges may arise in certain sparsely populated areas that have high levels of at-home charging with respect to other services such as package delivery, grocery sales and other vehicle services. Taking such progress into account and planning for potential solutions will constitute a key element of the transition process in such areas.

The distribution of liquid fuels via the transport infrastructure will be replaced by the transportation of energy via powerlines and pipelines (electricity and gas). The responsibility for expanding the infrastructure will thus be shifted to some extent from traditional transport policy to energy policy, which means that greater cooperation and integration between these policy areas will be needed.

Future costs for transport system users

A phase-out of fossil fuels and vehicles could necessitate changes in tax bases if the State is to be able to fund the welfare system. In such a revision process it is important, in order to achieve the set goals, that the taxes be formulated in a manner that promotes the continued introduction of electric vehicles.

A number of factors are of significance for the future cost structure: electrification will likely reduce the cost of driving, even though a constant or lower petroleum price is anticipated in the future as demand decreases. The price of emission allowances within EU ETS will have a major influence on transport costs, as it is assumed that the price of these allowances will increase in the coming decades. In addition, the price of electricity is expected to rise in parallel with increasing demand. These costs will vary during the transition process, something that is important to consider when formulating taxes.

If the prices of alternative fuels are changed as a result of the transition, that will in turn impact the financial situations of companies and private persons, both directly and indirectly. The impact of rising transport costs will be affected by the ways in which transport companies, transport buyers and private persons can adapt to such higher costs. This is also related to their ability to invest in new vehicles and/or change their travel habits and transport needs.

Actions undertaken within society can yield different results in terms of the introduction of electric vehicles at the regional level. The types of policy instruments introduced will play a role in the outcome. For example, the evolution of the transition process may vary in different parts of the country, based on the policy instruments chosen.

Land use, electrical grids and preparedness

One of the most significant problems with respect to land use concerns the consequences of mining for innovation-critical metals/minerals. Negative environmental impacts and different land use claims arise in connection with such extraction operations. Changes in resource use will require effective resource planning that balances flexibility with the goal of achieving our broader societal objectives.

Another problem relates to charging in urban areas. Studies of the relevant regulatory framework have been initiated, and some examples of how the charging infrastructure issue could be resolved are available at the regional and local levels. Promoting exchanges of experience gained and lessons learned at the local level may offer a means of streamlining the implementation process.

Yet another problem has to do with access to land in the right locations to enable the charging of heavy road vehicles, maritime transport and aviation. The development of strategies to facilitate the transition process can offer a suitable way forward.

The increased demand for electricity in the future will depend primarily on the production of hydrogen gas for various industrial applications. It is thus not the increased demand for electricity that will pose the greatest challenge to the electrical grid as a result of the electrification of the transport system, but rather meeting the demand for power that will arise in those places where heavy lorries, vessels and aeroplanes will recharge their batteries. It is difficult to predict or calculate geographical power demand or how and where the electricity will be produced. It would seem reasonable to connect the issues of power demand and access to land in a strategic context.

So-called energy hubs, which could play an important role for seaports and airports in the future transport system, will also play a role in terms of land use and the electrical grid. A closer study of the roles and function of energy hubs could contribute to the identification of specific measures that could support the growth of and streamline those functions.

Passenger cars can assume an important role in terms of energy storage. The conditions surrounding two-way charging have been described previously, but there may be further aspects to study with a view to identifying specific measures that could support and streamline the engagement between the energy and transport sectors.

Functions such as emergency stockpiles and reserve capacity, and the forms that they should take, need to be adapted to further developments, and to specific conditions and assumptions. Effective cooperation between civil and military defence, including the forces of other NATO countries, is essential. Further investments in the cooperation between these areas can enhance our preparedness.

Collaboration and cooperation will play a key role in the large-scale electrified transport sector. There are numerous examples of experience from which to benefit in this context. These come, among other things, from green industrial development in Northern Sweden, and from cooperation regarding plans and forecasts concerning demand, capacity and electric power. Promoting the exchange of experience at the regional and local levels can contribute to the implementation process.

Key areas from a policy perspective

Based on our closing discussion, we have identified a number of key issues that are of particular importance to emphasise in order to manage the consequences of a large-scale electrification of the transport sector.

- Clearly defined goals and long-term policy instruments that will lead to large-scale electrification are already in place in terms of electrifying road transport on a large scale, principally via the EU's Fit for 55 package. The measures that pertain to maritime transport and aviation are not steering us directly towards large-scale electrification. Is there a need for special policy instruments to promote electrification within maritime transport and aviation and, if so, how can they be created?
- Regarding electric aircraft, a modernisation of the airspace will be necessary – how can the regulatory framework of the future be formulated to support such a modernisation process?
- How can policy-makers implement measures to promote and maintain a balanced transport system in which all modes of transport fulfil an important function, even as we perceive that electrification per se could create imbalances (e.g. in that road transport is expected to transition sooner)?
- The introduction of electric vehicles on the world market could entail changes in the established pattern of vehicle production and trade. How will major changes in the global economy impact the conditions and assumptions that the Swedish automotive industry is facing?
- As the customer base for fuelling stations shrinks, challenges may arise in certain sparsely populated areas that have a high degree of at-home charging with respect to other services such as package delivery, grocery sales and other vehicle services. Given these risks, how can the transition process in sparsely populated areas be supported?
- Reduced petroleum dependency will have consequences for actors in the maritime transport sector, and will also affect the shipping of petroleum products by road. What might this entail, e.g. for the evolution of transport mileage for goods, and for long-term infrastructure investments?
- The electrification of the transport system will entail a greater need for cooperation between our energy and transport systems. These systems have traditionally been separate in terms of both actors and business models, a situation that will now change. New and as-yet unknown issues will arise as new markets are developed. Is it worth considering new solutions from the public sector in order to address new issues that arise? Such issues will not always have an obvious place to belong, so how can these new solutions be configured?
- In practice, the electrical power supply for the transport system is part of the power supply for the entire society. This means that, as opposed to the situation previously, the prioritisation of fuel use within the transport sector in crisis situations must be weighed against other needs within our society. How can the public sector take these and other aspects of vulnerability into account in the process of electrifying the transport system?

- A phase-out of fossil fuels and associated vehicles may necessitate changes in tax bases if the State is to be able to fund the welfare system. How should future tax policy be configured so that it continues to generate the needed revenues without hampering the introduction of electric vehicles?
- Innovation-critical metals and minerals are a basic precondition for the large-scale electrification process. How can such access be secured in such a way that our overall societal objectives are achieved?
- It will be important in the near term to focus on the electrification of heavy road vehicles, maritime transport and aviation. What types of strategies should the public sector embrace in order to address issues concerning power demand, road transport and access to land?
- So-called energy hubs and road vehicles could both assume important roles in terms of energy storage. What additional measures are required from the public sector to support this opportunity?
- Collaboration and cooperation will assume a major role in a large-scale electrified transport sector. The more efficient the coordination, the greater the resilience when crises arise. How can efficient cooperation be strengthened between actors from different levels and sectors?
- In a major transition to an electrified transport sector, continual monitoring will be essential to ensure that the process progresses in a manner consistent with our transport policy objectives. What new factors might be important to consider?

1 Inledning

I detta kapitel presenterar vi Trafikanalys uppdrag att ta fram ett kunskapsunderlag om en storskalig elektrifiering av transportsektorn tillsammans med utgångspunkter för genomförandet och hur vi valt att genomföra det.

1.1 Uppdraget

Regeringen har givit Trafikanalys i uppdrag att ta fram ett kunskapsunderlag om en storskalig elektrifiering av transportsektorn.[3] Kunskapsunderlaget ska omfatta en kartläggning av konsekvenser för exempelvis markanvändning, elnät och beredskap, såväl lokalt och regionalt som nationellt. Analysen ska även omfatta elektrifiering av flyg och sjöfart. I underlaget ska det även ingå en uppdaterad analys av hur ägandet och den regionala fördelningen av elfordon ser ut samt en analys av marknadsutvecklingen även efter 2030. Uppdraget ska genomföras i dialog med Statens energimyndighet. Uppdraget ska senast den 30 november 2024 redovisas till Regeringskansliet (Landsbygds- och infrastrukturdepartementet).

I uppdraget ingår inte att beskriva eller föreslå styrmedel för att nå en storskalig elektrifiering av transportsektorn eller för att hantera den storskaliga elektrifieringens konsekvenser.

1.2 Utgångspunkter för genomförandet

Syftet med uppdraget är att ge regeringen ett kunskapsunderlag som visar hur en storskalig elektrifiering av transportsektorn kan påverka olika delar av samhället. Målet är att belysa viktiga frågor att beakta för omställningen till ett elektrifierat transportsystem och genom detta bidra med en övergripande kunskapssammanställning som på bästa sätt kompletterar det befintliga kunskapsläget.

Ansatsen för genomförandet är att utgå från dagens i huvudsak fossilbaserade transportsystem och analysera vilka förändringar som uppstår när transportsystemet i huvudsak är elektrifierat. Vi identifierar verksamheter som har upphört och som har tillkommit när transportsystemet i huvudsak är elektrifierat. Förändringar och dess konsekvenser under tiden omställningen sker är inte i fokus, men däremot har omställningstakten och tekniska vägval betydelse för konsekvenserna.

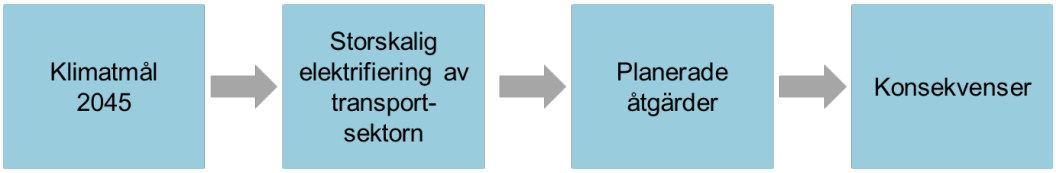
Två frågeställningar har varit vägledande:

1) Vilka aktörer och verksamheter kommer att vara centrala i ett transportsystem som är elektrifierat i stor skala jämfört med nuläget?
2) Vilka blir konsekvenserna?

[3] Regeringen (2023). Regleringsbrev för budgetåret 2024 avseende Trafikanalys, www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?RBID=23954

Med utgångspunkt i dessa frågor har konsekvenser för de olika trafikslagen identifierats och analyserats.

Vi definierar i uppdraget ”konsekvens” som en bieffekt av en önskad lösning på ett problem. I det här fallet är elektrifiering det önskade tillståndet och konsekvenserna de bieffekter, positiva och negativa, som uppstår till följd av denna lösning.[4] En illustration finns i Figur 1.1.



Figur 1.1. En illustration av den tänkta kedjan från klimatmålet 2045, via en storskalig elektrifiering av transportsektorn och de åtgärder som planeras för att genomföra denna, till de konsekvenser som då uppstår, positiva eller negativa.

Även om det inte ingår i uppdraget att beskriva eller föreslå styrmedel påverkas i varierande grad de konsekvenser som ska beskrivas av vilka styrmedel som använts för att nå den storskaliga elektrifieringen.

Rapportens disposition

Rapportens disposition utgår från den ansats vi har använt för att besvara frågeställningarna i uppdraget. Inledningsvis beskrivs olika aspekter av central betydelse på vägen mot en storskalig elektrifiering av transportsystemet (kapitel 2). Därefter presenteras vår kartläggning av aktörer och verksamheter (kapitel 3). En fördjupning presenteras sedan av utvalda områden där en storskalig elektrifiering bedöms få konsekvenser (kapitel 4, 5 och 6). Detta är i fokus:

- Aktörer och system i nuläget jämfört med 2045.
- Drivmedel idag och i framtiden.
- Ekonomi för användare och marknadsutveckling efter 2030.
- Markanvändning, elnät och beredskap.

I en avslutande diskussion diskuterar vi vad konsekvenserna av den storskaliga elektrifieringen innebär, och belyser vilken betydelse dessa har för bland annat de transportpolitiska målen och vi avslutar med att lyfta fram ett antal viktiga frågor som är särskilt angelägna att lyfta fram för att hantera konsekvenserna av en storskalig elektrifiering av transportsektorn (kapitel 7).

Genomförande

Uppdraget har genomförts i dialog med Energimyndigheten. Kontakter och dialog har även förekommit med flera andra aktörer. Informationsutbyte och diskussion med andra

[4] Se till exempel Naturvårdsverket (2023). Handledning i samhällsekonomisk analys. www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/samhallsplanering/handledning-i-samhallsekonomisk-konsekvensanalys/

myndigheter har skett inom nätverket Samordning och information för en klimatneutral transportsektor, SIKT.[5]

En digital hearing genomfördes den 24 april. Syftet var att få in synpunkter och säkerställa att vi fångar in relevanta perspektiv. Hearingen hade runt 100 deltagare från näringsliv, statliga myndigheter, regioner och forskare.

En inventering av för uppdraget relevanta pågående och nyligen avslutade initiativ har gjorts. I förekommande fall har kontakt tagits med berörda aktörer. Avstämning har även skett med Trafikanalys vetenskapliga råd.

Avgränsningar

De viktigaste avgränsningarna i arbetet handlar om hur vi ser på storskalig elektrifiering, vilka systemgränser vi har använt oss av och hur den valda definitionen av elektrifiering påverkar vilka tekniker som ingår.

Mot bakgrund av att elektrifieringen av vägtrafiken går fortast och troligen kommer att omfatta en stor del av fordonsflottan är det naturligt att vägtrafiken ingår i analyserna. Av uppdragstexten framgår också att även luft- och sjöfart ska ingå. Eftersom järnvägstrafiken till allra största delen redan är elektrifierad har vi valt att inte göra en fördjupad analys av järnvägstrafiken, utan i stället ger vi en bild av nuläget avseende elektrifiering och planerna framöver för att elektrifiera återstående delar av järnvägsnätet, se avsnitt 3.6.

Vi ser storskalig elektrifiering som ett läge där vi år 2045 har uppnått det svenska klimatmålet om nettonollutsläpp med elektrifiering som den främsta nyckeln till omställning av den svenska transportsektorn, men där även andra fossilfria drivmedel kan ingå. Luft- och sjöfart är då endast delvis elektrifierade. Transportsektorn i sin helhet har då, i linje med regeringens bedömning, i princip noll utsläpp. För att beskriva en tänkbar utveckling eller ett framtida läge för till exempel energianvändning hänvisar vi till scenarier från andra organisationer, se kapitel 4 och 5.

Systemgränserna är satta utifrån transportsystemets centrala delar: infrastruktur, fordon/fartyg och drivmedel, samt de stödtjänster i form av tillverkning, distribution, service, utbildning eller annat som krävs för att upprätthålla dessa. Antagandet är att genom att utgå från dessa centrala delar med tillhörande stödtjänster kommer områden där transportsektorns elektrifiering får konsekvenser att kunna ringas in.

Elektrifiering har vi definierat som följer: ”Med begreppet elektrifiering avses att el ersätter fossila bränslen i de processer där det är möjligt".[6] Elektrifiering kan således innebära både direkt och indirekt elanvändning. Den direkta elanvändningen avser drift av elmotorer. Det finns flera tekniker som introducerats i större skala eller tekniker där en introduktion bedöms möjlig inom det tidsintervall vi har i uppdraget, till exempel batterier, elvägar eller bränsleceller.

Den indirekta elanvändningen avser vätgas eller elektrobränslen. Vätgasen framställs genom elektrolys av el och vatten. Att använda överskottsel för att framställa vätgas kan ses som ett

[5] I nätverket ingår personer från Boverket, Energimyndigheten, Naturvårdsverket, Trafikanalys, Trafikverket och Transportstyrelsen.
[6] Energimyndigheten (2021). Framtidens elektrifierade samhälle, https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=bc912c1c01734cc89398698f864da60a&q=2021:28&lstqty=1

sätt att lagra el. Vätgasen kan sedan användas direkt som drivmedel eller i en bränslecell alternativt kombineras med koldioxid eller kväve för att framställa flytande drivmedel.[7]

Våra analyser baseras på att elektrifieringen av vägtrafiken huvudsakligen sker med batterielektriska fordon, eftersom dagens styrmedel och etablerade tekniker pekar i den riktningen. Även om vätgas, antingen för förbränning eller i bränsleceller, och elvägar kan ha tydliga marknadsandelar år 2045 bedömer vi att batterielektriska fordon med stationär laddning tydligt kommer att dominera.

För sjö- respektive luftfart gör vi bedömningen att fler tekniker kommer att användas och här kommer trafikeringen spela en stor roll för vilken teknik som används. I linjetrafik med korta avstånd kan den batterielektriska tekniken förväntas få genomslag, medan andra typer av hållbara drivmedel kommer att behövas för den övriga trafiken.

[7] F3 (2021). Elektrobränslen, https://f3centre.se/app/uploads/f3-Faktablad-nr-9_Elektrobra%CC%88nslen_FINAL_210412.pdf

2 På väg mot storskalig elektrifiering

För att klara klimatmålen och möjliggöra den gröna omställningen avser regeringen att ta ytterligare steg vad gäller elektrifiering av transportsystemet och industrin.[8] Hur elektrifieringen av transportsystemet sker, till exempel omställningstakt och tekniska vägval har betydelse för konsekvenserna. I detta kapitel beskriver vi därför hur omställning sker i samhället, vad som driver omställning framåt och styrmedel som redan är på plats.

Dessa delar bidrar sedan till ökad förståelse när det gäller att ringa in och diskutera tänkbara konsekvenser i den avslutande diskussionen av rapporten.

2.1 Hur sker omställning i samhället

Ett sätt att förstå drivkrafter bakom omställning är att utgå från samband mellan megatrender, existerande system och hur ny teknik får genomslag i samhället ur ett flernivåperspektiv. Perspektivet är bra att ha med sig när det gäller att se hur processer på olika nivåer kan hänga ihop.

Teorin om ett flernivåperspektiv på samhällsomställning lyfter fram betydelsen av barriärer och tydliggör vad som driver utvecklingen framåt på både makro- och mikronivå. Interaktioner mellan olika nivåer skapar dynamik i förändringen av produktions- och konsumtionssystemen.[9]

På den övergripande nivån, ”landskap”, finns långsiktiga megatrender av social, ekonomisk eller miljömässig karaktär. Den inkluderar även plötsliga chocker som till exempel kan utgöras av eskalerande klimatkris eller utbrott av pandemier, det vill säga något omvälvande som får utvecklingen i samhället att ändra riktning. På den underliggande nivån, ”regim”, finns våra existerande system i form av teknik, styrmedel, infrastruktur, beteende och företagsmodeller som har samutvecklats i samhället.

Ny teknik utvecklas inom ytterligare en underliggande nivå som kallas ”nischer”. Teorin innebär att det för att den nya tekniken ska få genomslag behöver det inträffa händelser på landskapsnivån som orsakar förekomst av ”sprickor” eller problem i den dominerande regimen, vilket då skapar förutsättningar för att den nya tekniken att ta sig igenom barriären.

Sättet som de olika nivåerna hänger ihop på gör det svårt att förutse exakt när och hur något får genomslag, även om samhället aktivt kan bidra till att skapa goda förutsättningar. I vilken takt själva omställningen till en storskalig elektrifiering kommer att ske och hur vägen dit kommer att se ut, är alltså inte givet på förhand.

[8] Regeringen (2023). Förslag om nya energipolitiska mål, www.regeringen.se/contentassets/01b5f0d6fb8944d0a0ba3f320e7fefdd/forslag-om-nya-energipolitiska-mal-kn202304578.pdf
[9] Baserat på Geels (2002).

Vi kan dock konstatera att första steget kan sägas ha tagits, genom att megatrenden klimatförändringar i sig har bidragit till samhällets ändrade inriktning mot fossilfrihet. Vi har idag mål för klimatneutralitet till 2045 för Sverige och till 2050 på EU-nivå. Ny EU-lagstiftning finns på plats i form av EU:s 55 %-paket med syftet att hjälpa EU att nå klimatmålen på ett rättvist, kostnadseffektivt och konkurrenskraftigt sätt.[10] Styrmedelspaketet innehåller olika typer av styrning för att underlätta omställning, se avsnitt 2.5. Utifrån ovanstående resonemang har alltså en megatrend skapat tryck på den rådande regimen, vilket i sin tur inneburit att vissa viktiga förutsättningar har skapats som underlättar för ny teknik att bryta igenom.

Erfarenheter från tidigare omställningar

Det är inte första gången som samhället ställer om. Samhället har i ganska modern tid genomgått flera större strukturomvandlingar, till exempel i samband med övergången från industrisamhälle till tjänstesamhälle, från småskaligt jordbruk till större produktionsenheter och vid omställning av värmesystem för privata hushåll från i huvudsak oljepannor till bland annat fjärrvärme. På senare år har en omfattande digitalisering skett inom många områden och som fortfarande pågår. Det finns erfarenheter om konsekvenser att ta till vara från dessa omställningar.

Spridningen av en enskild teknik sker parallellt med andra nya tekniker vilket generellt sett kan göra det svårt att ringa in vilka faktorer som får avgörande betydelse för teknikvalet och därmed för konsekvenserna. Ekonomiska aspekter, funktionell tillförlitlighet och miljöaspekter har visat sig ha olika prioritet vid ett teknikbyte.[11]

När det gäller byte av värmesystem är fastighetsägaren den aktör som står för beslutet att investera i den nya tekniken vilket har stora likheter med elektrifiering av vägtrafiken där bilägaren också gör ett teknikval och i likhet med vägtrafiken kräver fjärrvärmen också en fysisk infrastruktur. Den pågående digitaliseringen är en del av och drivs av accelererande teknologisk utveckling. Förutsättningar för digitaliseringen har bland annat varit utbyggnad av bredbandsnät och master med radiosändare. En viktig drivkraft har även varit utvecklingen av affärsmodeller utifrån digitaliseringens möjligheter.

Både när det gäller omställning till nya värmesystem och digitalisering handlar det alltså om nätutbyggnad, enskildas beslut om investering och byte av teknik, styrmedel i samband med själva omställningen och förekomst av flera tekniker parallellt under omställningsfasen men även efteråt. Erfarenheten säger oss också att omställningen kan gå olika snabbt i till exempel städer och glesbygd och att vissa geografiska områden kräver andra lösningar än den dominerande tekniken. Bostäder som till exempel inte har tillgång till de nya ledningsnäten för fjärrvärme eller bredband har andra förutsättningar.

Genomförandet kommer högst sannolikt inte att ske samtidigt i alla sektorer eller på alla ställen. Konsekvenser av en omställning kommer att uppstå med olika takt sett ur ett nationellt, regionalt och lokalt perspektiv.

[10] Europeiska kommissionen (2021). 55 %-paketet (”Fit for 55”): nå EU:s klimatmål 2030 för klimatneutralitet, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550
[11] Mahapatra (2007). Diffusion of innovative domestic heating systems and multi-storey wood-framed buildings i Sweden, https://miun.diva-portal.org/smash/get/diva2:2025/FULLTEXT01.pdf

2.2 Trender av betydelse för transportsystemet

Trender på olika nivåer påverkar förutsättningarna för elektrifiering. Att ringa in trender av betydelse för transportsystemet är därför viktigt för transparensen i de resonemang vi för kring konsekvenser av en storskalig elektrifiering.

Transportsystemets utveckling påverkas av vad som driver på förändring av samhället i stort, även globalt. Megatrender är globala, långsiktiga trender som tar tid att formas, men som har stor betydelse för samhällsutvecklingen när de väl finns på plats. Dessa handlar bland annat om globala förändringar i befolkningstillväxt, klimatförändringar, konkurrens om naturresurser, accelererande teknologisk förändring, maktskiften i ekonomi och geopolitiska landskap samt värderingar, livsstilar och politisk styrning.[12] Megatrender har betydelse för utvecklingen i Sverige.

Trafikverket har i sin omvärldsanalys från 2022 formulerat trender som särskilt skulle kunna få stor inverkan på den svenska transportsektorn.[13] Dessa omfattar dels trender för det övergripande samhällsplanet, dels trender som innebär förändringar specifikt för transportsystemet. Långsiktiga trender av betydelse för det svenska samhället som helhet bedöms i detta sammanhang vara:

- Stadsnära områden lockar i ett digitaliserat samhälle.
- Inbromsad globaliseringstakt i en tjänstefierad värld.
- Trycket höjs för att nå klimatneutralitet och behovet av ren energi ökar.
- Accelererande digitalisering omformar spelplanen för företag och för människors vardag.
- Resiliens blir alltmer viktigt i ett sårbart samhälle.

När det gäller specifika trender för transportområdet lyfter Trafikverket fram:

- Fortsatt hög efterfrågan på tillgänglighet och mobilitet påverkar res- och transportmönster.
- Utmanande väg mot ett fossilfritt och miljöanpassat transportsystem.
- Allt större genomslag för ny teknik som förändrar transportsystemet.
- EU-initiativ och samhällsutvecklingen ökar trycket på systemsyn och samverkan.
- Ökade risker och hot mot transportsystemets funktionalitet.

I Inriktningsunderlaget för infrastrukturplaneringen från 2024[14] diskuterar Trafikverket tre delvis motriktade trender när det gäller tillgängligheten till handel och service: allt bättre utbud av
e-handel och digitala tjänster, ökande fysisk koncentration av handel och service, samt mer heterogena bilkostnader. Nettoeffekten av trenderna beskrivs skilja sig åt för olika typer av

[12] EEA (2019). Drivers of change of relevance for Europé's environment and sustainability, www.eea.europa.eu/publications/drivers-of-change
[13] Trafikverket (2022). Trender i transportsystemet, Trafikverkets omvärldsanalys 2022, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1696683/FULLTEXT01.pdf
[14] Trafikverket (2024). Inriktningsunderlag för infrastrukturplaneringen, För perioden 2026–2037, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1827847/FULLTEXT01.pdf

tjänster och service, och för olika befolkningsgrupper. I sammanhanget lyfts att i takt med samhällets ökande specialisering ökar efterfrågan på hög tillgänglighet, vilket driver på både ökande transporter och ökande urbanisering.

Teknisk utveckling kan bidra positivt till minskad miljöbelastning genom att ersätta fossil energi och infrastruktur samt genom att effektivisera produktion och konsumtion. Samtidigt innebär teknikutveckling i många fall ökad produktion och konsumtion, vilket även samspelar med värderingar och maktstrukturer.[15] Det finns följaktligen flera aspekter kring de identifierade trenderna att hålla reda på när det kommer till konsekvenser i samhället.

I nästa avsnitt har vi fångat upp ovanstående trender för det övergripande samhällsplanet, och trender som specifikt innebär förändringar för transportsystemet. Den framtida utvecklingen av transportsystemet beror av vilka trender som får genomslag. Trender som rör geopolitiska förändringar och hur de påverkar transportsystemets roll och beredskap i ett läge av kris och krig återkommer vi till på olika sätt i kapitel 3, 6 och 7.

2.3 Om den framtida utvecklingen

I detta kunskapsunderlag kommer olika långa tidsperspektiv att hanteras. Vi kommer generellt att föra mer av kvalitativa resonemang ju längre bort från 2024 vi rör oss. Jämförelsen mellan aktörer och system i nuläget jämfört med 2045 utgår till exempel helt från ett kvalitativt resonemang.

Ju längre framåt i tiden vi sträcker oss, desto viktigare blir det även att definiera hur vi tänker kring scenarier. Vi kommer i rapporten att referera till olika källor som visar scenarier över utvecklingen framåt. Det finns en naturlig osäkerhet i scenarier som gäller till 2045 – saker kan utvecklas åt olika håll – och en parameter som vi kommer att lägga särskilt fokus på är om omställningen blir snabb eller långsam.

För att förenkla resonemangen kring olika utvecklingsvägar längre fram i rapporten så tänker vi oss två huvudscenarier – snabb eller långsam hastighet i omställningen. De bygger vidare på de trender som presenterades i avsnittet innan. En utgångspunkt är att merparten av de beskrivna trenderna påverkar i bägge scenarierna, men att de skiljer sig åt i två avseenden. För det snabba scenariot är trenden ”Allt större genomslag för ny teknik som förändrar transportsystemet” den dominerande, medan för det långsamma scenariot är det i stället ”Utmanande väg mot ett fossilfritt och miljöanpassat transportsystem” som dominerar. I bägge scenarierna uppnås en storskalig elektrifiering till 2045.

Vid en snabb omställning antar vi att det har skett en snabb introduktion av ny teknik, liksom en gynnsam prisutveckling och effektivisering vilket tillsammans leder till en liknande fördelning av trafikslagen som idag. Däremot kan förändringar i logistik och transportmönster påverka vissa tjänster och funktioner.

Vid en långsam omställning kommer mycket att ske närmare 2045. Vi antar att elektrifieringen kan skapa fördelar för vägtrafik, men även för järnväg, vilket leder till viss omfördelning mellan dessa trafikslag.

Förutsättningar bakom snabb eller långsam hastighet i omställningen presenteras i bilaga A.

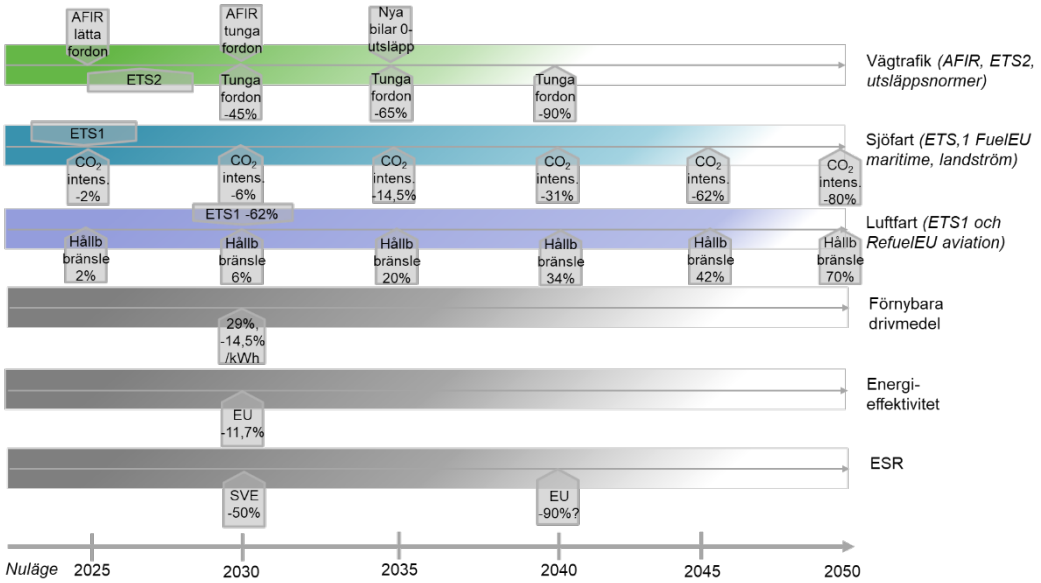
[15] Malmaeus och Steen (2021). Trender i omvärlden med relevans för Generationsmålet, www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1663915/FULLTEXT01.pdf

Aspekter såsom resurseffektivitet, energieffektivitet, kostnad för transportarbete och vem som betalar för det, kostnad för investeringen i systemet samt olika riskfaktorer är viktiga att följa när det gäller utvecklingen inom alternativa scenarier.

Även om elektrifiering av transportsystemet är i fokus så pågår en parallell utveckling av angränsande tjänster och affärsmodeller som vi behöver beakta i våra analyser eftersom de påverkar utvecklingen inom transportsektorn och dess elektrifiering. Det kan till exempel handla om automatisering eller delningstjänster.

2.4 EU:s 55 %-paket får stor påverkan

EU:s 55 %-paket innehåller styrmedel med tydliga krav som styr mot vägtrafikens elektrifiering och mot hållbara drivmedel inom sjö- och luftfart.[16] Styrmedlen anger även minskande utsläppsnivåer över tid ända fram till 2050. Detta styrmedelspaket kommer därför att påverka vilka teknikval som görs och därmed konsekvenserna. Tidslinjen nedan visar de viktigaste stegen i detta paket, se Figur 2.1.



Figur 2.1. Tidslinje som beskriver de viktigaste stegen i EU:s 55 %-paket för omställning av transportsektorn. Minskad färgstyrka i de färglagda liggande staplarna indikerar att omställningen nära nog har genomförts.

De centrala styrmedlen inom EU:s 55 %-paket när det gäller vägtrafik är Infrastruktur för alternativa bränslen (AFIR)[17], det nya utsläppshandelssystemet som inkluderar vägtransporter och bränslen samt normer för koldioxidutsläpp från personbilar, lätta lastbilar och tunga fordon. Ett mål för utbyggnad av laddinfrastruktur finns till 2025 och ett för tunga fordon till 2030. För 2030 finns även mål för utbyggnad av tankinfrastruktur som rör vätgas och flytande metan. Utsläppsnormerna för lätta fordon skärps mycket tydligt i och med nollutsläppskravet

[16] Europeiska kommissionen (2021). 55 %-paketet ("Fit for 55"): nå EU:s klimatmål 2030 för klimatneutralitet, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550
[17] Europeiska kommissionen (2024). Alternative Fuels Infrastructure, https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport/alternative-fuels-sustainable-mobility-europe/alternative-fuels-infrastructure_en?prefLang=sv

för nya bilar år 2035. För tunga fordon skärps kraven på utsläppsminskning stegvis till –90 procent år 2040, jämfört med snittet 2019. Det nya utsläppshandelssystemet är i bruk från 2027 och påverkar i första ledet distributörer som levererar drivmedel till byggnader, vägtransporter och andra sektorer.

Sjöfart fasas gradvis in i nuvarande utsläppshandelssystem från 2025 och gäller för fartyg med en bruttodräktighet över 5 000. Parallellt finns förordning (EU) 2023/1805 om användning av förnybara och koldioxidsnåla bränslen för sjötransport (i fortsättningen ”FuelEU Maritime”) med regler för minskad växthusgasintensitet för fartyg med en bruttodräktighet över 5 000 som anlöper EU-hamnar, med vissa undantag. Växthusgasintensiteten (koldioxidintensiteten) ska minska gradvis till –80 procent år 2050 jämfört med genomsnittet 2020. Till år 2030 finns det även mål för landström i hamnar enligt AFIR. Parallellt anger FuelEU Maritime en skyldighet för passagerar- och containerfartyg att använda landströmsförsörjning för alla elbehov när de är förtöjda vid kajen i större EU-hamnar från och med år 2030.

För luftfarten är det nuvarande utsläppshandelssystemet fortsatt viktigt med ett mål om 62 procent minskade utsläpp för EU som helhet till 2030. Utsläppsrätterna fasas gradvis ut och upphör 2039 enligt nuvarande regelverk, men en översynsklausul finns.[18] Förordning EU 2023/2405 om säkerställande av lika villkor för hållbar lufttransport (i fortsättningen ”RefuelEU Aviation”) innebär att flygbränsleleverantörer vid EU-flygplatser stegvis måste öka inblandningen av hållbara bränslen till 70 procent år 2050. Separata mål för tillgång till elförsörjning på flygplatser finns för 2025 och 2030 enligt AFIR.

Utöver specifik lagstiftning för trafikslagen innehåller EU:s 55 %-paket övergripande regelverk för förnybara drivmedel, energieffektivitet och ett övergripande utsläppsmål för den icke-handlande sektorn. För transportsektorn får medlemsländerna välja mellan att antingen uppnå –14,5 procent utsläppsintensitet för drivmedel eller att uppnå 29 procent andel förnybar energi som helhet. Andelen avancerade biodrivmedel och förnybara drivmedel av icke-biologiskt ursprung ska öka till 5,5 procent år 2030, med minst 1 procent andel förnybara drivmedel av icke-biologiskt ursprung (mestadels vätgas).

Sammantaget innebär EU:s 55 %-paket en tydlig drivkraft för storskalig elektrifiering, som med olika kompletterande fossilfria drivmedel tillsammans ska leda till klimatneutralitet.

2.5 På väg mot elektrifiering – summering

Detta kapitel har översiktligt beskrivit förutsättningar som har betydelse för omställningstakten respektive för vägval när det gäller tekniska lösningar. Detta har betydelse för vilka konsekvenser som uppstår av en storskalig elektrifiering. Här följer en övergripande summering av förutsättningar och faktorer att beakta:

- Det samspel som sker mellan megatrender, styrmedel och tekniker i existerande system samt mognadsgraden för ny teknik påverkar hur omställningen sker.
- Tydliga mål och långsiktiga styrmedel som leder till en storskalig elektrifiering finns redan idag på plats, framför allt genom EU:s 55 %-paket, men också teknik för att elektrifiera vägtransporterna i stor skala. Plötsliga störningar och nya trender kan

[18] Naturvårdsverket (2023). Analys av EU:s klimatmål och klimatramverk till 2040, www.naturvardsverket.se/4aceca/contentassets/f1821fc959934673bbc1f2578f9f2325/skrivelse-redodvisning-eu-till-rk.pdf

dock göra att teknikvalen skiljer sig ifrån det som samhället inledningsvis planerade för.

- Det är angeläget att ta tillvara lärdomar från tidigare omställningar och erfarenheter som uppstår allteftersom elektrifieringen fortskrider. Erfarenheten lär oss att genomförandet inte kommer att ske samtidigt överallt, utan konsekvenser kommer att uppstå i olika takt sett ur ett nationellt, regionalt respektive lokalt perspektiv, men även för olika delar av befolkningen.

3 Aktörer och system i nuläget jämfört med 2045

Hur omfattande är en storskalig elektrifiering av transportsektorn? Vad kommer den att innebära för samhället? För att först kvantifiera storleken på den omställning vi har framför oss redovisar vi några bedömningar av vägfordonsflottans framtida elektrifiering.

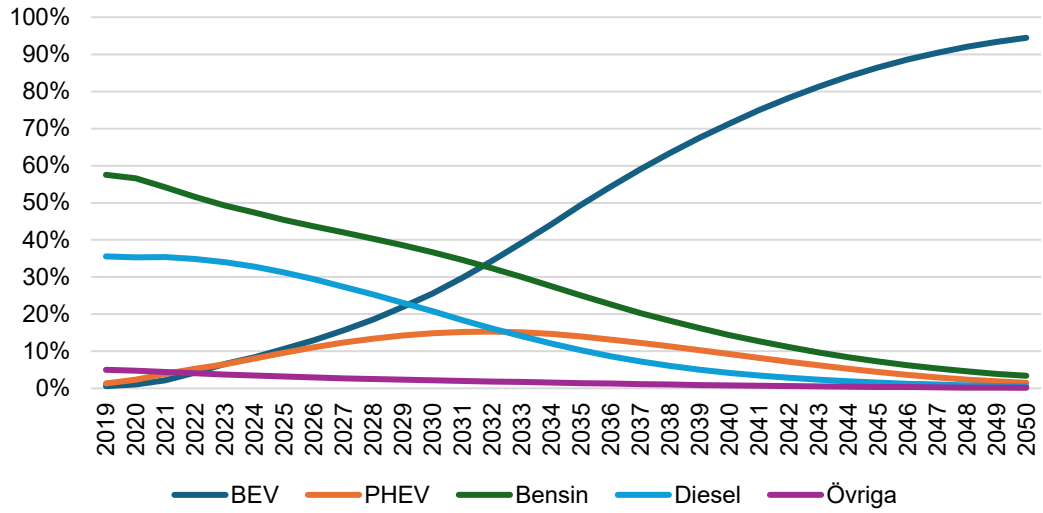
I syfte att identifiera möjliga konsekvenser av en storskalig elektrifiering av transportsektorn har Trafikanalys därefter genomfört en övergripande kartläggning av dagens transportsystem och en bedömning av hur elektrifieringen ser ut år 2045 för vägtrafik, sjö- respektive luftfart. I de kommande kapitlen 4–6 fördjupar vi sedan analysen av några utvalda områden: drivmedel idag och i framtiden, framtida kostnader för transportsystems användare samt markanvändning, elnät och beredskap.

3.1 Vägtrafiken ställer om

I detta avsnitt illustrerar vi hur omställningen kan komma att se ut till 2050 genom att presentera Trafikverkets bedömning av utvecklingen för personbilar, tunga och lätta lastbilar samt stads- och långfärdsbussar.[19] En regional fördelning av personbilsflottans utveckling till 2050 har inkluderats i avsnitt 5.3 för att tydliggöra olika styrmedels effekt på möjliga utfall av omställningen.

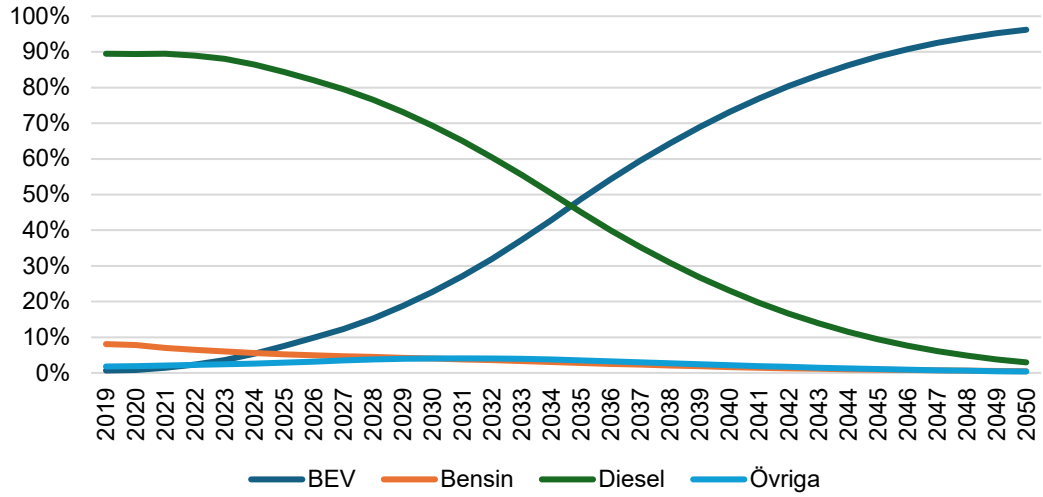
Trafikverket bedömer (Figur 3.1) att personbilsflottan år 2050 består av drygt 6,2 miljoner fordon. De flesta av dessa fordon kommer att vara batterielektriska (BEV). Det är dock först kring mitten av 2030-talet som andelen batterielektriska fordon kommer att överstiga andelen bensin- och dieselfordon i den befintliga flottan. Detta förväntas ske ungefär samtidigt som laddhybriderna (PHEV) når sitt maximum. PHEV kommer därefter, enligt bedömningen, att fasas ut fram till 2050.

[19] Att göra långsiktiga prognoser är svårt. Trafikverket anger i sin dokumentation att ”Scenarierna som beskrivs här utgår inte från resultat från modellkörningar utan är i hög grad expertbedömningar. Det finns visserligen olika modeller för personbilar, men deras användbarhet begränsas av bristen på effektsamband. För lätta lastbilar och tunga fordon saknas i princip helt modeller”. Det innebär att resultaten som presenteras nedan bör betraktas med försiktighet och behandlas som att de representerar en sammanvägd bedömning av hur utfallet kan tänkas bli givet aktuella styrmedel. Se "Omsättningsverktyget ref 2024-05-15”, Trafikverket (2024). Basprognoser, https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/trafikprognoser-och-trafikanalyser/Kort-om-trafikprognoser/



Figur 3.1 Utveckling av personbilsflottan, per drivmedel 2019–2050.
Källa: Trafikverket "Omsättningsverktyget ref_2024-05-15"
Anm.: BEV = batterielektrisk; PHEV = laddhybrider; Övriga = alla övriga personbilar

Dagens dominans av lätta lastbilar med dieseldrift väntas över tid att ersättas med motsvarande dominans av elfordon (BEV), se Figur 3.2. Bensin och övriga drivmedel väntas fasas ut över tid.

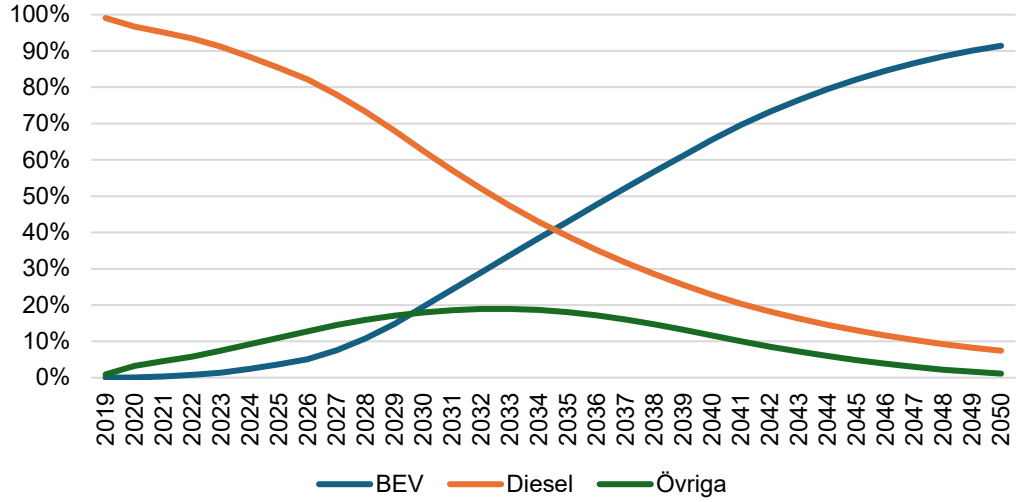


Figur 3.2. Andel lätta lastbilar per drivmedel 2019–2050.
Källa: Trafikverket "Omsättningsverktyget ref_2024-05-15"
Anm: BEV = batterielektrisk.

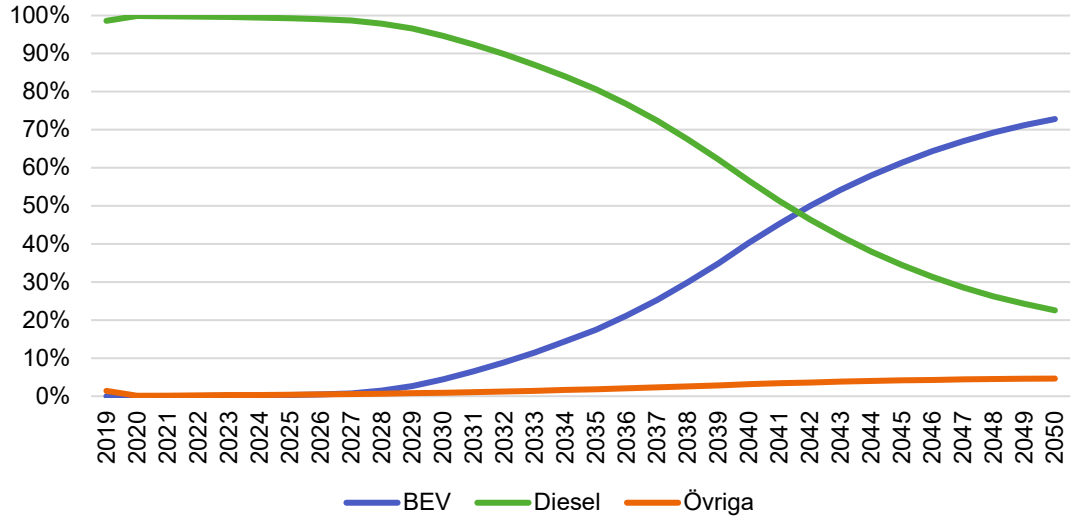
Tyngre lastbilar delas upp i lastbilar för distributionstrafik och lastbilar som används för långväga trafik. På samma sätt som för lätta lastbilar väntas dieseldrift över tid ersättas med eldrift. Brytpunkten mot diesel väntas ske cirka 2035 för distributionstrafiken (Figur 3.3) och kring 2040 för den långväga trafiken (Figur 3.4). Övriga drivmedel, såsom CNG och LNG[20], förutspås öka till 2035 för att därefter fasas ut för distributionstrafiken medan de väntas växa

[20] CNG (Compressed Natural Gas), LNG (Liquified Natural Gas).

över tid för den tunga långväga trafiken och väntas ha en andel på cirka 5 procent av fordonen 2050.

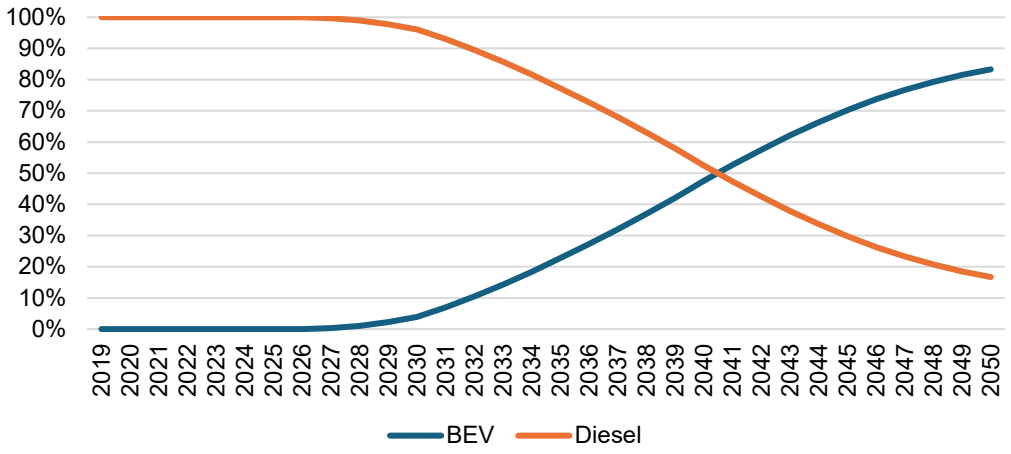


Figur 3.3. Andel tunga lastbilar (distributionstrafik) per drivmedel 2019–2050.
Källa: Trafikverket "Omsättningsverktyget ref_2024-05-15"
Anm: BEV = batterielektrisk



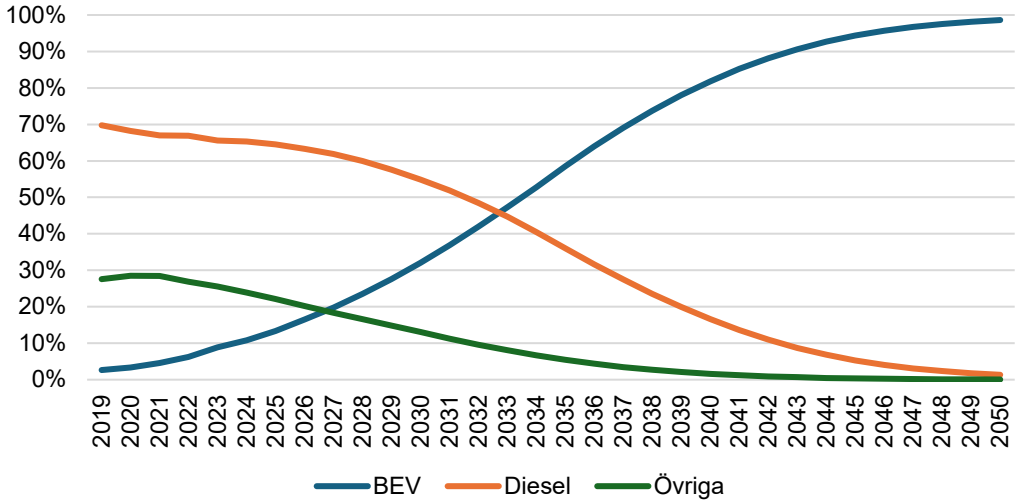
Figur 3.4. Andel tunga lastbilar (långdistans) per drivmedel 2019–2050.
Källa: Trafikverket "Omsättningsverktyget ref_2024-05-15"
Anm: BEV = batterielektrisk.

Även bussar i långväga trafik förväntas enligt Trafikverkets basprognos ställa om från diesel till eldrift. Omställningen är inte fullständig 2050 utan omkring 80 procent av fordonen går då på el (Figur 3.5).



Figur 3.5. Andel bussar (långdistans) per drivmedel 2019–2050.
Källa: Trafikverket "Omsättningsverktyget ref_2024-05-15"
Anm: BEV = batterielektrisk

Omställningen av stadsbussarna går betydligt fortare (Figur 3.6). Redan i början av 2030-talet väntas elbuss vara den vanligaste typen av buss. Såväl diesel som övriga drivmedel förväntas minska kontinuerligt fram till 2050.



Figur 3.6. Andel bussar (stadstrafik) per drivmedel 2019–2050.
Källa: Trafikverket "Omsättningsverktyget ref_2024-05-15"
Anm: BEV = batterielektrisk

I kommande avsnitt har vi kartlagt vad omställningen till en storskaligt elektrifierad transportsektor kan innebära för dagens aktörer och system, men diskuterar även vilka aktörer och system som förväntas finnas år 2045.

3.2 Hur har vi gjort kartläggningen?

Att rikta blicken mot 2045 är ett sätt att tänka friare kring hur det kan se ut när elektrifieringen har blivit storskalig. Det kommer att hända mycket längs vägen och exakt vilken väg som utvecklingen kommer att ta vet vi inte idag. En kartläggning och jämförelse mellan nuläge och

2045 ger oss ändå en bild av inom vilka områden i samhället som det sannolikt kommer att ske större förändringar.

I kommande avsnitt redovisas resultatet av kartläggningen uppdelat på vägtrafik, sjö- respektive luftfart. Kartläggningen har utgått från det som utgör transportsystemets centrala delar i form av infrastruktur, fordon/farkoster och drivmedel samt tillhörande stödtjänster till dessa. Dagens aktörer och system för vägtrafik, sjöfart och luftfart har kartlagts genom att följa transportsystemets centrala delar bakåt i tillverkningskedjan och med hänsyn till vad som händer efter att de är uttjänta. Utifrån detta har områden för konsekvenser identifierats. Eftersom järnvägstrafiken i huvudsak redan är elektrifierad[21] har järnvägen inte varit föremål för en egen kartläggning.

Även kartläggningen för 2045 utgick från ovan nämnda systemgränser och avgränsningar. Resultaten beskriver aktörer och system som sannolikt kommer att vara centrala år 2045 och vilka stödtjänster som bedöms vara aktuella. Utifrån detta har områden för konsekvenser ringats in baserat på hur transportsystemet kan tänkas se ut år 2045. Detta steg inleddes genom att besvara några vägledande frågor, som stöd för beskrivningen av det framtida transportsystemet:

1) Vilken tillgänglig ny teknik finns som är i bruk?
2) Vilka lösningar finns i samhället kring den tillgängliga och nya tekniken?
3) Vilka tekniker finns som ”prototyper” men ännu inte i full skala?
4) Vilka centrala styrmedel finns som påverkar de centrala delarna av transportsystemet?
5) Vad är särskilt viktigt när det gäller markanvändning, elnät och beredskap?
6) Finns det skillnader nationellt, regionalt, lokalt?

Med ”lösningar i samhället” avses till exempel olika digitaliserade lösningar i form av appar och plattformar för till exempel bilpooler och annan fordonsdelning, sätt för överflyttning mellan trafikslag, ändrade beteenden eller annat som har betydelse för utformningen av transport-systemen. Flera av de centrala styrmedel som kommer att påverka utvecklingen finns inom EU:s 55 %-paket.[22]

I arbetet med kartläggningen och aktörskartorna har inte några ”andelar” för förekomsten av olika parallella tekniker satts. Detta är särskilt viktigt att ha med sig när det gäller beskrivningen av utveckling inom sjöfart och luftfart.

3.3 Vägtrafikens aktörer och system

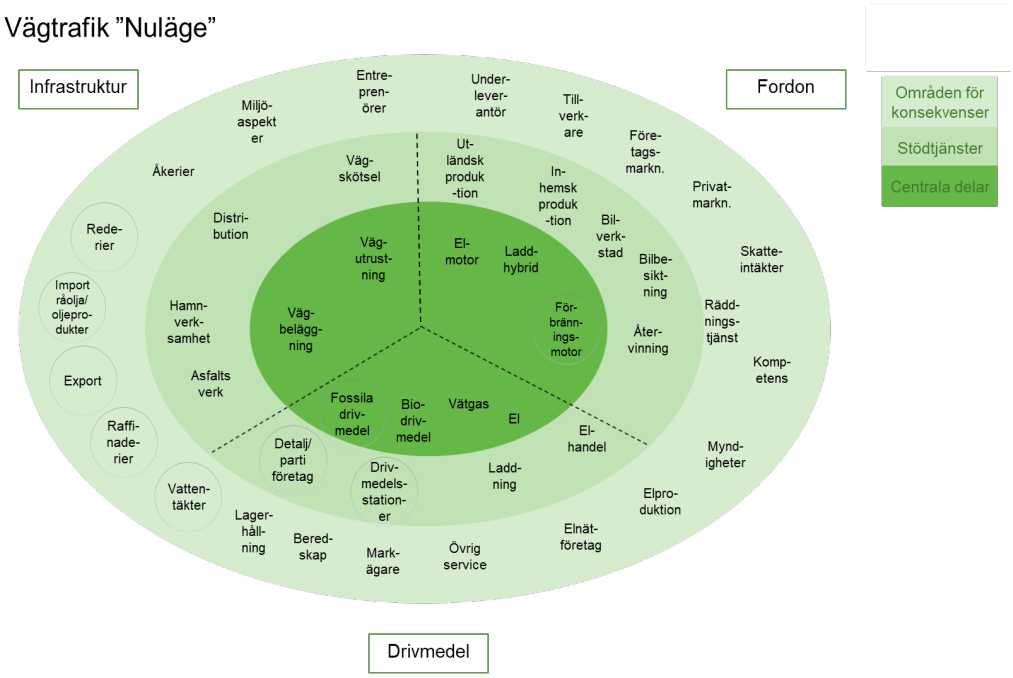
Avsnittet inleds med en beskrivning av resultatet från den systematiska kartläggningen av dagens aktörer och system för vägtrafik. Därefter följer motsvarande beskrivning av presumtiva aktörer och system år 2045.

Aktörskartor vägtrafik

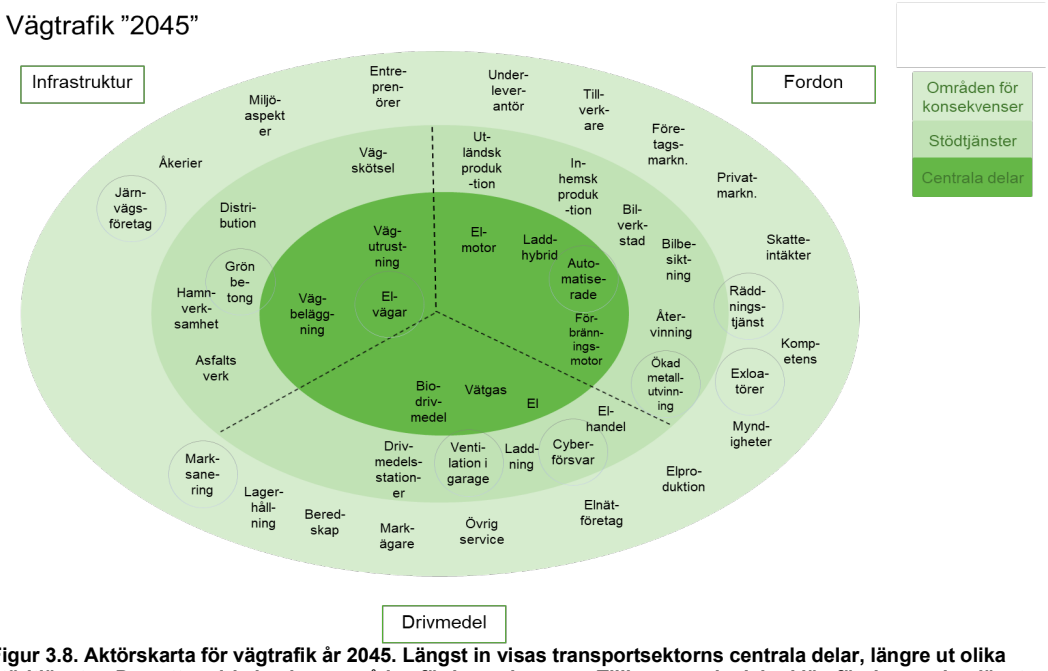
En översiktlig bild av dagens vägtransportsystems centrala delar, tillsammans med viktiga stödtjänster och områden för konsekvenser ges i Figur 3.7 och motsvarande bild för år 2045

[21] År 2023 var 96 procent av trafiken mätt i tågkilometer elektrifierad (Trafikanalys Bantrafik 2023).
[22] Europeiska kommissionen (2021). 55 %-paketet (”Fit for 55”): nå EU:s klimatmål 2030 för klimatneutralitet, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550

ges i Figur 3.8. Områden i den yttre cirkeln hänger i bägge bilderna ihop med flera av de centrala delarna. I kommande avsnitt ges en utförligare beskrivning av olika delar av aktörskartorna.



Figur 3.7. Aktörskarta för vägtrafik sett i ett nulägesperspektiv. Längst in visas transportsektorns centrala delar, längre ut olika stödtjänster. Den yttre cirkeln visar områden för konsekvenser. Delar där mycket stora förändringar kommer att ske är markerade med en svag ring.



Figur 3.8. Aktörskarta för vägtrafik år 2045. Längst in visas transportsektorns centrala delar, längre ut olika stödtjänster. Den yttre cirkeln visar områden för konsekvenser. Tillkommande delar i jämförelse med nuläget är markerade med en svag ring.

Vägtrafikens infrastruktur och dess stödtjänster

Infrastruktur handlar i detta sammanhang om vägbeläggning, tunnlar och broar samt vägutrustning. Det svenska vägnätet består av 98 500 km statliga vägar, 41 600 km kommunala gator och vägar, 76 300 km enskilda vägar med statsbidrag samt ett mycket stort antal enskilda vägar utan statsbidrag varav de flesta är så kallade skogsbilvägar. Cirka 19 300 kilometer av de statliga vägarna är grusvägar.[23]

Kostnaderna för nybyggnation och underhåll av infrastrukturen kan komma att påverkas av omställningen till fossilfri betong och asfalt.[24]

Batteriernas tyngd gör att eldrivna vägfordon är tyngre än motsvarande fordon med förbränningsmotor. Om bilden är densamma år 2045 kommer förmodligen slitaget på vägarna att öka vilket också kan bidra till ökade underhållskostnader. Den parallella utvecklingen av självkörande bilar kan komma att ställa ökade krav på vägarnas skötsel.

Om elvägar blir en teknik som etableras kan det, beroende på utformning, få en stor påverkan på infrastrukturen. Det är i nuläget oklart om och hur elvägar kommer att få genomslag. Trafikverket skriver i inriktningsunderlaget att en större utbyggnad av elvägar kan vara på plats tidigast 2035 och att det i så fall kommer att få relativt stor påverkan på medelstilldelningen i kommande plan.[25]

Elvägar har i dagsläget testats på fyra platser i Sverige.[26] Här kan man tänka sig att utveckling av elvägar kan ske på utvalda transportsträckor i ett systemupplägg, eller att denna teknik har fått ett bredare genomslag. Tekniken för laddning på elvägar kan antingen vara induktiv (trådlös) eller konduktiv (direktkontakt mellan fordon och teknik). Den induktiva tekniken har fördelar som gör att den enkel att använda även på parkeringsplatser och flera försök pågår för att utveckla tekniken.[27] Elvägar behöver kompletterande material och tillgång till el. De kräver också att teknik finns för en större andel fordon och som enkelt kan implementeras. Även om ett batterifordon endast behöver måttlig anpassning, kan det behövas ett större nät av elvägar för att detta ska bli intressant för fordonstillverkare och användare.[28] Sådant som kräver att utvecklingen av både infrastruktur och fordon ska samverka gör omställningen svårare, det vill säga tar längre tid, inte minst med tanke på internationella standarder. Det kan också uppstå nya satsningar på järnväg, till exempel i samband med industrisatsningar i norra Sverige, som kan ha viss konkurrerande verkan på utvecklingen av elvägar när det gäller finansiering.

När mindre mängder fossilt drivmedel transporteras i tankbilar på vägarna minskar risken för förorening av vattentäkter från eventuellt läckage vid trafikolyckor.

---

[23] Trafikverket (2017). Sveriges vägnät, https://web.archive.org/web/20170804052435/https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/vag/Sveriges-vagnat/
[24] Vi Bilägare (2024), Här är nya ”hållbara” asfalten: ”Första testet i vinter”, www.vibilagare.se/nyheter/har-ar-nya-hallbara-asfalten-forsta-testet-i-vinter
[25] Trafikverket (2024). Inriktningsunderlag för infrastrukturplaneringen, För perioden 2026–2037, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1827847/FULLTEXT01.pdf
[26] Larsson (2024), Elvägar del 1. Bakgrund och status, https://omev.se/2024/02/06/elvagar-del-1-bakgrund-och-status/
[27] Vattenfall (2017). Frihet ladda elbil utan sladd, https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/nyheter/2017/frihet-ladda-elbil-utan-sladd
[28] Larsson (2024). Elvägar del 2. Funderingar om framtiden, https://omev.se/2024/02/07/elvagar-del-2-funderingar-om-framtiden/

Vägfordon och dess stödtjänster

Omställningen till en i huvudsak elektrifierad *vägfordonsflotta* kommer att få konsvenser för många olika aktörer engagerade i till exempel tillverkning, service och återvinning, men i förlängningen även frågor som rör försäljningsmönster, skatteintäkter och myndighets-utövning.

I slutet av år 2023 fanns det runt 5,7 miljoner motordrivna fordon i trafik i Sverige varav nära 5 miljoner personbilar, drygt 600 000 lätta lastbilar, 85 000 tunga lastbilar och 14 000 bussar. Dessutom fanns det också 315 000 motorcyklar och 240 000 klass 1-mopeder.[29] Som framgått av avsnitt 3.1 kommer enligt Trafikverkets bedömning antalet personbilar att öka till cirka 6,2 miljoner år 2050, varav drygt 90 procent väntas vara elbilar. Även för de övriga fordonskategorierna väntas antalet fordon öka.

Lite förenklat kan sägas att knappt sex miljoner fordon med förbränningsmotor ska ersättas av cirka sju miljoner elfordon. Vad som kommer att hända med de fordon som ska ersättas, dvs. hur de kommer att fördelas mellan skrotning och export till andra länder, är oklart. Med dagens nivåer på skrotning och export kan vi konstatera att det inte krävs någon ökad omfattning i denna verksamhet för att utbytet av fordonsflottan ska kunna ske. En ökande andel av de fordon som skrotas kommer dock att vara elbilar, vilket ställer krav på ny kompetens i branschen. I batteriförordningen som ska börja tillämpas i augusti 2025 införs ett producentansvar för bland annat elfordonsbatterier. Producentansvaret innebär att den som först sätter batteriet på marknaden får ett ansvar att ta hand om det när det inte längre används.[30]

Omställningen väntas påverka frekvensen på bilservice och utbildningen av mekaniker. Bilverkstäder ska i huvudsak kunna hantera elfordon, vilket minskar behovet av traditionellt utbildade mekaniker och ökar behovet av kompetens att hantera elfordon. Fordonens behov av service väntas också minska då elbilar i regel kräver mindre löpande underhåll. Även inom andra områden behöver kompetensen stärkas för att kunna hantera elfordon, till exempel behöver räddningstjänsten kunna hantera olyckor med elfordon där det finns risker för gasutveckling eller kontakt med högspänning.[31]

Säkerhet i samband med bilbränder när förekomsten av litiumbatterier ökar är en fråga som fått viss uppmärksamhet. Riktlinjer för hantering av brand finns redan idag framtagna.[32] Inget talar för att ett elfordon har sämre brandsäkerhet än ett konventionellt bränsledrivet fordon. Vid tester framkommer att den största skillnaden när ett litiumbatteri brinner är utveckling av väteflourid.[33] Vid en storskalig elektrifiering kan detta komma att ställa högre krav på ventilation i tunnlar och garage, men om detta finns så upprätthålls säkerheten vid brand. Byggstandarder kan därför behöva anpassas.

Brand- och tankbilar är en annan fråga. Både vid hantering och transport av bränsle finns risk för utveckling av statisk elektricitet som sedan kan orsaka explosion.[34] Denna risk finns

[29] Trafikanalys (2024). Fordon på väg, www.trafa.se/vagtrafik/fordon/
[30] Naturvårdsverket (2024). Producentansvar för batterier - nya regler från 2025, www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/producentansvar/producentansvar-for-batterier---nya-regler-fran-2025/
[31] MSB (2024). Räddningsinsats där litiumjonbatterier förekommer, https://rib.msb.se/filer/pdf/30732.pdf
[32] MSB (2024). Batterier – hantering, brand, olyckor, www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/raddningstjanst-och-raddningsinsatser/batterier---hantering-brand-och-olyckor/
[33] MSB (2020). Elektriska fordon och räddning. En inhämtning av erfarenheter från fältet och rekommenderade arbetssätt, https://rib.msb.se/Filer/pdf/29074.pdf
[34] Eaglestar (2024), Hur man förhindrar statisk elektricitet från tankbilar, https://se.egfueldispenser.com/info/how-to-prevent-static-electricity-from-tank-tr-62689350.html

oavsett drivmedel. En minskad användning av fossila drivmedel bör minska förekomsten av tankbilar och därmed minska denna risk.

Försäljnings- och användningsmönster för bilar kan också komma att förändras. Elektrifieringen sker samtidigt som en utveckling av avancerade förarstödsystem och självkörande fordon pågår. Mer avancerad teknik i fordonen kan leda till ökade kostnader samtidigt som tekniken möjliggör andra sätt att disponera ett fordon, till exempel via delning eller förarlösa taxitjänster. Det här kan leda till förändringar i allt ifrån finansiering, företags- respektive privatmarknad, leasing eller köp och andrahandsmarknad.

Elektrifiering av tunga fordon är en stor investering för företagen. Detta driver på utveckling av nya lösningar och effektivisering av processer.[35] Några exempel vi ser redan idag är automatisering av lager, att logistikföretag utvecklar sina egna åkerier, dynamisk rutt-optimering, ökad användning av fordonen under dygnet med leveranser även nattetid samt egna laddstationer för laddning vid lastning och lossning av gods. Nya affärsupplägg[36] och samarbeten mellan företag kring laddning av fordon initieras också.[37]

De eldrivna fordonens batterier väntas i framtiden genom dubbelriktad laddning[38] spela en viktig roll i elnätets funktion genom att bidra med olika stödtjänster, se även avsnitt 6.2.[39]

Fordonsindustrin och dess underleverantörer sysselsätter idag cirka 166 000 personer och är Sverige största exportnäring.[40] I Europa beräknas cirka 6 procent av arbetskraften direkt eller indirekt arbeta inom bilindustrin.[41] Introduktionen av elbilar på världsmarknaden har inneburit

[35] Martin&servera (2024). Stora kliv mot en fossilfri fordonsflotta, www.martinservera.se/martin-servera-gruppen/nyheter/martin-servera-logistik-investerar-mot-100-procent-fossilfri-distribution
[36] Scania (2024). Scania etablerar bolag för laddlösningar, www.scania.com/se/sv/home/newsroom/press-releases/press-release-detail-page.html/4845306-scania-etablerar-bolag-for-laddlosningar
[37] Dagens infrastruktur (2024). Paulig och Einride samarbetar för omställning till elektrifierade transporter, www.dagensinfrastruktur.se/2024/09/05/paulig-och-einride-samarbetar-for-omstallning-till-elektrifierade-transporter/
[38] Brukar ofta kallas Vehicle to grid.
[39] Power circle (2024). Vad är V2G - Vehicle to Grid? https://powercircle.org/v2g.pdf
[40] Mobility Sweden (2024). Om fordonsindustrin, https://mobilitysweden.se/kontakt/om-fordonsindustrin
[41] https://teknikensvarld.expressen.se/nyheter/bilbranschen/bilindustrin-i-eu-en-vinstmaskin/

att Kina blivit världens ledande land för produktion av elbilar.[42] Det här upplevs som ett hot för Europas bilindustri och EU har infört strafftullar för kinesiska elbilar med motiveringen att produktionen av elbilar sker med stora statliga stöd.[43]

Kina har också ett stort försprång när det gäller produktionskapacitet av batterier till bilarna. Kinesiska företag står för drygt 70 procent av den samlade produktionskapaciteten och inkluderas övriga länder i Asien har de tillsammans en produktionskapacitet på 99 procent.[44]

Det sker också en ekonomisk utveckling i övriga världen som kommer att förändra den globala ekonomiska världsordningen. Indiens ekonomi har vuxit snabbt och är nu världens femte största ekonomi och landet har ambitiösa mål att utveckla tillverkning av batterier och elfordon.[45] Även länderna i Afrika och Latinamerika utvecklas ekonomiskt och nya intresse- och handelsmönster uppstår som inte utgår från de etablerade mönstren.[46]

När tillverkningen övergår till i huvudsak elektrifierade fordon kan den utveckling som beskrivits ovan påverka var tillverkningen sker och därmed också handels- och transportmönster både globalt och nationellt.

Drivmedel och dess stödtjänster

Vägtrafikens energianvändning uppgick år 2022 till 73 TWh, varav 51 TWh var fossil bensin och diesel, 21 TWh biodrivmedel och 1 TWh el.[47] Den kraftigt reducerade hanteringen av drivmedel kommer att påverka flera stödtjänster som rör detalj- och partihandel, drivmedelsstationer, laddning och elhandel. Detta kan i sin tur påverka övrig service på drivmedelsstationer till förare och samhället i övrigt.

De som äger mark där det idag finns drivmedelsstationer påverkas i och med att det finns drivmedelstankar i marken som behöver tömmas och eventuella jordmassor saneras. Drivmedelsbolagen har ett gemensamt bolag som hanterar detta.[48]

Omställning av raffinaderier och lager kommer att ha skett med behov av sanering av industrimark.

De nuvarande flödena av råolja och petroleumprodukter kommer i stort sett att upphöra, en fördjupad beskrivning av dessa flöden ges i avsnitt 3.4 och 4.2. En osäkerhet i sammanhanget är hur en mer storskalig produktion och distribution av biodrivmedel kommer att se ut. Kommer den ersätta delar av det fossila transportflödet eller kommer helt nya transportmönster att uppstå?

En bedömning är att produktionen av biodrivmedel kommer att ske vid de nuvarande drivmedelsraffinaderierna. Det finns höga kvalitetskrav för drivmedelstillverkning och kontrollerna är kostsamma, vilket talar för en storskalig produktion. Däremot kommer flödena

[42] EY (2023). Sverige faller i global elbilsranking – behöver satsa på laddinfrastruktur, www.ey.com/sv_se/newsroom/2023/09/sverige-pa-plats-fyra-i-ey-s-globala-elbilsindex
[43] Europeiska kommissionen (2023). 2023 State of the Union Address by President von der Leyen, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/speech_23_4426
[44] Dagens nyheter (2024). Så blev Europa överkört av Kina i batteriracet, www.dn.se/ekonomi/sa-blev-europa-overkort-av-kina-i-batteriracet/
[45] Karlström (2024), Indien och batteriproduktion, https://omev.se/2024/02/22/indien-och-batteriproduktion/
[46] Karlström (2024). Globala syd del 1: Westlessness och Kina i Latinamerika, https://omev.se/2024/11/12/globala-syd-del-1-westlessness-och-kina-i-latinamerika/
[47] Totalt användes enligt Trafikverket preliminärt cirka 20,3 TWh biodrivmedel och 1,4 TWh el inom vägtrafiken 2023, se Vägtrafikens utsläpp 2023, https://bransch.trafikverket.se/contentassets/bdc6eaecf796497dbf5720a71e607fd1/pm_vagtrafikens-utslapp-2023.pdf. Energimyndigheten publicerar officiell statistik i december 2024.
[48] Drivkraft Sverige (2024). SPIMFAB, https://drivkraftsverige.se/om-oss/organisation/spimfab/

av bioråvara förmodligen att vara mer småskaliga än de oljebaserade flödena och även innehålla viss förädling av bioråvaran innan den levereras till raffinaderierna.[49]

Med nuvarande skattebaser kommer intäkterna från energi- och koldioxidskatter att påverkas. I avsnitt 5.1 ges en utförligare redovisning av hur dessa påverkas.

När det gäller myndighetsutövning så ser vi att flera förändringar kan uppstå med avseende på tillstånd och tillsyn över verksamheter med nya tekniker.

Vätgas förekommer som drivmedel i viss utsträckning även i nuläget. Ökad användning av vätgas ställer krav på distributionen. Vätgas har egenskaper som gör att det krävs särskild kompetens att transportera, lagra och hantera. Även här kan myndighetsutövningen påverkas, i form av tillsyn i olika delar av kedjan för vätgasanvändning.

Viktigt för markanvändning, elnät och beredskap

Elektrifieringen av transportsystemet kommer att kräva tillgång till mark för att etablera ladd-infrastruktur - det handlar både om att bygga ut infrastruktur på befintlig mark och om att det behövs ny mark för anläggning av infrastruktur. En utmaning kommer sannolikt att handla om laddmöjligheter i tätort, där marktillgången är begränsad. Det kan komma att bli konkurrens om marken mellan transportsektorn och andra sektorer, till exempel livsmedelsproduktion.

När det gäller *elnät* handlar det dels om den övergripande försörjningen och distributionen till användarna och olika lösningar för laddning. Det finns också en tydlig koppling till *beredskap*, med behov av ödrift och lokal produktion nära städer.

Beredskap handlar om att identifiera sårbarheter utifrån det nya samhället. Att lägga mer fokus på cyberförsvar kopplat till elnät och digitalisering kommer att vara en viktig del av beredskapen.[50] En fördjupning av detta finns i kapitel 6.

Skillnader nationellt, regionalt och lokalt

Jämfört med idag kommer tekniker och lösningar troligen att vara mer diversifierade och skilja sig mellan olika geografiska områden. Regioner har en fortsatt viktig roll när det gäller elektrifiering av kollektivtrafik.

Olika kommuner kommer att ha kommit olika långt när det gäller omställningen. Om större städer skulle uppnå en i princip hundraprocentig elektrifiering av personbilarna så kan det innebära att marknaden för bensin och diesel i området minskar kraftigt, kanske redan runt 2030. Det kan då bli svårt att köra i dessa med annat än elbil för tillresande.

Vissa kommuner är nätägare, med olika typer av behov beroende på förekomst av stora industrier och elanvändningen över dygnet.

Kort sammanfattning

Sammanfattningsvis finns områden där konsekvenser kan förväntas uppstå och områden som kan möjliggöra elektrifieringen när det gäller vägtrafiken samlade Tabell 3.1.

[49] Samtal med Drivkraft Sverige den 5 november 2024
[50] RISE (2023). Krafttank används i forskningsprojekt för cybersäkerhet i elnätet, www.ri.se/sv/krafttank-anvands-i-forskningsprojekt-for-cybersakerhet-i-elnatet

Tabell 3.1. En sammanställning av områden för konsekvenser i omställningen till ett elektrifierat transportsystem.

	Vägtrafik
Vad har upphört eller tillkommit?	Användning av förbränningsmotorn, leveranskedjan för fossila drivmedel har nära nog upphört. Tillkommit har automatiserade fordon, ökad metallutvinning, annan vägbeläggning och väghållningsbehov, elvägar, ventilationsbehov, stärkt cyberförsvar och ökade elnätskrav.
Områden för konsekvenser	Konsekvenser rör aktörer inom fossila drivmedelskedjan, sanering, stärkt konkurrenskraft för vägtrafiken, kompetens om hantering av elfordon, nya affärsmodeller, annan arbetsmarknad, viss omlokalisering av trafikflöden, ny modell för beskattning, ökad beredskapshänsyn, nya ansvarsområden för tillstånd och tillsyn.

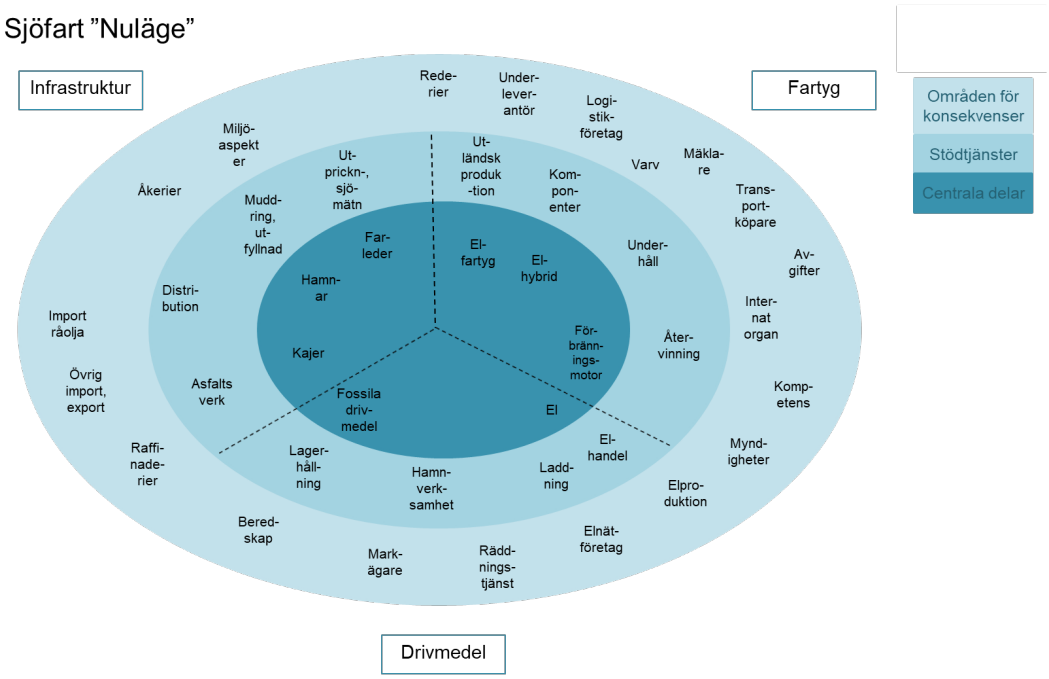
Vi ser att användningen av förbränningsmotorn och leveranskedjan för fossila drivmedel nära nog kommer att upphöra. Vissa förbränningsmotorer kan finnas kvar bland annat av beredskapsskäl och då använda fossilfria bränslen. Det kan tillkomma nya tekniker i form av automatiserade fordon och elvägar. En tidigare omställning till elektrifiering kan komma att stärka konkurrenskraften för vägtrafiken, vilket kan förstärkas av en ökad automatisering, och nya affärsmodeller kan uppstå.

3.4 Sjöfartens aktörer och system

Avsnittet inleds med en beskrivning av resultatet från den systematiska kartläggningen av dagens aktörer och system för sjöfart. Därefter följer motsvarande beskrivning av aktörer och system år 2045.

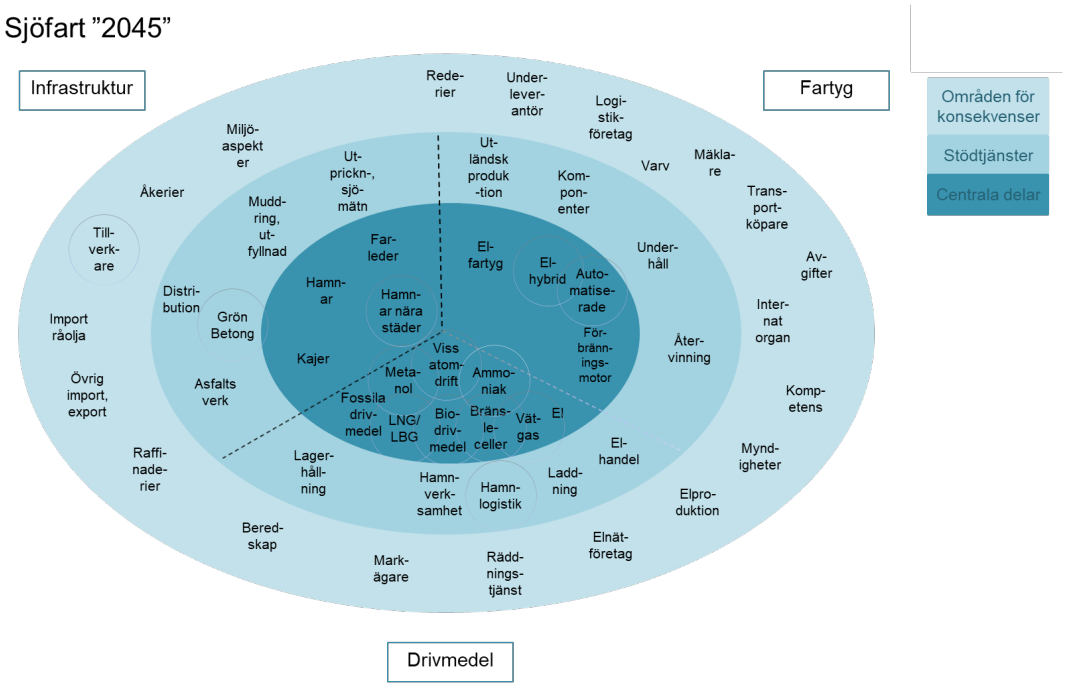
Aktörskartor sjöfart

En översiktlig bild av dagens sjöfarts centrala delar, tillsammans med viktiga stödtjänster och områden för konsekvenser, ges i Figur 3.9 och motsvarande bild för år 2045 ges i Figur 3.10. Områden i den yttre cirkeln hänger i bägge bilderna ihop med flera av de centrala delarna. I kommande avsnitt ges en utförligare beskrivning av olika delar av aktörskartorna.



Drivmedel

Figur 3.9. Aktörskarta för sjöfart sett i ett nulägesperspektiv. Längst in visas transportsektorns centrala delar, längre ut olika stödtjänster. Den yttre cirkeln visar områden för konsekvenser.



Drivmedel

Figur 3.10. Aktörskarta för sjöfart år 2045. Längst in visas transportsektorns centrala delar, längre ut olika stödtjänster. Den yttre cirkeln visar områden för konsekvenser. Tillkommande delar i jämförelse med nuläget är markerad med en svag ring.

Trafikanalys redovisade i december 2022 ett regeringsuppdrag som bland annat behandlade förutsättningarna för ökad elsjöfart.[51] Av redovisningen framgår att endast en bråkdel av världens fartyg var elektrifierade, men att det sker en stadig tillväxt. Vidare konstaterades att potentialen och marknaden för batterielektriska fartyg respektive batterihybridfartyg skiljer sig kraftigt åt. Det är främst inom passagerartrafiken, med sina ofta korta resor och stadiga trafik på samma hamnar, som det finns förutsättningar för batterielektriska fartyg, särskilt om fart-behovet kan hållas nere.

För batterihybridfartyg är däremot flexibiliteten större och där bedöms marknadspotentialen vara hela fartygsflottan eftersom batterier fyller en roll i det totala energisystemet ombord som bidrar till en energieffektivisering och minskad bränsleförbrukning.

Elektrifiering inom sjöfarten kan förutom framdriften av fartygen och strömförsörjning under gång även avse laddning när fartygen ligger vid kaj, så kallad landström. Trafikanalys beräknade 2022 att bara 5 procent av den totala energin som fartyg använder vid kaj i svenska hamnar var landström. Denna del kan antas öka under kommande år med tanke på kraven i AFIR att tillhandahålla landström och kraven i FuelEU Maritime för passagerar- och containerfartyg att använda landströmsförsörjning för alla elbehov när de är förtöjda vid kajen i större EU-hamnar från och med 2030. Enligt gällande regler får hamnar, till skillnad från flygplatser, idag inte sälja el för annans räkning vilket försvårar elöverföringen till fartygen, se vidare avsnitt 6.2.[52]

Sjöfart är en påtagligt internationell verksamhet, vilket är viktigt att beakta när en elektrifiering av transportsektorn i Sverige analyseras. Under år 2023 anlöpte cirka 68 000 fartyg svenska hamnar varav 59 000 i utrikes trafik. Merparten, cirka 75 procent, av anlöpen i utrikes trafik var passagerarfartyg (i huvudsak bilfärjor i linjetrafik) medan andelen passagerarfartyg i inrikes trafik var runt 40 procent.

Sjöfartens infrastruktur och dess stödtjänster

För *infrastrukturen* har delarna kajer, hamnar och farleder urskilts. Viktiga stödtjänster handlar om upprätthållande av dessa.

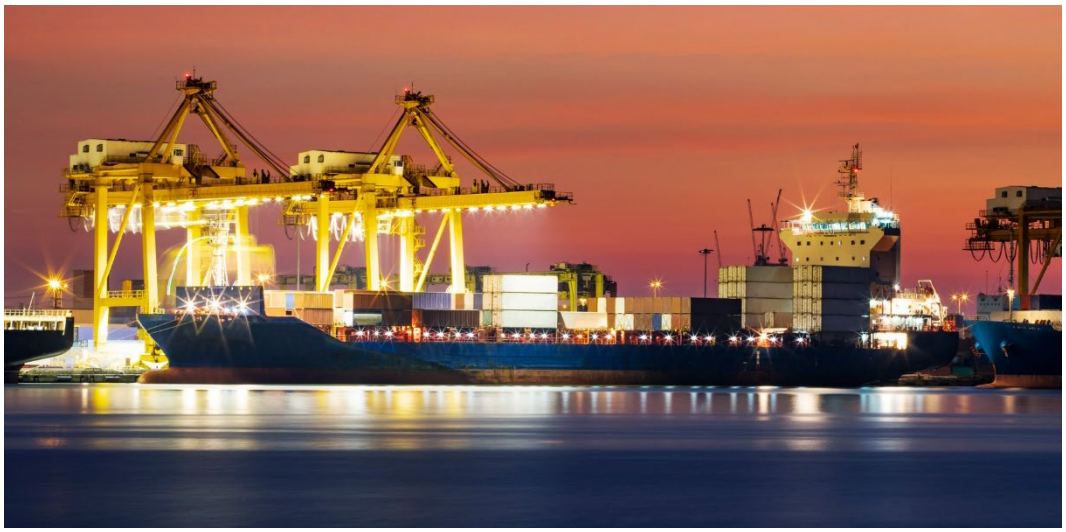
I Sverige finns ett drygt hundratal hamnar, varav ett drygt 50-tal är utpekade som allmänna hamnar[53] och resterande är i huvudsak privata industrihamnar som ägs och används av enskilda företag. Det finns i dagsläget tre huvudsakliga importhamnar för råolja. Därutöver finns det också 30–40 hamnar som lastar och lossar petroleumprodukter över kaj, varav de allra flesta är väldigt små. Över 4 000 tankfartyg ankommer eller avgår årligen till och från svenska hamnar med råolja eller petroleumprodukter.[54]

När det gäller sjötransporter finns ett tydligt samband mellan transportsektorns användning av fossila drivmedel och påverkan på sjöfarten, eftersom införseln till Sverige sker med sjöfart. Dagens transportflöde av petroleum skapas framför allt av drivmedelsbehoven inom

[51] Trafikanalys (2022). Förutsättningar och styrmedel för ökad elsjöfart, www.trafa.se/globalassets/rapporter/2022/rapport-2022_17-forutsattningar-och-styrmedel-for-okad-elsjofart.pdf
[52] Trafikanalys (2022). Förutsättningar och styrmedel för ökad elsjöfart, www.trafa.se/globalassets/rapporter/2022/rapport-2022_17-forutsattningar-och-styrmedel-for-okad-elsjofart.pdf
[53] En allmän hamn har en skyldighet att ta emot de fartyg som vill anlöpa under förutsättning att det finns plats i hamnen. Naturvårdsverket (2024). Vägledning om hamnverksamhet, www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/branscher-och-verksamheter/hamnar/#E976174690
[54] Trafikanalys (2024). Sjötrafik, www.trafa.se/sjofart/sjotrafik/

vägtrafiken. Därför hänger storskalig elektrifiering ihop med efterfrågan på sjötransporter, som även påverkar förutsättningarna för sjöfartens infrastruktur. För en fördjupning, se avsnitt 4.2.

Om sjötransporterna minskar kan även behovet av underhåll såsom muddring, utprickning, hantering av utfyllnadsmassor och sjömätning i farleder som inte längre nyttjas i vissa fall minska. Även underhållsbehov i hamnarna kan minska till följd av minskade transporter och förändrade transportmönster.



Minskade transporter av fossila produkter innebär lägre intäkter för sjöfartsnäringen och till Sjöfartsverket från farleds- och lotsavgifter och minskade hamnavgifter till de berörda hamnarna. Avgifterna används för att finansiera sjöfartens infrastruktur. Å andra sidan kan det komma att bli mer sjötransporter med fossilfria bränslen i stället, som biogas, vätgas och metanol. År 2045 kommer det sannolikt fortfarande att finnas en flora av fartygstyper som drivs av olika drivmedel. Det behövs därför infrastruktur i hamnarna för olika drivmedel, dels för el, dels för flytande bränslen av olika slag, inklusive flytande gas (som LBG eller flytande ammoniak eller flytande vätgas/hydrogen). Den parallella användningen av olika drivmedel ställer ökade krav på hamnlogistiken.

Sjöfartens fartyg och dess stödtjänster

Till området *fartyg* hör delarna elfartyg, elhybrid och förbränningsmotor. Vi fokuserar här på stödtjänster för elsjöfart, men som vi nämnt kommer fartyg med andra drivmedel också finnas långt in i framtiden. Viktiga stödtjänster för elsjöfart rör tillverkning, underhåll och återvinning av såväl fartyg som batterier och laddstationer.

Idag tillverkas ofta fartyg på varv utomlands och utanför Europa, som i Korea, Kina och andra asiatiska länder. Många företag i Europa tillverkar bland annat batterier och elkomponenter till fartygen, till exempel ABB och Siemens. Europa vill minska sitt beroende av batterimineraler från Asien och satsar på en större europeisk marknad för elfordon inklusive elfartyg. Volvo Penta har tillverkning på flera platser i Sverige och finska Wärtsilä tillverkar bland annat fartygsmotorer. Nederländerna och Norge är framgångsrika på elfartygssidan och har flera underleverantörer och serviceföretag. Nederländerna har också några av Europas största hamnar med den bränslelogistik som det medför.

Hur en ökad elektrifiering av sjöfarten kommer att påverka var varvsverksamhet bedrivs går inte att säga, men blir en viktig fråga att följa. Varven utgör en viktig del för en fungerande

sjöfart. Stödtjänster till denna omfattar motortillverkning och när det gäller distribution berörs mäklare och rederier. Vid reparationsvarven handlar det om metall- och elarbeten. Elarbeten och batterier kräver ny kompetens hos varvsarbetare och reparatörer, vilket märks redan nu.

Idag konverteras en del fartyg till att drivas med andra drivmedel, till exempel el eller metanol. Dessa konverteringar görs bland annat i Sverige och certifieras då av Transportstyrelsen. Norge har i högre utsträckning än i Sverige satsat på nya elfartyg, medan svenska företag snarare har satsat på konvertering av gamla fartyg till eldrift.

Inom sjöfarten kan en ökad tillgång på el göra att användning av eldrivna drönare ökar, till exempel undervattensdrönare för kartering eller sökning (forskning sker till exempel inom marina system på KTH).[55] Även spaningsdrönare för bevakning eller för rekognosering vid till exempel isbrytning eller annan ruttplanering kan komma att öka.

Det kommer sannolikt att finnas ett större utbud av fartyg med bärplansteknik, till exempel mindre passagerarfartyg. Dessa drivs sannolikt främst med el, men skulle kunna drivas med mer utrymmeseffektiva bränslen som gas. Som nämnts ovan har linjetrafik med frekventa anlöp förutsättningar för eldrift.

Över lag behöver kompetensen att hantera el och batterier behöva öka när det gäller säkerhet och framdrift. Det kan inkludera både besättning, reparatörer, inspektörer med flera.

Transportstyrelsen ansvarar för diplomering och test av fartyg och förare, och de uppdaterar sin kompetens löpande. Transportstyrelsen delegerar också delar av detta arbete till så kallade klassningssällskap som DNV, Lloyds med flera.

Sjöfartens drivmedel och dess stödtjänster

För *drivmedel* inom sjöfart handlar det om flytande bränslen och el. Här fokuserar vi på el som drivmedel. Lagerhållning (energilager som batterier eller vätgas för bränsleceller), hamn-verksamhet och -logistik, laddning och elnät är viktiga stödtjänster.

Sjöfartens energianvändning i inrikes trafik uppgick år 2022 till 2 TWh där nästan allt bestod av fossila drivmedel.[56]

Av olika skäl väljer fartygsägare ofta att bygga fartyg med minst två olika drivlinor, dvs. hybrid-fartyg. Detta kan vara till fördel för fartygets verksamhet, eller för att möta olika miljökrav i olika vatten.

Fartygens behov av land- och laddström varierar kraftigt mellan olika fartygstyper och storlekar. För stora kryssningsfartyg kan effektbehovet för laddström uppgå till 10 MW.[57] I händelse av att flera större fartyg, med behov av både land- och laddström, ligger i hamn samtidigt kommer höga effektbehovstoppar att uppstå. Här kan det krävas styrning av trafiken baserat på effekttillgång.

En studie av Sweco pekar på hög framtida efterfrågan på e-bränslen för sjöfarten, som e-metanol, dvs. metanol som tillverkas med el, helst grön el.[58]

[55] KTH (2023). Marina system, www.kth.se/tekmek/forskargrupper/marina-system/marina-system-1.1238191
[56] Energimyndigheten (2024). Energianvändning i transportsektorn, https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Energimyndighetens_statistikdatabas/
[57] Trafikanalys (2022). Förutsättningar och styrmedel för ökad elsjöfart, www.trafa.se/globalassets/rapporter/2022/rapport-2022_17-forutsattningar-och-styrmedel-for-okad-elsjofart.pdf
[58] Sweco (2024), Transportsektoranalys 2024, www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/rapporter/5hqwk2_transportanalys_2024_webb_79_pdf_1213857.html/Transportanalys_2024_webb_79__1.pdf

Redan idag byggs elinfrastruktur ut för att användas främst för landström för fartyg i hamn, men också infrastruktur för laddström blir vanligare. I takt med att stora last- och passagerarfartyg elektrifieras kommer det att krävas mycket ström, vilket ställer krav på nät och infrastruktur.[59] För områden i hamnen som inte har direkt tillgång till el kan vätgas i stället användas.[60] Fartyg behöver mycket energi och hamnar kan därför komma att bli viktiga energihubbar för flera olika typer av drivmedel.

Färre tankfartyg som en följd av minskade transporter av fossil olja kan minska risken för förorening i form av läckage vid olyckor till sjöss.

Skillnader nationellt, regionalt, lokalt

Eldrivna passagerarfartyg, till exempel med bärplansteknik, kan bli intressanta i kollektivtrafik där möjligheten finns, bland annat i skärgårdstrafik. Det kan finnas en skillnad mellan efterfrågan på elfartyg i norra Sverige jämfört med södra Sverige, eftersom det finns ett tätare nät av hamnar i södra Sverige där fartyg kan ladda.

Kort sammanfattning

Sammanfattningsvis finns områden där konsekvenser kan förväntas uppstå och områden som kan möjliggöra elektrifieringen när det gäller sjöfart samlade i Tabell 3.2.

Tabell 3.2. En sammanställning av områden för konsekvenser i omställningen till ett elektrifierat transportsystem.

	Sjöfart
Vad har upphört eller tillkommit?	Tillkommit har automatiserade fartyg, metanol, LBG, biodrivmedel, bränsleceller, vätgas, ammoniak, viss atomdrift, hamnlogistik, ökade elnätskrav. Ingen teknik bedöms helt ha upphört.
Områden för konsekvenser	Konsekvenser rör viss omlokalisering av drivmedelsflöden, hamnlogistik allt viktigare, kompetens om ny fartygsdrift och flera olika drivmedel, ny modell för sjöfartsavgifter, ökad beredskapshänsyn, nya ansvarsområden för tillstånd och tillsyn.

Nuvarande tekniker kommer delvis finnas kvar, men vi ser att automatiserade fartyg tillkommer. Utöver elektrifiering kan en flora av drivmedel bli aktuella till exempel i form av metanol, LBG[61], biodrivmedel, bränsleceller, vätgas, ammoniak och viss atomdrift. Hamnlogistiken med hur man utnyttjar kajer för laddning, tankning och leveranser av olika typer av drivmedel blir därför viktigare.

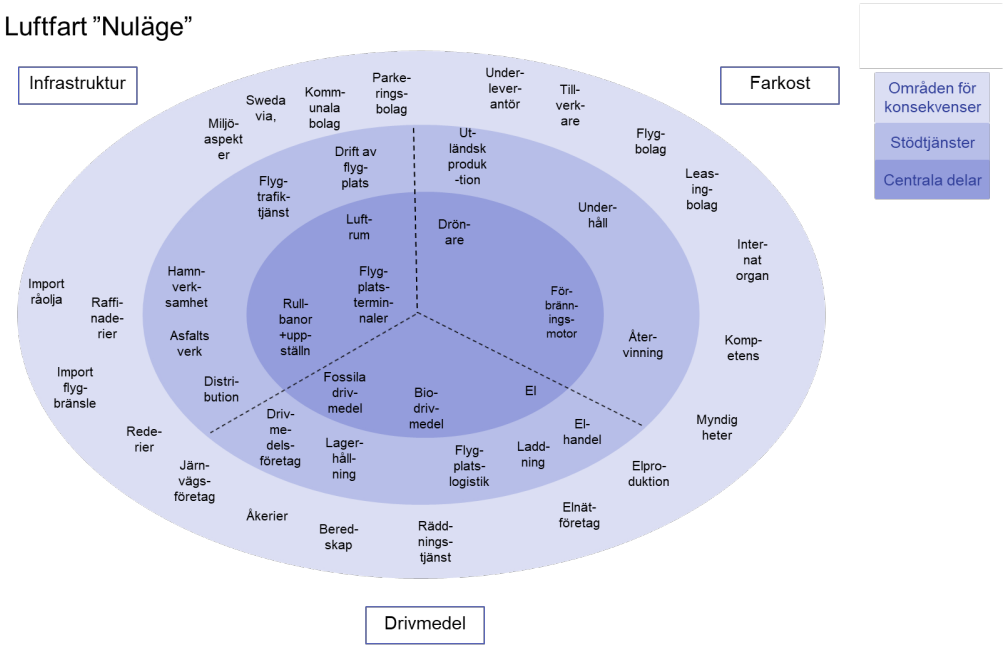
3.5 Luftfartens aktörer och system

Avsnittet inleds med en beskrivning av resultatet från den systematiska kartläggningen av dagens aktörer och system för luftfart. Därefter följer motsvarande beskrivning av presumtiva aktörer och system år 2045.

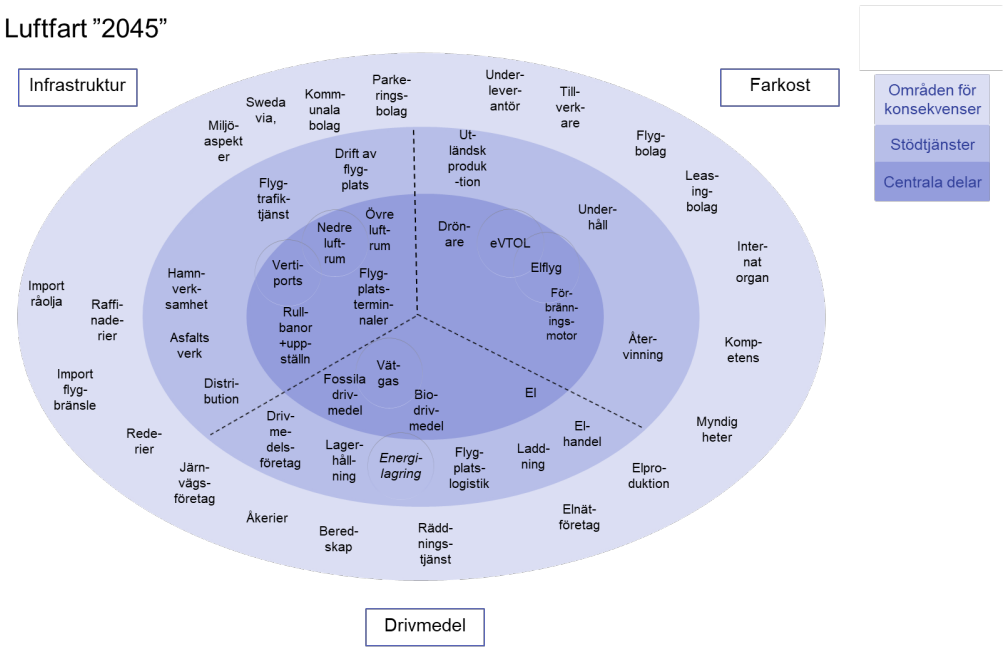
[59] Göteborg Energi (2024). Så elektrifieras Göteborgs Hamn, www.goteborgenergi.se/i-varstad/artikelbank/genab-sa-elektrifieras-goteborgs-hamn
[60] Vätgas Sverige (2024), Vätgas perfekt i hamnmiljö, https://vatgas.se/2024/03/19/vatgas-perfekt-i-hamnmiljo/
[61] LBG = Flytande biogas.

Aktörskartor luftfart

En översiktlig bild av dagens luftfarts centrala delar, tillsammans med viktiga stödtjänster och områden för konsekvenser ges i Figur 3.11 och motsvarande bild för år 2045 ges i Figur 3.12. Områden i den yttre cirkeln hänger i bägge bilderna ihop med flera av de centrala delarna. I kommande avsnitt ges en utförligare beskrivning av olika delar av aktörskartorna.



Figur 3.11. Aktörskarta för luftfart sett i ett nulägesperspektiv. Längst in visas transportsektorns centrala delar, längre ut olika stödtjänster. Den yttre cirkeln visar områden för konsekvenser.



Figur 3.12. Aktörskarta för luftfart år 2045. Längst in visas transportsektorns centrala delar, längre ut olika stödtjänster. Den yttre cirkeln visar områden för konsekvenser. Tillkommande delar i jämförelse med nuläget är markerad med en svag ring.

Trafikanalys redovisade sommaren 2020 ett kunskapsunderlag om elflyg.[62] Av det framgår att på kort sikt kommer elflyg att utgöra en mycket liten del av flygmarknaden. Elflyget väntas bli konkurrenskraftigt i första hand på kortare linjer som går över hav eller områden med dåliga tåg- eller vägförbindelser. I skrivande stund, november 2024, finns ännu ingen reguljär trafik med elflyg. I bilaga B finns en översikt av pågående utvecklingsprojekt där det även framgår när den beräknade trafikstarten beräknas ske.

Luftfartens infrastruktur och dess stödtjänster

Avseende *infrastruktur* har delarna flygplatsterminal, rullbanor och luftrum urskilts. Viktiga stödtjänster handlar om upprätthållande och drift av dessa.

I slutet av 2023 fanns det 39 flygplatser med linjefart, chartertrafik eller taxiflyg, så kallade trafikflygplatser. Av de 39 trafikflygplatserna är 10 statliga (Swedavia) och övriga är kommunalt och/eller privat ägda. Till skillnad från de landbaserade trafikslagen är material-åtgången för infrastrukturen i form av exempelvis asfalt och betong för rullbanor och terminaler relativt liten.

Aktörsuppsättningen skiljer sig åt mellan olika flygplatser. Swedavia äger och/eller driver verksamheten på de tio statliga flygplatserna i Sverige. På de icke-statliga flygplatserna är det oftast kommuner eller regioner som äger flygplatserna och driver dem via kommunala flygplatsbolag. Skavsta och flygplatsen i Sälen skiljer ut sig genom att de är majoritetsägda av privata intressenter. Pandemin drabbade flyget hårt med en kraftig nedgång i resandet, vilket också avspeglas i underskott i flygplatsernas bokslut. Före pandemin gick statliga Swedavia med vinst medan de kommunala flygplatserna var beroende av ekonomiskt stöd för att överleva.[63]

Flygplatsterminalen, rullbanorna och luftrummet är en förutsättning för att flygplan ska kunna starta och landa på en flygplats och hantera resenärer och gods. På flygplatsen finns även luftfartsskydd som omfattar säkerhetskontroll av resenärer och gods före ombordstigning på flygplan, samt områdeskontroll av flygplatsområdet. Marktjänstinfrastruktur utgörs av exempelvis bagagesorteringsanläggningar och ström till flygplanen.

Flygplatser omges vidare av ett eller flera luftrum, i syfte att skydda och hantera den flygtrafik som använder flygplatsen. Det finns exempelvis fastställda flygvägar och särskilda avgränsade områden i luftrummet runt en flygplats där det utövas flygtrafiktjänst för flygplatsen. Luftfartsverket äger stora delar av utrustningen för kommunikations-, navigations- och övervakningstjänst på omkring 500 utrustningar och anläggningar. Även kommuner och regioner äger sådan utrustning på sina flygplatser.[64]

Luftfartsverket har monopol på flygtrafiktjänster i det övre luftrummet i Sverige. Marknaden för flygtrafiktjänster i det undre luftrummet vid flygplatser (lokal flygtrafikledning) är däremot avreglerad med undantag av det statliga basutbudet.[65]

Infrastrukturen med tydligaste kopplingen till elektrifiering gäller laddning. Eftersom elflyget fortfarande är i ett tidigt skede med enbart mycket små flygplan i drift befinner sig även

[62] Trafikanalys (2020). Elflyg - början på en spännande resa - redovisning av ett regeringsuppdrag, www.trafa.se/globalassets/rapporter/2020/rapport-2020_12-elflyg_borjan-pa-en-spannande-resa.pdf
[63] Trafikanalys (2019). Flygplatser i fokus, www.trafa.se/globalassets/pm/2019/pm-2019_6-flygplatser-i-fokus.pdf
[64] Trafikverket (2024). Luftfart, Underlagsrapport till Inriktningsunderlag för 2026-2037, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1827862/FULLTEXT01.pdf
[65] Det statliga basutbudet motsvarar de tio flygplatser som drivs i Swedavias regi.

infrastrukturutbyggnaden för laddning i ett tidigt skede. Det finns tre olika typer av infrastruktur för att ladda elflyg idag: stationär, mobil och energilager.[66]

Det saknas idag en enhetlig standard för hur laddning av flygplan på flygplatser ska gå till. Charin är en internationell organisation som arbetar för att ta fram standarder för laddning av elektriska fordon där bland annat ABB, Volvo, Eon och Heart Aerospace är delaktiga. De har tagit fram ett koncept som kallas Megawatt Charging System (MCS), vilket ska möjliggöra laddning upp till 2 MW, 1250 V och 3000 A genom en enkel kontakt. Konceptet innehåller riktlinjer för teknik- och säkerhetsstandarder och hur de ska inkorporeras i fordon och laddinfrastruktur. En sannolik utveckling är att standarden som utvecklas genom MCS, och som ska klara laddning upp till 3,75 MW, kan användas på elflyg. [67]

Dala airport i Borlänge var den första flygplatsen som installerade en laddare för flygplan av samma typ som i vanliga fall används för att snabbladda bilar. Därefter har flera flygplatser installerat laddare där exempelvis Skellefteå erbjuder betydligt högre effekt (1MW) än pionjär-flygplatserna.[68]

Inom ramen för projektet gröna flygplatser genomfördes år 2022 en kartläggning av 20 regionala flygplatsers möjlighet att hantera elflyg. Det visar sig att de största skillnaderna ligger i flygplatsernas möjligheter att ta emot och distribuera kraft eller kraftleverantörens möjlighet att öka kraftförsörjningen utifrån elnätets kapacitet. Kartläggningen ger en blandad bild där det konstateras att ungefär lika många regionala flygplatser har goda möjligheter (9 st.) som begränsade (3 st.) och mycket begränsade möjligheter (5 st.) att tillhandahålla el för elflyg. För tre flygplatser var informationen otillräcklig för kategorisering.[69]

Med goda förutsättningar avses att 1 MW kan levereras i nuläget, och indikatorer finns på att det är möjligt att öka krafttillförseln via elnätet samt att det enbart krävs mindre investeringar för att distribuera en ökad kraft inom flygplatsen. På infrastrukturområdet har aspekter som rör start- och landningsplatser för dels elflyg (med vingar) dels drönare (eVtol) stor betydelse. Elflyget kan öppna nya möjligheter för flygplatser som idag saknar kommersiellt flyg.

Ett annat område som behöver utvecklas är start- och landningsplatser för drönare och eVtol. Användningen av ganska små drönare för exempelvis bevakning, inspektion eller lättare leveranser blir allt vanligare. Snart kommer vi sannolikt få bevittna de första flygningarna med eVtol i kommersiell trafik för personbefordran. Det är farkoster som startar och landar vertikalt och är tillräckligt kraftfulla för att exempelvis användas som flygtaxi. En vertiport är en specialiserad infrastruktur utformad för att stödja driften av eVtols, och i enklare utformning benämns de vertistops.

[66] Smedberg m.fl. (2022). Electric aviation 2022; Regional prerequisites for electric aviation, www.kvarken.org/wp-content/uploads/2022/06/FAIR_Regional_Rapport__FINAL-VERSION.pdf
[67] Trafikverket (2024). Förutsättningar för elflyg i upphandlad trafik, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1863566/FULLTEXT01.pdf
[68] Smedberg m fl (2022). Electric aviation 2022; Regional prerequisites for electric aviation, www.kvarken.org/wp-content/uploads/2022/06/FAIR_Regional_Rapport__FINAL-VERSION.pdf
[69] Trafikverket (2024). Förutsättningar för elflyg i upphandlad trafik, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1863566/FULLTEXT01.pdf

AI-genererad bild av en vertiport.

På en vertiport återfinns exempelvis landnings- och startplattor, laddnings- eller tankstationer, passagerarterminaler, säkerhetsåtgärder och underhållsanläggningar. Då det inte behövs några ytkrävande rullbanor och bullerutbredningen är mindre än från traditionella flygplans-typer kan en vertiport enklare etableras i stadsmiljö. Det finns ännu inga vertiports för kommersiell trafik någonstans i världen, men det finns ett antal vertiports för testverksamhet. Det är därför ingen djärv uppfattning att det finns ett nät av vertiports och vertistops utbyggda 2045.

En stor utmaning är hur eVtols ska integreras i luftrummet med traditionell (bemannad) flygtrafik, vilket bland annat ställer krav på helautomatiserade system för flygtrafikledning och att riskerna för människor på marken måste hanteras och reduceras.[70]

Drönare och eVtols flyger inte i kontrollerat luftrum. Någon form av reglering behövs dock för hur drönare får flyga över tätbebyggt område. Sveriges kommuner och regioner (SKR), Luftfartsverket och Transportstyrelsen är viktiga aktörer i detta arbete.

Det är inte självklart vilken aktör som kommer att ansvara för laddinfrastrukturen på en flygplats och skilda flygplatser kan välja att organisera detta på olika sätt i framtiden. Flygplatser har tillgång till el och kan därför välja att investera i laddstationer för att sälja den egna elen vidare till flygbolagen. Det är också tänkbart att särskilda bolag hanterar laddinfrastruktur och försäljning till flygbolagen. I båda varianterna finns det även utrymme för investeringar i energilager och därmed möjlighet att även erbjuda elnätstjänster. Effekt-situationen varierar mellan olika flygplatser och beroende på hur stor efterfrågan blir på elflyg kan det finnas ett behov av att genomföra investeringar i elnätet.

Luftrummet kommer att behöva moderniseras av flera anledningar. Elflygen antas ha en lägre passagerarkapacitet och kan komma att trafikera fler flygplatser än det konventionella flyget, vilket därmed genererar fler flygrörelser. Ett ökat antal flygrörelser ställer ökade krav på

[70] Trafikverket (2024). Luftfart, Underlagsrapport till Inriktningsunderlag för 2026-2037, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1827862/FULLTEXT01.pdf

kapacitet i luftrummet, vilka kan behöva ”byggas om”. Dessutom kommer den ökade mängden drönare och eVtol:s kräva nya luftrumstjänster.

Den pågående implementeringen av U-space syftar till att möjliggöra drönaroperationer tillsammans med nödvändiga gränssnitt mot den traditionella luftfarten, flygtrafikledning och myndigheter. Det är ett koncept som möjliggör integrering av exempelvis eVtols i det konventionella luftfartssystemet.[71]

Det är svårt att bedöma hur stora marknadsandelar elflyget har tagit år 2045. En genomgång av olika färdplaner för flygets övergång till fossilfrihet visar att de flesta färdplaner anger att elflyget introduceras med små flygplan med kort räckvidd under perioden 2025 till 2030. Större elflyg av typen ”narrow body” (flygplan med en mittgång) kan finnas enligt några färdplaner. Marknadsandelen för el- och vätgasflyg i de olika färdplanerna varierar från 2 procent till 53 procent.[72]

De befintliga elflygplanen är små och har kort räckvidd, vilket betyder att de inte har tillräcklig kapacitet för att användas i kommersiell linjetrafik. Andra typer av fordon som används för flygplatsens egen verksamhet är, åtminstone för de statliga flygplatserna, helt fossilfria. I vilken utsträckning elfordon används är inte känt, men det finns inga tekniska hinder för att elektrifiera fullt ut.

Luftfartens farkoster och tillhörande stödtjänster

Till den centrala delen *farkost* hör delarna drönare och flygplan med förbränningsmotor. Dessutom pågår utveckling av både elflyg och vätgasflyg. Viktiga stödtjänster rör produktion, underhåll och återvinning.

Globalt finns två dominerande tillverkare av större jetflyg, Boeing och Airbus, och för lite mindre modeller finns en handfull ytterligare tillverkare av civilt passagerarflyg. Sverige saknar idag tillverkare av civilt flyg, men GKN i Trollhättan fungerar som underleverantör genom att utveckla och tillverka flygplansmotorer. Saab tillverkade tidigare civila flygplan, men numera enbart flyg för militära ändamål.

Utvecklingen av elflyg sker i stor utsträckning genom andra flygplanstillverkare än de redan etablerade. I Sverige finns exempelvis Heart Aerospace som utvecklar ett hybridflygplan med kapacitet för 30 passagerare. Transportstyrelsen har en nyckelroll genom regelgivning, tillståndsprövning och tillsyn av nya luftfarkoster. Certifiering av nya flygplansmodeller sker i Europa via EASA och i USA via FAA (Federal Aviation Authority).

År 2045 finns med största säkerhet elflygplan för kommersiell trafik inte bara på ritbordet eller på utvecklingsstadiet. Detta gäller även utvecklingen av eVtol. Givet att batteritekniken går framåt kan kapacitet i form av räckvidd och lastförmåga förbättras i jämförelse med den första generationens elflyg. Fortfarande är det dock rimligt att anta att elflyget kommer användas i ett segment med relativt små flygplan på korta avstånd.

Det finns förhoppningar om att farkoster med enbart batteridrift ska kunna börja levereras till kund inom de närmaste åren. Sådana farkoster beräknas dock ha begränsad räckvidd och passagerarkapacitet. De första hybridelektriska flygplanen beräknas komma ut på marknaden ungefär samtidigt som de batterielektriska flygplanen, men med betydligt längre räckvidd. Det

[71] Trafikverket (2024). Luftfart, Underlagsrapport till Inriktningsunderlag för 2026-2037, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1827862/FULLTEXT01.pdf
[72] IATA (2024). Aviation net-zero CO2 transition pathways, Comparative review, www.iata.org/contentassets/8d19e716636a47c184e7221c77563c93/nz-roadmaps.pdf

finns också flera initiativ med drivlinor som nyttjar vätgas för att producera el med bränslecell eller för ren vätgasdrift.

Det kan behövas regleringsändringar så att kollektivtrafikmyndigheterna kan upphandla elflyg som regional kollektivtrafik vid sidan av det statliga utbudet av flyglinjer med allmän trafikplikt. Trafikverket utreder för närvarande hur det regionala inflytandet kan öka avseende sådana flyglinjer.[73] Ett annat exempel på regleringsförändring är att göra det möjligt för Trafikverket att ställa miljökrav vid upphandling av trafik under trafikplikt, vilket sannolikt skulle kräva en ändring i EU:s lufttrafikförordning.[74]

Pilotutbildningen kommer sannolikt behöva förändras något för att anpassas till de speciella förutsättningarna för att exempelvis beräkna räckvidden för elflyg.

Luftfartens drivmedel och tillhörande stödtjänster

Den centrala delen *drivmedel* handlar om fossila drivmedel, biodrivmedel och el. Drivmedels-företag, lagerhållning, flygplatslogistik och elhandel är viktiga stödtjänster:

Luftfartens energianvändning i inrikes trafik uppgick år 2022 till 9 TWh.[75]

För drivmedel har aspekter som rör import av råvara, tillverkning av drivmedel samt import och export av drivmedel stor betydelse.

Bränsleförsörjningen till Arlanda (där de största volymerna tankas) sker idag med import av fossilt flygbränsle till Gävle hamn och vidare med tåg till en järnvägsterminal varifrån bränslet forslas vidare till Arlanda via pipeline. Infrastrukturen för distributionen av bränslet från Gävle hamn till flygplanen ägs och används gemensamt av ett antal drivmedelsleverantörer.

Med elflyg ökar komplexiteten med fler system för bränsleförsörjning då flytande hållbart bränsle (SAF) antas vara dominerande år 2045. Idag har vissa flygplatser förberett laddinfrastruktur för småskalig laddning av mindre elflyg. I framtiden är det oklart om drivmedelsleverantörerna eller flygplatserna kommer att ansvara för laddinfrastrukturen.

Idag använder alla flygplan i kommersiell drift samma typ av bränsle. År 2045 kommer situationen ha förändrats radikalt genom att flera typer av bränslen sannolikt kommer användas parallellt med varandra. En viss del fossilt flygfotogen kanske fortfarande används. Sannolikt kommer en stor mängd av bränslet utgöras av SAF. Idag vet vi inte vilken roll som vätgasen kommer att spela för flyget i framtiden, men några flygplatser kommer säkert erbjuda möjlighet att tanka vätgas. Inom ramen för ett samarbetsavtal mellan olika aktörer inom flyg- och energibranschen ska förutsättningarna för vätgasinfrastruktur på flygplatser i Sverige och Norge undersökas. I detta ligger bland annat att ta fram en metod för att identifiera flygplatser som ska anpassas till vätgasdrivna farkoster.[76]

Det finns redan teknik som används för att ladda elflyg på flera flygplatser i Sverige. Däremot saknas metoder och rutiner för att effektivt ladda elflyg i kommersiell trafik där det av ekonomiska skäl finns en strävan att så snabbt som möjligt kunna vända flyget med nya

[73] Regeringen (2024). Uppdrag att öka det regionala inflytandet avseende flyglinjer med allmän trafikplikt, www.regeringen.se/contentassets/f9cb177552fa4deb8ef1f7a487d46a17/uppdrag-att-oka-det-regionala-inflytandet-avseende-flyglinjer-med-allman-trafikplikt.pdf
[74] Trafikverket (2024). Förutsättningar för elflyg i upphandlad trafik, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1863566/FULLTEXT01.pdf
[75] Energimyndigheten (2024). Statistikdatabas, https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Energimyndighetens_statistikdatabas/
[76] Vattenfall (2024). Vattenfall banar väg för vätgasflyg tillsammans med Airbus och partners, https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/pressmeddelanden/2024/vattenfall-banar-vag-for-vatgasflyg-tillsammans-med-airbus-och-partners/

passagerare efter landning. Idag saknas en framtagen standard för laddinfrastruktur, men det pågår ett arbete internationellt.[77] Förhoppningsvis kommer det finnas en standard på plats innan år 2045. Det behöver också finnas utrymme för flexibilitet i utformningen för att de valda lösningarna för laddning ska kunna anpassas till olika flygplatsers trafikvolym och utformning.

Det finns åtminstone fem tänkbara varianter för att ladda ett elflyg:[78]

- Energin tas direkt från elnätet och laddningen sker via en stationär laddstation.
- Energin tas direkt från elnätet och laddningen sker via en mobil laddstation.
- Energin mellanlagras i ett batterilager och laddningen sker via en stationär laddstation.
- Laddningen sker via en mobil laddstation som också innehåller ett batterilager.
- Byte till uppladdade batterier.

Vilken lösning som väljs beror på behovet av och tillgången till effekt och vilken lösning som är mest kostnadseffektiv i förhållande till behoven, vilket kommer att variera mellan olika flygplatser.

Det finns även tankar om att utveckla flygplatser till ”energihubbar” med både konsumtion och produktion av el där elen på flygplatsen distribueras via ett lokalt elnät. Det gör det möjligt att hantera perioder med högt effektuttag genom att spara el i batterier, möjligen i långtids-parkerade bilar, under andra perioder. Flygplatsen som energihubb kan också användas för att balansera det elnätet genom att lagra el när det finns ett stort överskott och sälja, om det inte behövs för flygplatsdriften, när det finns ett underskott.[79]

Samhällets accelererande användning av tekniska lösningar och innovationer är positiv men medför också stora risker för skadlig störning på den elektromagnetiska miljön. Luftfartsverket har på sina anläggningsplatser internt föreskrivit ett skyddsavstånd för CNS-anläggningar (infrastruktur för kommunikation, navigering och övervakning) om 3 000 meter där solenergi-anläggningar eller anläggningar för trådlös kraftöverföring inte får anläggas utan att föregås av en särskild analys för att utreda påverkan på dessa anläggningar.[80]

Viktigt för markanvändning, elnät och beredskap

Markanvändningen påverkas av ökad elproduktion, även lokalt om sådan elproduktion är önskvärd eller möjlig, till exempel med solcellsparker eller där flygplatsen får en roll som energihubb. År 2045 har det sannolikt vuxit fram en standard för laddinfrastrukturens utformning. I takt med att elflygplanen har blivit fler har frågan om tillgång till tillräcklig effekt för att ladda flygplanen ökat i betydelse åtminstone på de lite större flygplatserna. Energilager kan användas för att under kortare perioder erbjuda högre effekt för laddning än flygplatsens egna elnät kan erbjuda. Energilagret kan även användas för att sälja elnättjänster.[81]

[77] Transportstyrelsen (2024). Rapport till stöd för utredningen om stärkt konkurrenskraft för Arlanda flygplats, www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer-och-rapporter/rapporter/luftfart/rapport-till-stod-for-utredningen-om-starkt-konkurrenskraft-for-arlanda-flygplats.pdf
[78] Daniels och Eek (2024). The airport as an energy hub, https://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:1841546/FULLTEXT01.pdf
[79] Daniels och Eek (2024). The airport as an energy hub, https://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:1841546/FULLTEXT01.pdf
[80] Luftfartsverket (2020). Luftfartsverkets yttrande som samråd angående utredning av elektromagnetiska störningars försvårande för totalförsvarets intressen eller anläggningar
[81] Smedberg m.f.l (2022). Electric aviation 2022; Regional prerequisites for electric aviation, www.kvarken.org/wp-content/uploads/2022/06/FAIR_Regional_Rapport__FINAL-VERSION.pdf

Markanvändningen på flygplatserna kan komma att bli mer komplex än dagens genom att olika drivmedelstyper ska samsas. Det saknas för närvarande reglering kring uppställning och hantering av elflyg på flygplatserna då dagens reglering baseras på elanvändningen inom det konventionella flyget. I framtiden kan det komma att utpekas särskilda delar av en flygplats som enbart får nyttjas av elflyget.

Utvecklingen av vertiports har störst potential i centrala delar av stadsmiljön, vilket då påverkar markanvändningen där de anläggs, vilket kan skapa svårigheter. Detta är en kommunal planeringsfråga.[82] Mindre flygplatser kan få ett uppsving och användas mer, medan större flygplatser möjligen inte skulle få samma tryck från lokalt och regional flyg.

Skillnader nationellt, regional och lokalt

Skillnader kommer att finnas mellan små och stora flygplatser. På stora flygplatser finns tillgång till ett bredare serviceutbud när det gäller drivmedel som erbjuds av flera olika aktörer. På små flygplatser är utbudet begränsat och det är flygplatsen själv som ensam aktör som får tillhandahålla utbudet.

Det är svårt att överblicka vilka konsekvenser introduktionen av elflyg får för trafiken på olika flygplatser. En möjlig utvecklingslinje är att det blir fler direkta flyglinjer mellan mindre flygplatser, vilket skulle medföra färre passagerare som byter flygplan på Arlanda. En annan utvecklingslinje är att elflyget kommer att användas i upphandlad trafik och där ersätta upphandlade buss- och tåglinjer med relativt svagt passagerarunderlag.

Kort sammanfattning

Sammanfattningsvis finns områden där konsekvenser kan förväntas uppstå och områden som kan möjliggöra elektrifieringen när det gäller luftfart samlade i Tabell 3.3.

Tabell 3.3. En sammanställning av områden för konsekvenser i omställningen till ett elektrifierat transport-system.

	Luftfart
Vad har upphört eller tillkommit?	Tillkommit har eVTOL, elflyg, nedre/ övre luftrum, vertiports, vätgas, energilagring, ökade elnätskrav. Ingen teknik bedöms helt ha upphört
Områden för konsekvenser	Konsekvenser rör viss omlokalisering av drivmedelsflöden, flygplatslogistik allt viktigare, kompetens om ny farkostdrift och fler drivmedelstyper, ökad beredskapshänsyn, nya ansvarsområden för tillstånd och tillsyn.

Nuvarande tekniker kommer delvis att finnas kvar. Nya tekniker i form av drönare, eVTOL[83], elflyg och vätgas väntas tillkomma. Planering av vertiports[84] och hantering av nedre och övre luftrum kommer att behövas. Även flygplatslogistik med hantering av parallella tekniker blir därför viktigt.

[82] Ehk och Åberg (2023). Placering av Vertiports – Persontrafik och Gods, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1844157/FULLTEXT01.pdf
[83] Vertikalstartande mindre elektrisk flygfarkost.
[84] Miniflygplats för taxidrönare.

3.6 Elektrifiering av det oelektrifierade järnvägsnätet

Som framgått av avgränsningarna ovan ingår inte järnvägen i analyserna eftersom järnvägen till stora delar redan är elektrifierad. År 2023 var 75 procent av banlängden i Sverige elektrifierad, men endast 4 procent av antalet tågkilometer utfördes på det oelektrifierade bannätet. Järnvägen svarade för mindre än 1 procent av växthusgasutsläppen från inrikes transporter.[85]

Det finns flera skäl till att banor inte elektrifierats, till exempel kan det bero på kostnader, trafikmängd och typ av trafik. I nationell trafikslagsövergripande plan för transportinfrastrukturen 2022–2033 finns tre objekt med som avser elektrifiering av det oelektrifierade nätet. I infrastrukturplanen fick Trafikverket i uppdrag att utreda förutsättningarna för elektrifiering av de oelektrifierade banorna.

I sin redovisning skriver Trafikverket att det finns problem att elektrifiera dessa banor med kontaktledning eftersom banorna i de flesta fall har stora underhållsbehov och att det därför tillkommer stora kostnader i samband med en elektrifiering med kontaktledning. Trafikverket pekar i stället på andra alternativ som att delelektrifiera med partiell kontaktledning i kombination med andra drivlinor som biodiesel, batterier eller vätgas. Batteri- eller vätgasdrift är också ett alternativ för hela sträckor, men också för att elektrifiera det kapillära nätet, det vill säga industrispår, godsterminaler och hamnar.

Det är också värt att påminna om att en överflyttning till järnväg från andra trafikslag som inte är elektrifierade också innebär en ökad elektrifiering av transportsektorn.

3.7 Aktörer och system – summering

Detta kapitel har beskrivit vad en storskalig elektrifiering kan få för konsekvenser för aktörer och system på en övergripande nivå. Här följer en summering av de viktigaste konsekvenserna.

- Elektrifieringen av transportsystemet kommer att innebära ett större behov av samverkan mellan energi- och transportsystemet. Traditionellt har dessa system varit separerade både i termer av aktörer och affärsmodeller, något som nu kommer att förändras. I samband med att nya marknader utvecklas kommer nya frågor att uppstå.
- En konsekvens av utvecklingen kan vara nya ansvarsområden för myndigheterna när det gäller tillstånd och tillsyn i takt med att ny teknik och nya lösningar uppstår. Även beredskapshänsynen behöver anpassas till nya förutsättningar. Det behövs bra förutsättningar för myndigheterna att kunna planera flexibelt och att uppdatera planeringen i takt med att nya behov uppstår.
- En storskalig elektrifiering innebär att kompetens om hantering av elfordon, fartygs- och farkostdrift liksom kompletterande drivmedelstyper blir alltmer central. Att tidigt

[85] Naturvårdsverket (2024). Inrikes transporter, utsläpp av växthusgaser, www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/

anpassa utbildningar och satsa på kompetensutveckling för att planera för tillräckligt med ”elkompetens” i alla led blir angeläget.

- Publik laddinfrastruktur för personbilar har byggts ut allt eftersom och de så kallade vita fläckarna är snart borta. Utmaningen ser dock olika ut för personbilar och tung trafik. I fortsättningen blir det viktigt att ha fokus på laddinfrastruktur för tung vägtrafik, sjö- och luftfart.
- Konkurrenskraften kan, åtminstone initialt, komma att stärkas för vägtrafiken som en konsekvens av att detta trafikslag förväntas nå en storskalig elektrifiering tidigare än övriga trafikslag. Detta kan leda till ökat transportarbete på väg.
- Introduktionen av elbilar på världsmarknaden sker samtidigt som andra stora förändringar sker i den globala ekonomin. Det i sin tur kan medföra att det etablerade mönstret för produktion och handel av fordon förändras.
- Minskade transporter av fossila produkter innebär lägre intäkter för sjöfartsnäringen och till Sjöfartsverket från farleds- och lotsavgifter och minskade hamnavgifter till de berörda hamnarna.
- När det gäller elflyg kommer till exempel en modernisering av luftrummet att bli nödvändig – hur kan framtidens reglering utformas för att understödja en sådan modernisering?
- Några av konsekvenserna för samhället av den storskaliga elektrifieringen är en ökad metallutvinning och behov av stärkt cyberförsvar och ökade elnätskrav för samtliga trafikslag. En fördjupning kring konsekvenser för markanvändning, elnät och beredskap följer i kapitel 7.

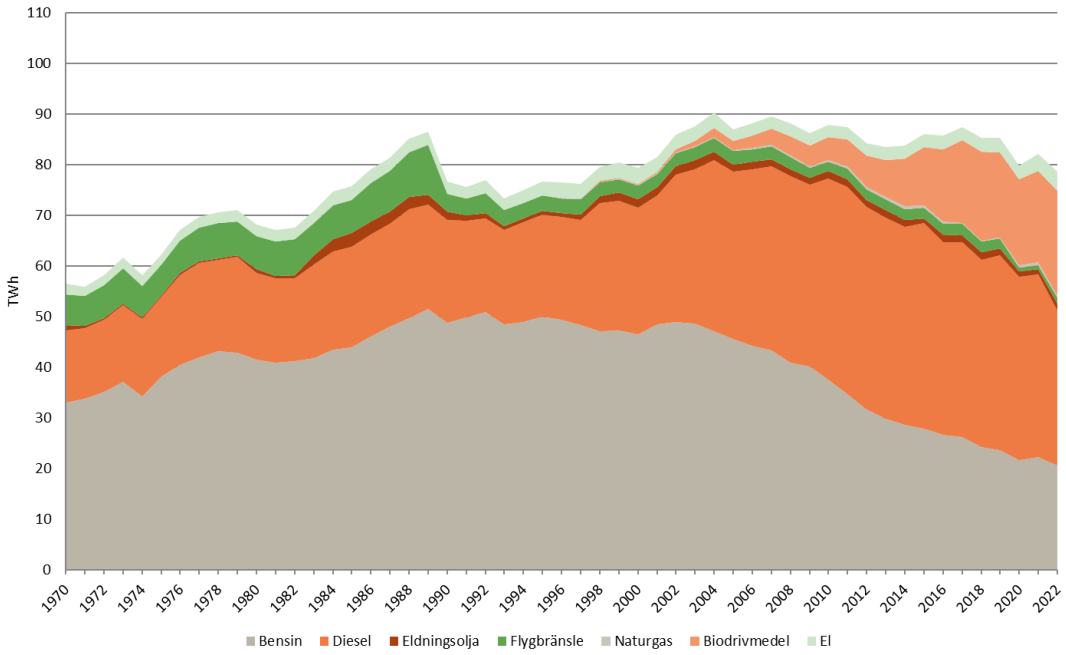
4 Drivmedel idag och i framtiden

Storskalig elektrifiering kan antas ha stora konsekvenser för flödet av råolja och olika typer av oljeprodukter där fossila bränslen idag utgör huvuddelen, I detta kapitel fördjupar vi därför analysen av vilka konsekvenserna mer konkret kan antas bli. Vi gör också ett nedslag kring drivmedelsbehovet idag och i framtiden samt beskriver den geografiska fördelningen av drivmedelsstationer och laddpunkter.

4.1 Beroendet av olja och fossila energikällor

Transportsektorn är idag beroende av oljeprodukter som bensin, diesel och flygbränsle som energikälla, även om både biodrivmedel[86] och el har ökat sina andelar något.

Den totala slutliga energianvändningen i inrikes trafik i Sverige har minskat något under 2000-talet till omkring 80 TWh idag, se Figur 4.1.



Figur 4.1. Slutlig energianvändning i transportsektorn per bränsle, inrikes i Sverige 1970–2022. Källa: Energimyndigheten, Energiläget i siffror 2023.

Fossila drivmedel såsom bensin, diesel, flyg-bränsle och naturgas står fortfarande (2022) för närmare 70 procent av energianvändningen. Biodrivmedel såsom HVO, FAME, etanol och

[86] I biodrivmedel ingår bioetanol, biodiesel, biogas m.m.

biogas står för runt 20 procent. El står för runt 5 procent av drivmedelsanvändningen. Även eldningsolja används i liten utsträckning. Vägtrafiken står för den absolut största energianvändningen med cirka 74 TWh, se mer om fördelningen per trafikslag idag och i framtiden under avsnitt 4.3.

De fossila drivmedlen framställs genom att raffinera råolja. Raffinering innebär att råolja hettas upp och eftersom de olika produkterna har olika kokpunkt kan de skiljas från varandra genom att den flytande produkten övergår till en gas som sedan kondenseras till en vätska. De lätta produkterna som bensin och fotogen har lägst kokpunkter och avgår först och de tyngsta produkterna som smörjolja och bitumen (asfalt) har de lägsta kokpunkterna.

En stor del (75–80 % av slutanvändningen av petroleumprodukter enligt data från Energimyndigheten) av produkterna från råolja används inom transportsektorn, som drivmedel, smörjmedel och vägbeläggningar. Resterande del (20–25 %) används för uppvärmning av exempelvis bostäder och inom industrin.[87] Från raffineringen kommer flera hundra olika produkter som används för andra ändamål än förbränning. De viktigaste användningsområdena finns i kemiteknisk industri och som råvara i plasttillverkning och för kosmetiskt bruk etcetera.[88]

Eftersom uppåt 80 procent av råoljan (de färdiga produkterna) används inom transportsektorn kommer de övriga sektorerna sannolikt, utöver kraven på omställning inom den egna sektorn, också behöva anpassa sig när efterfrågan på olja från transportsektorn minskar. I takt med att användningen av råolja fasas ut behöver dessa industrier således introducera fossilfria alternativ.

4.2 Råolja och oljeprodukter skapar idag stora transportbehov

Råolja och produkter av olja tillhör de varugrupper som idag genererar störst transportvolymer i Sverige mätt i ton och de transporteras också över långa avstånd. Dessa flöden förväntas till stora delar upphöra vid en storskalig elektrifiering av transportsektorn. 15–20 miljoner ton råolja per år importeras ungefär jämnt fördelat till hamnar i anslutning till raffinaderierna på västkusten i Lysekil och i Göteborg. En mindre del importeras också till Nynäshamns raffinaderi på ostkusten. Raffinaderierna i Lysekil och Göteborg är inriktade på drivmedels-tillverkning, medan raffinaderiet i Nynäshamn är inriktat på asfaltsprodukter och smörjmedel.

Råolja importeras med fartyg från ett 20-tal länder, men ett fåtal av dessa länder står för merparten av leveranserna. I Figur 4.2 nedan visas flödet år 2022 av inkommande råolja på fartyg efter avsändarland. Det som har hänt under senaste åren är att flöden från Ryssland har upphört, medan flöden från andra länder såsom Norge har ökat. Mer än 50 procent av importerad volym i ton kommer numera från Norge. Storbritannien och USA står för andelar på runt 10 procent vardera och även Nigeria är en stor leverantör med 5–10 procent importandel.

[87] Energimyndigheten (2023). Energiläget i siffror 2023, www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2023/energilaget-i-siffror-2023/
[88] Drivkraft Sverige (2024). Oljeproduktion, https://drivkraftsverige.se/fakta-statistik/olja/oljeproduktion/

Figur 4.2. Ankommande utrikestransporter med sjöfart av råolja. Årligt genomsnitt för åren 2020–2021, ton. Källa: Trafikanalys 2022, www.trafa.se/globalassets/rapporter/2022/rapport-2022_18-kartlaggning-av-gransoverskridande-godstransporter.pdf

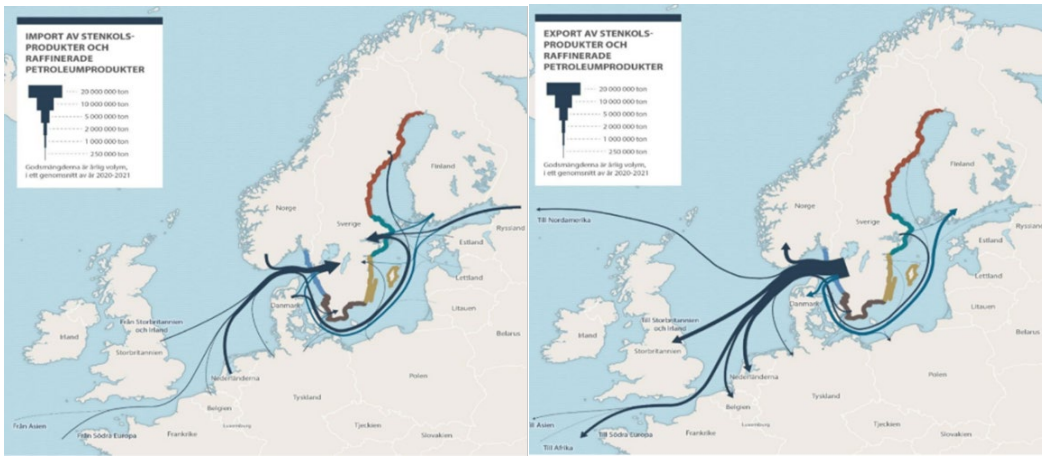
Den svenska marknaden försörjs inte enbart via de svenska raffinaderierna. En betydande del av petroleumprodukterna importeras också från andra länder. Figur 4.3 nedan visar sjötransporter med raffinerade produkter av olja och stenkol[89] till och från Sverige. Ankommande import, cirka 10 miljoner ton petroleumprodukter per år, visas i den vänstra bilden, och avgående export från svenska raffinaderier visas i den högra bilden, här handlar det om cirka 15 miljoner ton petroleumprodukter per år.

Importen av petroleumprodukter sker främst från Norge, Finland, Danmark, Nederländerna och USA. Importen sker via oljebolagen till ett 30-tal olika hamnar, varav hamnarna i Göteborg tillhör de allra största.

Tillsammans med råolja svarar raffinerade petroleumprodukter för mellan 35 och 40 procent av den totala importerade (lossade) godsvikten till svenska hamnar med utrikes sjöfart på runt 80 miljoner ton. Den exporterade vikten av de raffinerade produkterna uppgår till drygt 20 procent av den totalt lastade godsvikten i utrikes sjöfart på cirka 65 miljoner ton.

[89] I huvudsak petroleumprodukter där drivmedel utgör den största andelen.

Exporten av petroleumprodukter sker främst från de svenska raffinaderierna samt även från vissa kemitekniska industrier till ett 20-tal länder, varav Norge, Storbritannien och Finland är de största.



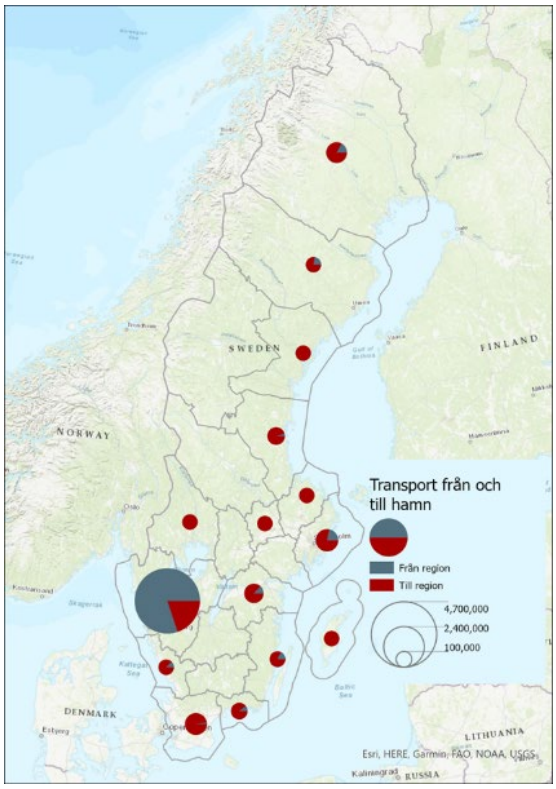
Figur 4.3. Ankommande och avgående utrikestransporter med sjöfart av raffinerade petroleumprodukter och stenkolsprodukter. Årligt genomsnitt 2020–2021, ton.
Källa: Trafikanalys 2022, www.trafa.se/globalassets/rapporter/2022/rapport-2022_18-kartlaggning-av-gransoverskridande-godstransporter.pdf

För att kunna användas som bränsle, smörjmedel och som insatsvara inom industrin behöver de färdiga produkterna transporteras från raffinaderierna till svenska kunder eller till export-marknaderna. Det vanligaste är att de raffinerade petroleumprodukterna i det första distributionsledet från raffinaderierna i Sverige alternativt från importhamnarna transporteras vidare sjövägen till andra svenska hamnar för att lagras där innan de når slutanvändarna runt om i Sverige.

Totalt uppgår dessa flöden av petroleumprodukter som raffinerats i Sverige till cirka 4 miljoner ton per år. Dessa 4 miljoner ton utgör en tredjedel av det transporterade godset i inrikes sjöfart. De utgör således en mycket viktig del av den inrikes sjöfarten. Därutöver tillkommer importflöden av petroleumprodukter sjövägen på cirka 10 miljoner ton årligen som också distribueras vidare i olika utsträckning.

I Figur 4.4 avser grå färg det län där sjötransporten startar, medan rött avser länet där transporten slutar. Det kan vara både transporter inom det egna länet och till andra län. Västra Götaland är med sina stora oljehamnar och raffinaderier inte överraskande den största avsändaren, men distributionen sker till stora delar av Sverige.

Hamnarna i anslutning till de stora raffinaderierna på Västkusten (Västra Götaland), se Figur 4.4, är således de största nettoleverantörerna till andra regioner.



Figur 4.4. Hamnar till hamnar – petroleumprodukter som transporteras med fartyg mellan län 2022. Källa: Trafikanalys 2024.

Efter sjötransporterna till hamnarna och oljedepåerna, från svenska raffinaderier eller via import, behövs i regel lastbilstransporter för distribution till drivmedelsstationer och andra slutliga konsumenter, till exempel industrier och flygplatser. Den största delen av leveranserna transporteras med lastbil till drivmedelsstationerna. Det rör sig om totalt nästan en halv miljon transporter med svenska lastbilar per år med runt 12 miljoner ton gods, ungefär 2 procent av allt gods på svenska tunga lastbilar. Utländska lastbilar transporterar petroleumprodukter i mycket begränsad utsträckning.

Det finns 21 depåorter i Sverige, som är geografiskt placerade för att försörja det nationella drivmedelsbehovet. Depåerna har även beredskapslager.[90] Majoriteten av aktörerna som driver depåer är drivmedelsbolag, men några tillhör processindustrin och kraftvärme-branschen.

Som nämnts i avsnitt 3.5 sker också en viss del av distributionen med järnväg kombinerat med pipelines, såsom bränsleförsörjningen från Gävle hamn till Arlanda flygplats. Uppskattningsvis 550 000 ton flygbränsle transporteras till Arlanda på järnväg per år.[91] Totalt 1,3 miljoner ton petroleumprodukter transporterades på järnväg under 2022.[92]

Vid en storskalig elektrifiering kommer råvaruförsörjning, tillverkning, import och export av drivmedel att se annorlunda ut. De branscher i Sverige som påverkas direkt är raffinaderier, bränsledistributörer samt drivmedelsstationer (se Tabell 4.1). Ungefär 11 500 personer arbetar

[90] AFRY (2024). Framtidens drivmedelsbehov – en scenarioanalys av Sveriges drivmedels- och stationsnätverksutveckling 2025–2050, https://drivkraftsverige.se/nyheter/ny-rapport-framtidens-drivmedelsbehov-en-scenarioanalys-av-sveriges-drivmedels-och-stationsnatverksutveckling-2025-2050/
[91] Nordisk Järnväg (2021). Utan tåget lyfter inte flyget – nytt avtal mellan AFAB och Green Cargo, www.nordiskjarnvag.se/nyheter/utan-tajpyget-lyfter-inte-flyget-nytt-avtal-mellan-afab-och-green-cargo
[92] Trafikanalys (2023). Bantrafik 2022, www.trafa.se/bantrafik/bantrafik/

inom dessa näringar som omsätter runt 511 miljarder kronor. Det motsvarar 0,4 procent respektive 4,3 procent av hela näringslivets sysselsättning och omsättning. Raffinaderiernas omsättning är högst, men den omfattar kunder över hela världen. Drivmedelstationernas försäljning sker i huvudsak på den svenska marknaden. Det kan vara samma ägare till bolagen som är verksamma inom allt från raffinering till service på drivmedelstationerna.

Tabell 4.1. Branscher som tillverkar och säljer bränslen: antal anställda och nettoomsättning 2022 (SNI 2007). Källa: SCB, Företagens ekonomi.

	Antal anställda	Nettoomsättning, mnkr
Petroleumraffinering (SNI 19.20)	2 935	236 010
Partihandel med bränslen (SNI 46.71)	1 625	192 452
Specialiserad detaljhandel med drivmedel (SNI 47.30)	6 953	82 690
Näringslivet, totalt	3 224 626	11 962 000

Det är troligt att de befintliga raffinaderierna kommer att ställa om sin produktion till andra bränslen baserade på förnybara råvaror och därmed behålla en del av sin produktion och leveranser även i framtiden. Förutsättningarna för att ställa om produktionen skiljer sig dock något för de olika raffinaderierna. Eftersom raffinaderierna har olika produktmix och inriktning på produktionen kommer de delvis påverkas på olika sätt av en utfasning av de fossila drivmedlen.

Idag har exempelvis Lysekils raffinaderi ett brett sortiment av produkter som även omfattar lätta råvaror till den petrokemiska industrin, samt tar emot naturgas från Norge som används för att framställa vätgas. Raffinaderiet i Göteborg är mer specialiserat på drivmedel och kan därför sägas påverkas mer direkt när transportsektorn elektrifieras, medan raffinaderiet i Nynäshamn är inriktat på asfalt, smörj- och motoroljor.

Minskad efterfrågan på flytande drivmedel kommer att betyda minskade transportvolymer. Det kommer att behövas färre tankfartyg för distribution av flytande bränslen. Även åkeriernas tankbilsverksamhet påverkas i hög utsträckning. Övergången kommer också påverka näringslivsstrukturen i övrigt med leverantörer av nya drivmedel och råvaror. I vilken utsträckning som näringslivet påverkas beror också på förväntad drivmedelsmix, vilket vi återkommer till i avsnitt 4.3.

Om flytande drivmedel försvinner ersätts distributionen av drivmedel på transport-infrastrukturen av transporter av energi i ledningar (el och gas). Detta eftersom dagens distributionsmönster, där tankbilar levererar drivmedel till drivmedelsstationer, kommer att ersättas av eldistribution via ledningar fram till laddstationer (som motsvarar drivmedels-stationerna). Ansvaret för utbyggnad av infrastrukturen kommer således i viss mån att förflyttas från traditionell transportpolitik till energipolitik, vilket innebär att det behövs en ökad samverkan och integration mellan dessa delar. Samtidigt finns även fortsättningsvis likheter mellan distribution av flytande drivmedel och el, ur ett slutkundsperspektiv. Även framledes kommer fordonen på vägsidan att behöva tankas/laddas via ett nätverk av stationer. Skillnaden för slutkunderna blir snarare att möjligheten till hemmaladdning tillkommer.

4.3 Drivmedelsbehov i framtiden

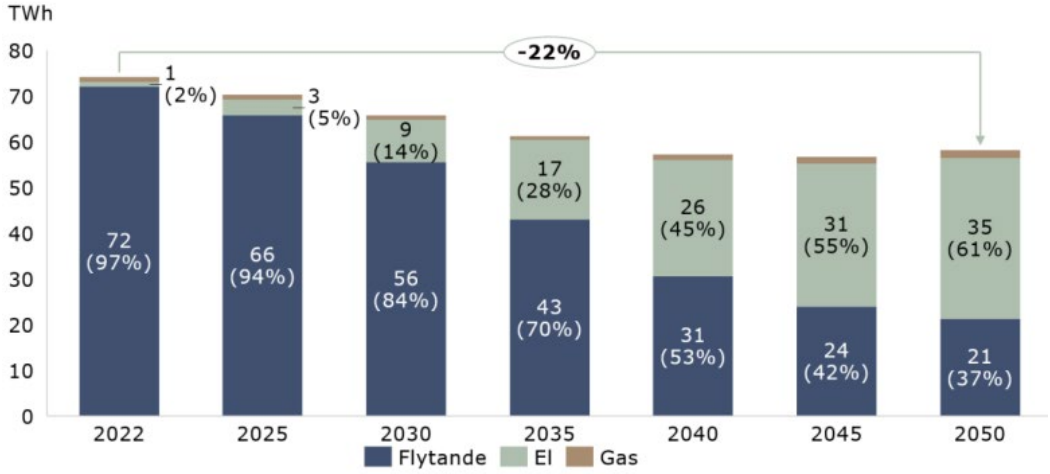
Prognoser över det framtida totala energibehovet för transportsektorn och hur det fördelar sig på olika trafikslag och drivmedel innehåller mycket stora osäkerheter. Vid en storskalig elektrifiering förväntas transportsektorns energibehov minska. Elmotorer har högre verkningsgrad och är betydligt mer energieffektiva än traditionella förbränningsmotorer. Verkningsgraden i ett elfordon beräknas till omkring 90 procent medan den för ett fordon med förbränningsmotor beräknas vara någonstans i intervallet 16–25 procent.[93] I förbrännings-motorer blir den övervägande delen av den tillförda energin värme som måste kylas bort.[94]

Energimyndigheten tar vartannat år fram långsiktiga scenarier över energisystemets utveckling som underlag till Sveriges klimatrapportering.[95] Energimyndigheten bedömer att det totala energibehovet för inrikes transporter kommer att minska från dagens cirka 80 TWh till mellan 49–54 TWh 2050, beroende av antaganden om låg eller hög elektrifieringsgrad. Det är elektrifieringen av vägtrafiken som förväntas driva på utvecklingen och leda till att den totala energianvändningen redan 2025 antas minska. Personbilsflottan antas vara i princip fullt elektrifierad, andelen rena elfordon antas variera mellan 83 och 97 procent beroende på scenario. Även för tunga lastbilar väntas elektrifieringen ha kommit långt men det skiljer mycket mellan de två scenarierna, 90 procent jämfört med 45 procent andel elektrifierade lastbilar

På uppdrag av Drivkraft Sverige har AFRY bedömt transportsektorns framtida energibehov enligt olika scenarier. I scenarierna ingår inte flyg, sjöfart och Försvarsmaktens behov.

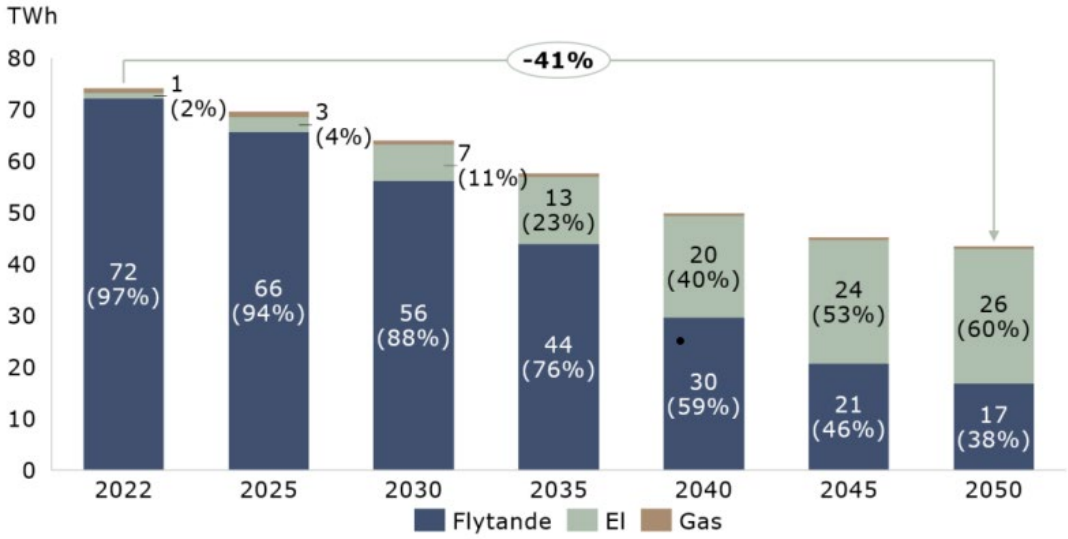
[93] Vi Bilägare (2022). Så mycket effektivare är elbilen än bensinbilen, www.vibilagare.se/nyheter/sa-mycket-effektivare-ar-elbilen-bensinbilen
[94] Energimyndigheten (2023). Scenarier över Sveriges energisystem 2023, Med fokus på elektrifieringen 2050, www.energimyndigheten.se/49428c/globalassets/statistik/prognoser-och-scenarier/langsiktiga-scenarier/langsiktiga-scenarier-over-sveriges-energisystem-2023.pdf
[95] Energimyndigheten (2023). Scenarier över Sveriges energisystem 2023, Med fokus på elektrifieringen 2050, www.energimyndigheten.se/49428c/globalassets/statistik/prognoser-och-scenarier/langsiktiga-scenarier/langsiktiga-scenarier-over-sveriges-energisystem-2023.pdf

Oavsett scenario bedöms det totala energibehovet vara lägre år 2045 än idag, med ett energibehov på mellan 40 och 60 TWh. I det snabbare tillväxtscenariot kommer elandelen vara något högre, se Figur 4.5.



Figur 4.5. Det totala drivmedelsbehovet fram till 2050 uppdelat per drivmedelstyp för scenariot Tillväxttider. Källa: Drivkraft Sverige, https://drivkraftsverige.se/nyheter/ny-rapport-framtidens-drivmedelsbehov-en-scenarioanalys-av-sveriges-drivmedels-och-stationsnatverksutveckling-2025-2050

Enligt scenariot ”orostider” kommer i stället framtidens energibehov ha en något lägre elandel. ”Orostider” präglas av en långsam elektrifiering och långsam ökning av antalet fordon som resultat av besparingar och höga kostnader för elektrifiering.



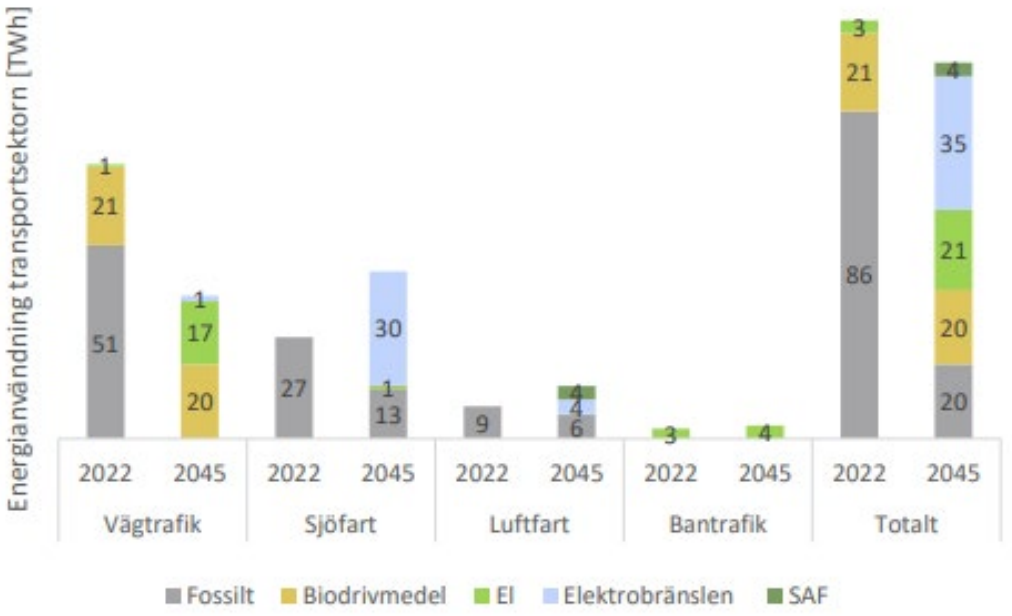
Figur 4.6. Det totala drivmedelsbehovet fram till 2050 uppdelat per drivmedelstyp för scenariot ”Orostider”. Källa: Drivkraft Sverige, https://drivkraftsverige.se/nyheter/ny-rapport-framtidens-drivmedelsbehov-en-scenarioanalys-av-sveriges-drivmedels-och-stationsnatverksutveckling-2025-2050

I alla Drivkraft Sveriges scenarier förväntas merparten av drivmedelsbehoven år 2045 för vägfordon komma från el. Drivkraft Sverige bedömer att flytande drivmedel år 2050 kommer

att utgöra 26–38 procent av energibehovet (12–21 TWh).[96] Drivkraft Sverige[97] gör bedömningen att vägtransporternas och arbetsmaskinernas totala drivmedelsbehov i termer av energi minskar kraftigt, trots ökad fordonstillväxt, till följd av den energieffektivisering som elektrifieringen bidrar med samt energieffektivisering av fordonen.

Även Svenskt Näringsliv bedömer att elektrifieringsgraden blir som högst inom vägtransporter, se Figur 4.7. År 2045 antas samtliga vägtransporter ske med icke-fossila drivmedel, där de fordon som inte drivs på el förväntas drivas antingen på biodrivmedel eller vätgas. E-bränslen som framställs genom att kombinera vätgas med koldioxid kan användas i befintliga förbränningsmotorer, vilket gör dem särskilt attraktiva för flyg och sjöfart som koldioxidsnålt alternativ till konventionella bränslen. För sjöfart och flyg förväntas en lägre elektrifieringsgrad än för vägtransporter, vilket innebär att alternativa bränslen förväntas utgöra en större andel av drivmedelsmixen för dessa trafikslag. Bantrafiken är redan idag till stor del elektrifierad och antas fortsätta vara det.[98]

Elanvändningen förväntas således öka till följd av transportsektorns elektrifiering, samtidigt som transportsektorns totala energibehov förväntas minska eftersom elmotorer är energieffektivare än förbränningsmotorer.



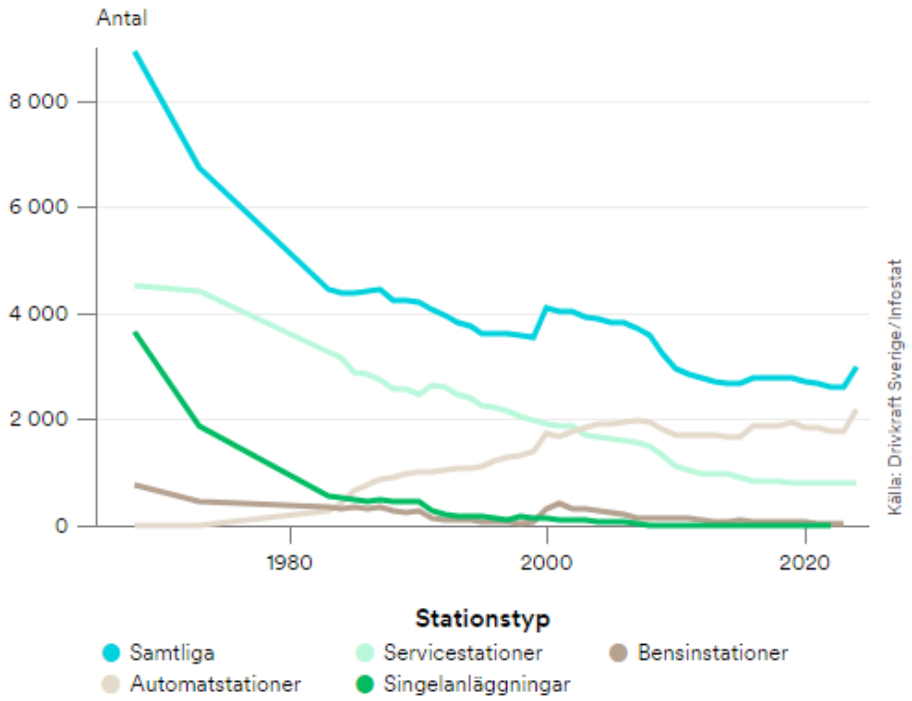
Figur 4.7. Energianvändning inom transportsektorn 2022 samt 2045 baserat på Swecos analyser.
Källa: Svenskt Näringsliv
www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/rapporter/5hqwk2_transportanalys_2024_webb_79_pdf_1213857.html/Transportanalys_2024_webb_79__1.pdf
OBS! I figuren ovan syns inte andra bränslen än el för bantrafiken även om inte all trafik är elektrifierad.

[96] AFRY (2024). Framtidens drivmedelsbehov – en scenarioanalys av Sveriges drivmedels- och stationsnätverksutveckling 2025–2050, https://drivkraftsverige.se/nyheter/ny-rapport-framtidens-drivmedelsbehov-en-scenarioanalys-av-sveriges-drivmedels-och-stationsnatverksutveckling-2025-2050/
[97] AFRY (2024). Framtidens drivmedelsbehov – en scenarioanalys av Sveriges drivmedels- och stationsnätverksutveckling 2025–2050, https://drivkraftsverige.se/nyheter/ny-rapport-framtidens-drivmedelsbehov-en-scenarioanalys-av-sveriges-drivmedels-och-stationsnatverksutveckling-2025-2050/
[98] Sweco (2024), Transportsektoranalys 2024, www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/rapporter/5hqwk2_transportanalys_2024_webb_79_pdf_1213857.html/Transportanalys_2024_webb_79__1.pdf

Enligt Svenskt Näringslivs kartläggningar planeras fem produktionsanläggningar av e-metanol i Sverige, fyra av dessa kommer förmodligen förse sjöfarten med bränsle. De e-ammoniak-anläggningar i Sverige som är planerade är inriktade på jordbrukssektorn och gödsel. Den totala e-metanolproduktionen förväntas uppgå till cirka 2 TWh/år, med startår mellan 2025–2026. Inom flyget behöver dagens flygfotogen ersättas. I Sverige planeras flertalet produktionsanläggningar av både SAF och syntetiska flygbränslen.[99]

4.4 Infrastruktur för tankning och laddning

I takt med ändrade drivmedelsbehov kommer även tank- och laddinfrastrukturen att se annorlunda i framtiden. Antalet drivmedelsstationer har minskat under en längre tid fram till idag då det finns 3 000 stationer i drift.[100] Servicen har också förändrats. Det har blivit fler automatstationer medan stationer med service har minskat i antal, se Figur 4.8.



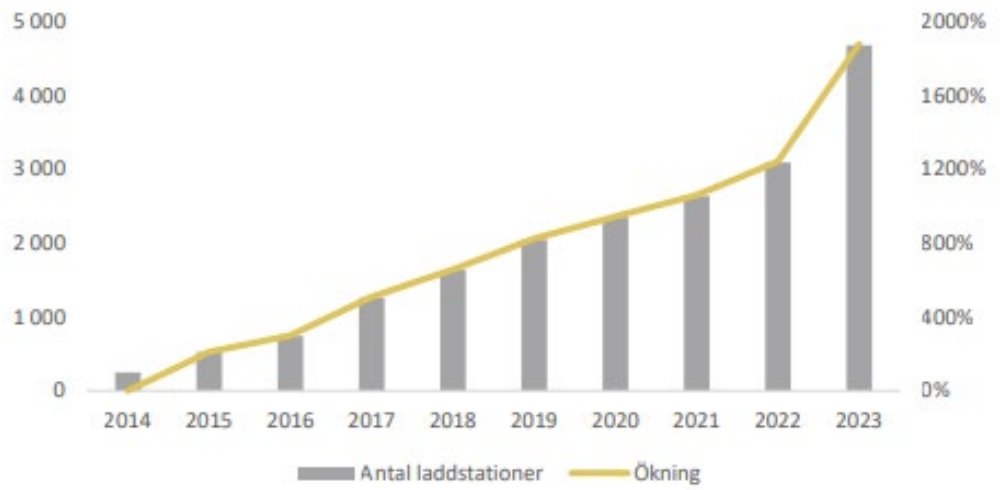
Figur 4.8. Antal drivmedelsstationer per stationstyp, 1968–2024.
Källa: Drivkraft Sverige, https://drivkraftsverige.se/fakta-statistik/forsaljningsstallen/

En fungerande laddinfrastruktur är en förutsättning för en storskalig elektrifiering. Ladd-infrastrukturen i Sverige har genomgått en snabb och kraftig utbyggnad under det senaste

[99] Sweco (2024), Transportsektoranalys 2024, www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/rapporter/5hqwk2_transportanalys_2024_webb_79_pdf_1213857.html/Transportanalys_2024_webb_79__1.pdf
[100] Drivkraft Sverige (2024). Försäljningsställen, https://drivkraftsverige.se/fakta-statistik/forsaljningsstallen/

decenniet. Antalet laddstationer ökar stadigt och särskilt kraftigt under det senaste året, se Figur 4.9 nedan.[101]

De senaste 10 åren har antalet publika laddstationer ökat med nästan 2 000 procent till 4 675 år 2023. Av dessa erbjöd 1 040 snabbladdning.[102]



Figur 4.9. Utveckling av antalet publika laddstationer i Sverige de senaste 10 åren.
Källa: Power Circle, bearbetad av Sweco.
www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/rapporter/5hqwk2_transportanalys_2024_webb_79_pdf_1213857.html/Transportanalys_2024_webb_79__1.pdf

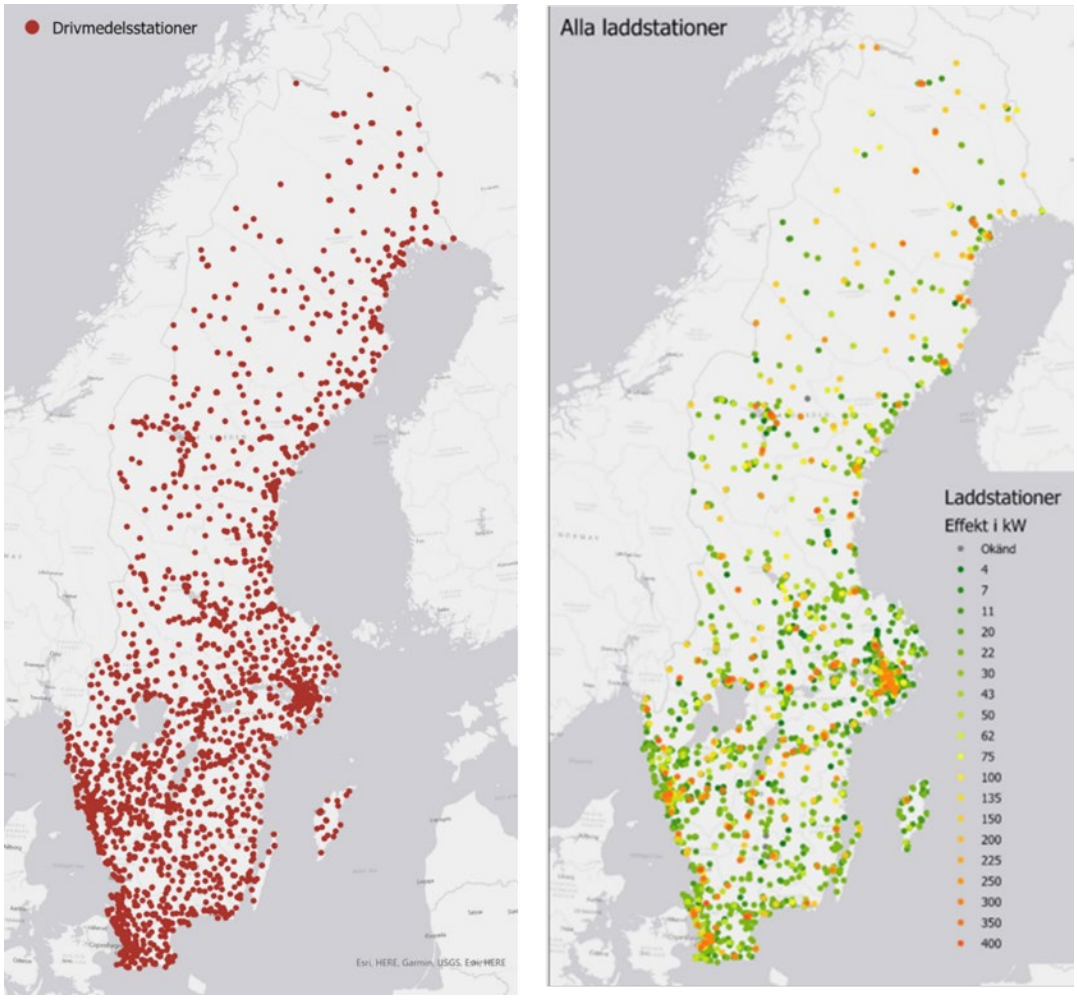
I AFIR regleras att det ska finnas 0,8 kW publik laddkapacitet per laddhybrid respektive 1,3 kW laddkapacitet per batterielektrisk bil.[103] Utifrån förväntad utveckling av fordonsflottan kan behovet av publik laddinfrastruktur framöver bedömas, men då behöver hänsyn tas till annan teknisk utveckling, till exempel energitätheten i batterier.[104]

Vänstra delen av kartan nedan visar drivmedelsstationernas geografiska spridning i landet. De flöden av fossila drivmedel som beskrivits på bilder i avsnitt 4.2 kommer vid en storskalig elektrifiering att minska kraftigt och huvuddelen av drivmedlen bör 2045 ha ersatts av el. Även om färre behöver tanka flytande drivmedel kommer fortfarande annan service till bilägare som tvätt, luft samt inköp av biltillbehör att behövas. Det kommer också fortsätta att finnas ett behov från fordon som fortfarande är drivna med flytande drivmedel.[105] Här uppstår en intressant fråga om statens roll för att tillgodose dessa behov. I direktivet till den nyligen tillsatta Styrmedelsutredningen ingår att föreslå hur utfasningen av fossila bränslen till 2045

[101] Sweco (2024), Transportsektoranalys 2024, www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/rapporter/5hqwk2_transportanalys_2024_webb_79_pdf_1213857.html/Transportanalys_2024_webb_79__1.pdf
[102] Laddning med en effekt på mer än 22 kW. Energimyndigheten (2023). Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering, www.energimyndigheten.se/4af928/globalassets/klimat--miljo/elektrifiering/myndighetsgemensam-uppfoljning--av-samhallets-elektrifiering-huvudrapport-2023.pdf
[103] EUROPEAN UNION (2023). REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU, https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-25-2023-INIT/en/pdf
[104] Trafikverket (2024). Inriktningsunderlag för infrastrukturplaneringen, För perioden 2026–2037, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1827847/FULLTEXT01.pdf
[105] Trivector Traffic (2024). Både hot och möjligheter med framtidens drivmedelsstationer, www.trivectortraffic.se/framtidssakrad-samhallsplanering/bade-hot-och-mojligheter-med-framtidens-drivmedelsstationer/

ska kunna ske på ett acceptabelt sätt som inte får skadliga effekter för delar av landet eller samhället.[106]

Många drivmedelsstationer erbjuder idag laddmöjligheter och vi kan förvänta oss att flertalet drivmedelsstationer i framtiden kommer att erbjuda snabbladdning. Högra kartan i Figur 4.10 illustrerar geografisk spridning av publika laddstationer i Sverige. Av bilden framgår att spridningsmönstret för publika laddstationer påminner om det för drivmedelsstationer.



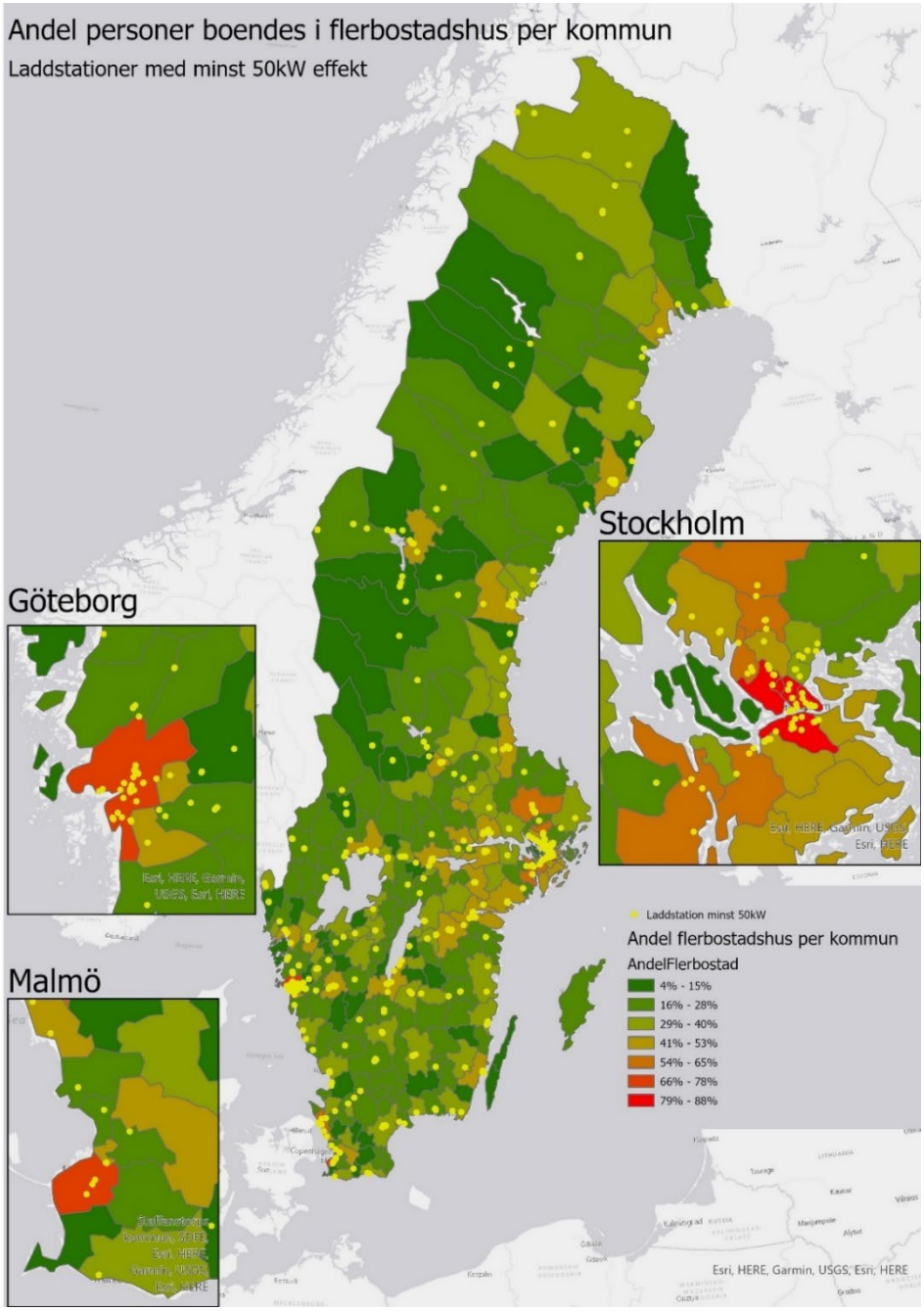
Figur 4.10. Geografisk spridning av drivmedelsstationer och publika laddstationer i Sverige.
Källa: Trafikanalys 2024, bearbetning av data från Tillväxtverket och Energimyndigheten.

Figur 4.11 beskriver förutsättningarna för hemmaladdning. Mörkgrönt visar att en liten andel i områdena bor i flerbostadshus, de orangea visar större tätorter med blandad bebyggelse och i de röda områdena är det en hög andel boende i flerfamiljshus.

Ju högre andel som bor i flerbostadshus desto svårare är det idag med hemmaladdning, å andra sidan finns det i de stora städerna alternativ till egen bil till exempel i form av väl utbyggd kollektivtrafik. En viktig del av den storskaligt elektrifierade transportsektorn blir att erbjuda funktioner för laddning som ger åtminstone motsvarande möjlighet för rörlighet som

[106] Regeringen (2024). Styrmedel för att bidra till en utfasning av fossila bränslen och att nå Sveriges klimatåtaganden i EU, www.regeringen.se/contentassets/fea643134ddc494ba240165b20b202b8/styrmedel-for-att-bidra-till-en-utfasning-av-fossila-branslen-och-att-na-sveriges-klimatataganden-i-eu-dir.-202498.pdf

de nuvarande tankmöjligheterna. Det kan innebära en kombination av publik laddinfrastruktur och hemmaladdning på parkeringsytor vid egna hus eller vid flerbostadshus, men även laddning på kommunala gatuparkeringar.



Figur 4.11. Andel personer boendes i flerbostadshus och publika laddstationer med minst 50kW effekt. Källa: Trafikanalys 2024, bearbetning av data från Tillväxtverket och Energimyndigheten.

Ett sätt att illustrera hur tillgängligheten till drivmedel och el ser ut är att mäta hur körtiden från bostad till drivmedels- eller laddstation varierar mellan olika kommungrupper. Det blir också ett mått på hur tillgängligheten för besökare ser ut. Tabell 4.2 visar på förutsättningar för långväga besökare att tanka eller ladda. Tabellen visar att det idag kan gå bra att bo och

ladda, men att det kan krävas planering för de som är på tillfälligt besök i området. Den visar även på svårigheter för den långväga, tunga trafiken att hitta laddmöjligheter.

Digitala lösningar som identifierar var det kan finnas möjliga laddpunkter utöver publika laddstationer kommer troligen att öka i betydelse, särskilt i glesbefolkade områden.

I vissa glesbebyggda områden med hög grad av hemmaladdning kan utmaningar uppstå för övrig service i form av till exempel paketutlämning, livsmedelsförsäljning och övriga tjänster för fordon. Lönsamheten för de drivmedelsstationer som idag står för denna service kan minska i de fall kundbesöken till stationerna blir betydligt färre.

Tabell 4.2. Olika förutsättningar för långväga besökande att tanka eller ladda – andel bostäder med högst 20 minuters bilresa till närmaste station för olika kommungrupper.

	20 min bilfärd till		20 min bilfärd till
Kommungrupp	**Laddstation**	**Minst 50kW**	**Drivmedelsstation**
Storstadskommuner	100%	99%	99%
Täta blandade kommuner	100%	95%	100%
Glesa blandade kommuner	98%	76%	96%
Tätortsnära landsbygdskommuner	99%	72%	100%
Glesa landsbygdskommuner	94%	49%	100%
Mycket glesa landsbygdskommuner	85%	33%	100%
Riket	99%	88%	100%

Källa: Trafikanalys 2024, bearbetning av data från Tillväxtverket och Energimyndigheten.

4.5 Drivmedel idag och i framtiden – summering

Detta kapitel har beskrivit potentiella konsekvenserna en storskalig elektrifiering för flödet och behovet av fossila bränslen idag och i framtiden samt den geografiska fördelningen av drivmedelsstationer och laddpunkter. Här följer en övergripande summering av konsekvenser för dessa områden:

- Det minskade fossilberoendet påverkar samhällets transportflöden och förutsättningar för företag och arbetsmarknad. God planering och framförhållning inom dessa delar blir ett viktigt stöd när samhället ställer om.
- Volymen och sammansättningen av import, export och inrikes flöden påverkas starkt av ett minskat fossilberoende, vilket i sin tur får betydelse inte minst för sjöfartens förutsättningar. Intäkterna från farleds- och lotsavgifter förväntas minska och förutsättningarna för hamnverksamheten, särskilt i de hamnar som hanterar oljeprodukter, förändras sannolikt. Även transporterna av oljeprodukter med lastbil förändras. Det bör redan nu analyseras noggrannare vad detta kan innebära, till exempel för finansieringen av sjöfartens infrastruktur, för godstransportarbetets utveckling och långsiktiga satsningar på infrastruktur.

- Fördelningen av laddmöjligheter kommer säkerligen att se annorlunda ut vid en jämförelse med tillgången till drivmedel idag. Digitala lösningar som identifierar var och när på dygnet laddning är fördelaktigt lär öka i betydelse.
- I vissa glesbebyggda områden med hög grad av hemmaladdning kan utmaningar uppstå för övrig service exempelvis i form av paketutlämning, livsmedelsförsäljning och övriga tjänster för fordon när kundunderlaget till drivmedelsstationer minskar. Att bevaka denna utveckling och planera för eventuella lösningar är en viktig del för omställningen i dessa områden.
- Om flytande drivmedel försvinner ersätts distributionen av drivmedel på transport-infrastrukturen av transporter av energi i ledningar (el och gas). Detta eftersom dagens distributionsmönster, där tankbilar levererar drivmedel till drivmedelsstationer, kommer att ersättas av eldistribution via ledningar fram till laddstationer (som motsvarar drivmedelsstationerna). Ansvaret för utbyggnad av infrastrukturen kommer således i viss mån att förflyttas från traditionell transportpolitik till energipolitik, vilket innebär att det behövs en ökad samverkan och integration mellan dessa områden.

5 Framtida kostnader för transportsystemets användare

En storskalig elektrifiering kommer att ha betydande samhällsekonomiska konsekvenser. I detta kapitel inleder vi med att översiktligt beskriva möjliga konsekvenser när det gäller skatteintäkter till staten. Sedan analyserar vi ekonomiska konsekvenser för användarna av transportsystemet med fokus på näringsliv och hushåll.

Slutligen undersöks tänkbara scenarier för marknadsutvecklingen efter 2030 med avseende på elfordon. För de framtida kostnaderna får sambanden med marknader utanför Sverige och förändringar som sker längs vägen en betydande roll. Det kommer därför att vägas in i kapitlets analyser. Konsekvensbeskrivningarna kan skilja sig beroende på vilka antaganden och förutsättningar som gäller för respektive scenario och vilken metod som använts för att analysera konsekvenserna.[107]

5.1 Dagens fossila drivmedel genererar betydande skatteintäkter

Som framgår av tidigare kapitel kommer elektrifieringen av transportsystemet att leda till en minskad användning av fossila drivmedel och därmed minskade intäkter i form av skatter från dem. Statens intäkter från drivmedelsskatter uppgick år 2023 till knappt 50 miljarder kronor.[108] I Tabell 5.1 nedan framgår hur intäkterna fördelar sig på olika poster.

Tabell 5.1. Skatteintäkter från drivmedel 2023.

Typ av skatt	Miljoner kronor
Koldioxidskatt bensin	7 790
Koldioxidskatt oljeprodukter (till största del från vägtransporter)	14 120
Energiskatt bensin	9 280
Energiskatt oljeprodukter (till största del från vägtransporter)	8 200
Moms på drivmedel till privatbilism (skattning)	10 000
Totalt	49 390

Källa: Ekonomistyrningsverket 2023[109] Trafikanalys 2018.
Källa:www.riksrevisionen.se/download/18.1280f3f017633a00615181ec/1607342210434/RiR%202020_25%20Anpassad.pdf, www.esv.se/press-och-publicerat/publikationer/2024/tidsserier-statens-budget-m.m.-2023

[107] Dessa finns närmare beskrivna i respektive avsnitt. I de flesta fall utgår analyserna från Trafikverkets basprognos.
[108] Att endast ett ungefärligt belopp kan anges beror på att intäkterna av energi- och koldioxidskatt för diesel inte särredovisas samt att det inte finns en specificering av momsintäkterna från bensin och diesel.
[109] ESV (2024). Tidsserier, statens budget m.m. 2023, www.esv.se/press-och-publicerat/publikationer/2024/tidsserier-statens-budget-m.m.-2023

En utfasning av fossila bränslen och fordon kan kräva förändrade skattebaser för att staten ska klara sin finansiering av välfärden. En fråga blir hur mycket av de minskade intäkterna som kan kompenseras genom andra skatter som till exempel skatter på el, elfordon och kilometerskatt och hur mycket som måste tas in från andra skattebaser? Riksrevisionen har efter en granskning kommit fram till att regeringen överskattar de framtida intäkterna från energi- och koldioxidskatt och rekommenderar att utveckla metoden för beräkningarna av skatteintäkter på klimat- och energiområdet.[110]

5.2 Ekonomin för användare påverkas

I detta avsnitt undersöker vi vad som påverkar kostnaderna för användarna av transportsystemet med fokus på konsekvenser för näringsliv och privatpersoner. Vilka trafikslag kommer att drabbas mest av ökade kostnader? Vilka trafikslag används av näringsliv och privatpersoner? Effekten av stigande transportkostnader påverkas av hur transportföretag, transportköpare och privatpersoner kan anpassa sig till högre kostnader som till exempel deras förmåga att investera i nya fordon och/eller ändra sina resvanor/transportbehov eller minska trafikarbetet.

Analysen är avgränsad till konsekvenser för näringsliv och privatpersoner.[111] Såväl direkta som indirekta effekter är av intresse. Med direkta effekter menar vi här effekter på bränsle- och körkostnader och de indirekta effekterna avser hur företagens förändrade kostnader påverkar varor och tjänster som privatpersoner efterfrågar. Privatpersoner påverkas dels genom sina egna resor och köpta transporttjänster, dels genom vilka varor man konsumerar, vars priser i sin tur således (delvis) påverkas av näringslivets kostnader för transporter. Det finns en hög osäkerhet om de indirekta effekterna, och fokus ligger därför på de direkta effekterna.

Det är viktigt att understryka att det inte bara är drivmedelspriser som påverkar företagens kostnader. De påverkas ekonomiskt genom att det behövs investeringar i fordon som också påverkar körkostnader och underhållskostnader, samt insatsvaror. Skillnader i inköpspris och totalkostnad mellan fossildrivna och elektriska lastbilar är en viktig faktor som påverkar efterfrågan på elektriska lastbilar. Priset på en tung eldriven lastbil varierar vanligtvis mellan 3 och 6 miljoner kronor medan en dieseldriven lastbil kostar cirka 2 miljoner kronor.[112] Det är alltså betydligt dyrare att idag köpa in en eldriven lastbil jämfört med en konventionell. Däremot har eldrivna fordon lägre drift- och servicekostnader. En nackdel med elektriska lastbilar är att batterierna är tunga och att de därmed kan ta mindre last, vilket kan påverka transportekonomin för åkeriet. Dessutom påverkas kalkylen i stor utsträckning av förväntningar om framtida elpris och prisskillnader mot andra drivmedel, mer om det nedan.

Näringslivet använder ofta samtliga trafikslag för sina transporter: väg, järnväg, sjöfart och luftfart, men i olika utsträckning. Eftersom vägtransporter redan har kommit relativt långt i sin elektrifiering med lägre totalkostnader än för övriga trafikslag antar vi att detta gynnar branscher som idag har en hög grad av lastbilstransporter. För lätta lastbilar i Sverige är idag

[110] Nilsson m.fl. (2020). Framtidens beskattning av vägtransporter, https://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:1449320/FULLTEXT02.pdf
[111] Vi tar här inte upp eventuella kompensatoriska åtgärder eller andra styrmedel som staten kan komma att ta fram för att till exempel öka skatteintäkterna, eller för att minska kostnadsökningar för privatpersoner.
[112] Konjunkturinstitutet (2024). Specialstudie Åkeribranschen, www.konj.se/download/18.7301e8021927092ddb17e0e4/1729173937014/Specialstudie-105-%C3%85keribranschen.pdf

skillnaden i totalkostnad mellan laddbara och konventionella fordon relativt liten även utan några stöd.[113]

Generellt är den totala årliga kostnaden för att äga tunga elektriska lastbilar större än för de fossila motsvarigheterna (skillnaden är 200 000–300 000 kronor per år i Sverige), men flera studier indikerar att prisparitet kan uppnås innan 2030.[114] För de branscher som är beroende av sjöfart antar vi att kostnaderna kommer att gå upp relativt mer eftersom sjöfarten kommer ha en långsammare övergång till fossilfrihet och priserna på fossila bränslen förväntas öka på grund strängare miljöregleringar. Priserna kan initialt vara högre för sjöfarten och luftfarten på grund av investeringskostnader och uppskalning av produktionen av förnybara bränslen. Det bör i sammanhanget noteras att transportkostnaderna utgör en relativt liten del av den totala kostnaden, vilket gör att effekterna kommer att vara relativt små.[115]

Olika scenarier för priset på el och alternativa bränslen

Även faktorer utanför själva elektrifieringen påverkar de framtida kostnaderna för transportsystemets användare. Vi har utgått från nedanstående faktorer eller mönster.

Vi kan se att prisutvecklingen för olika drivmedel i hög grad beror av oljepriset och av varandra, det vill säga olika drivmedel är substitut. Priset på andra drivmedel än el påverkar omställningskostnaden för att övergå till eldrift för olika fordon och farkoster.

Striktare utsläppsregler och högre koldioxidskatter kan öka kostnaderna för fossila bränslen, och därmed minska efterfrågan på dem och i stället öka elektrifieringen genom att eldrift blir relativt billigare.

Förnybara bränslen kan också se en ökad efterfrågan bland annat till följd av EU:s 55 %-paket, vilket kan påverka priserna beroende på hur snabbt produktionskapaciteten kan skalas upp. Detta är av betydelse i första hand för sjö- och luftfart, eftersom dessa trafikslag traditionellt använder obeskattat bränsle som är relativt billigt. Övergången till förnybara bränslen blir därför dyrare och kan kräva mer stöd och styrmedel.

Andra länder utanför EU ligger i andra faser av sin utveckling med en fortsatt efterfrågan på fossila drivmedel som kan påverka världsmarknadspriserna för olja och gas. Andra globala faktorer som styrningen av den globala produktionen och reserver av olja och gas påverkar den globala utbudssituationen och kommer att fortsätta påverka priset på fossila bränslen.

Dessa faktorer påverkar kostnaderna för elektrifiering i Sverige genom att de påverkar priserna på fossila och förnybara bränslen i förhållande till el. Om världsmarknadspriserna på fossila bränslen minskar blir kostnaden för elektrifiering relativt sett högre. Prognosen för den globala efterfrågan på fossila bränslen är osäker på grund av att olika länder har olika strategier och på grund av geopolitiska faktorer.

Dyrare fossildrivmedel och hög elektrifiering sänker körkostnaden
I Trafikverkets ASEK-rapport från i april 2024 finns bedömningar av körkostnader för de olika trafikslagen, baserat på antaganden om bland annat att klimatmålen nås genom styrmedel och att elektrifieringstakten blir hög. Styrmedel som syftar mot klimatmålen medför högre fossila drivmedelspriser och därmed högre körkostnader. En hög elektrifieringstakt i väg-

[113] WSP (2022). Stödsystem för lastbilar, www.trafa.se/globalassets/rapporter/klimatuppdrag/stodsystem-for-lastbilar.pdf
[114] Konjunkturinstitutet (2024). Specialstudie Åkeribranschen, www.konj.se/download/18.7301e8021927092ddb17e0e4/1729173937014/Specialstudie-105-%C3%85keribranschen.pdf
[115] Trafikanalys (2018). Skatter, avgifter och stöd inom transportområdet – slutredovisning, www.trafa.se/globalassets/rapporter/2018/rapport-2018_15-skatter-avgifter-och-stod-inom-transportomradet.pdf

fordonsflottan medför å andra sidan lägre körkostnader på grund av högre energieffektivitet. Den sammantagna effekten kommer, enligt Trafikverkets prognos, att bli genomsnittliga körkostnader i personbilsflottan år 2045 som är omkring 22 procent lägre än år 2019.[116]

Trafikverkets prognoser bygger på antaganden om en högre reduktionsplikt som inte längre gäller. Om elektrifieringen av personbilsflottan går långsammare på grund av lägre reduktionsplikt eller av andra orsaker kommer de genomsnittliga körkostnaderna inte vara lika låga. Vilka styrmedel som kommer på plats, samt hur bensin- och dieselpriserna utvecklas, påverkar därför hur snabbt elektrifieringen av vägflottan går. Minskad efterfrågan på olja kan också medföra lägre bensin- och dieselpriser och försena elektrifieringen.

Som underlag till Basprognos 2024 gör Trafikverket en analys av energiprisernas utveckling.[117] Trafikverket har baserat sin prognos på energiprognoser från Energimyndigheten. Trafikverket konstaterar att priserna på alla flytande bränslen (biogena och fossila) på ett eller annat sätt bestäms av hur råoljepriset utvecklar sig. Den historiska kopplingen mellan priser på flytande bränslen och råoljepriset är stark.

Konstant eller lägre oljepris kan förväntas i framtiden till följd av lägre efterfrågan
Prisutvecklingen för fossila bränslen följer det globala oljepriset, vilket även påverkar efterfrågan på alternativa, förnybara bränslen som inte är baserade på råolja. Om världens efterfrågan på olja minskar över tid, är det rimligt att den långsiktiga trenden är lägre oljepris. Samtidigt påverkas oljepriset mycket av de få stora producenterna i OPEC/OPEC+ och deras åtgärder för att hålla oljepriset på en nivå som passar deras syften. Även om Europa minskar sitt oljeberoende så kan andra utvecklingsländer öka sin efterfrågan, eftersom man ännu inte kommit lika långt i omställningen.

[116] Trafikverket (2024), Förutsättningar för fordon, drivmedel och körkostnader i Basprognos 2024, sid 17, https://bransch.trafikverket.se/contentassets/a505c287326d4bfca66fcb8c0fe2288e/2024/pm-forutsattningar-for-fordon-drivmedel-och-korkostnader-i-basprognos-2024.pdf
[117] Trafikverket (2022), *Energipriser i Basprognos 2024.*

FN:s internationella energiorgan IEA bedömer att efterfrågan på olja kommer att öka i Asien, men att det parallellt sker en minskning av global efterfrågan som en följd av omställningen av transportsektorn i många andra delar av världen, som EU och Nordamerika. Den globala efterfrågan på olja (inklusive biodrivmedel) kommer att öka endast cirka 4 procent de närmaste åren och plana ut på omkring 106 miljoner fat per dag i slutet av decenniet, det vill säga omkring år 2030.[118]

Såväl fossila som alternativa bränslen följer oljepriset
Trafikverkets analys visar att såväl fossila som alternativa bränslen historiskt har följt oljeprisets utveckling. Dessa alternativa bränslen är viktiga för sjöfart och flyg som inte har kommit lika långt i elektrifieringen. Sjöfarten har traditionellt haft bunkerolja som bränsle, vilket dessutom har varit obeskattat. I samband med att svavelskyddsområden infördes på olika håll i världen för ett tiotal år sedan har många europeiska rederier valt att använda lågsvavliga bränslen som MGO[119] för sina fartyg.[120]

Nu ställer den globala sjöfarten om till LNG (flytande fossil naturgas), metanol och för mindre fartyg även till el. Trafikverkets analys visar att både fossil gas och gas med 10 procent förnyelsebar inblandning (LBG 10 procent) följer marknadspriset på fossil naturgas. Det är rimligt att tro att priset på metanol (liksom andra biobränslen) också följer priset på MGO, dvs. i grunden råoljepriset. Trafikverkets analyser visar att även flygets jetbränsle har följt oljepriset.[121]

Trafikverkets bedömning av bränslepriserna för vägfordon år 2030 respektive 2045
Trafikverket räknar i sin *Basprognos för 2024* med att pumppriserna för bensin och diesel (inkl. skatter) i stort sett kommer att fördubblas (dvs. öka med cirka 100%) till år 2045 jämfört med 2019. Det alternativa bränslet HVO kommer enligt Trafikverkets prognos att öka med knappt 50 procent till 2045.

Redan år 2030 räknar Trafikverket med att bensin och diesel vid pump har ökat med i snitt cirka 35 procent, och HVO med cirka hälften så mycket, 18procent (se vidare Bilaga C). Dessa priser utgår dock från en högre reduktionsplikt än vad som råder idag, vilket kan betyda att prisökningen kan komma att bli lägre. Lägre bensin- och dieselpriser betyder i sin tur att elektrifieringen av personbilsflottan kan komma att bromsas in, eftersom prisrelationen mellan fossilbil och elbil förändras till elbilens nackdel.

Priset för utsläppsrätterna får stor betydelse

För de trafikslag som använder fossila bränslen kommer priset på utsläppsrätter inom EU-ETS att få betydelse för transportkostnaden och transportekonomin. Luft- och sjöfart ingår i dagens ETS 1 och vägtransportsektorn kommer från 2027 att ingå i utsläppshandelssystemet ETS 2.

Priset på utsläppsrätter bedöms öka de närmaste decennierna
EU-kommissionen har gjort prognoser som visar ett pris för utsläppsrätterna inom ETS 1 på 340 EUR per ton 2040.[122] Ett pris på 340 EUR per ton skulle nominellt betyda ett pris som är mer än fem gånger högre än idag. BloombergNEF menar att priset väntas sjunka lite inför

[118] IEA (2024), Oil 2024, Analysis and forecast to 2030, https://iea.blob.core.windows.net/assets/493a4f1b-c0a8-4bfc-be7b-b9c0761a3e5e/Oil2024.pdf
[119] Marin gasolja
[120] Ett alternativ är att använda skrubber, som är på väg att fasas ut på flera håll i Europa grund av att det leder till giftiga utsläpp i havet.
[121] TRV (2022), *Energipriser i Basprognos 2024.*
[122] EURACTIV (2024), EU-KOMs prognos, www.euractiv.com, 2024-11-19

2025 men stiger raskt efter det, mot cirka 150 EUR per ton år 2030 och mot 200 EUR per ton år 2040.[123]

Det har bedömts att de sektorer som omfattas av ETS 2 kommer att behöva minska koldioxidutsläppen mer än fem gånger så snabbt som de historiska minskningstakterna för att klara utsläppstaket.[124] I scenarier där utsläppsminskningarna är mycket långsammare än taket, och de inbyggda balanseringsmekanismerna är för svaga och för långsamma, skulle mycket höga CO_2-priser bli resultatet.[125] DNV menar t.ex. att kostnaderna för container-transporter kommer att öka kraftigt som en följd av sjöfartens klimatomställning.[126]

Kostnaden för transporter inom ETS
Inom de trafikslag som inte kommit lika långt i elektrifieringen kommer utsläppshandeln inom EU ETS att medföra ökade kostnader förknippade med transporttjänsterna, såväl för privatpersoner som för näringsliv. Eftersom näringslivet har stora möjligheter att övervältra kostnader på konsumenter, blir det sannolikt i hög grad konsumenter som får betala i slutändan.

I och med att sjöfarten och inrikesflyget ingår i EU:s utsläppshandelssystem (ETS) har varje sjötransport respektive flygning som görs med fossilt bränsle en alternativkostnad. Det innebär att om transporten eller flygningen inte sker frigörs utsläppsrätter som kan säljas och därmed inbringa en intäkt till operatören. Den verkliga företagsekonomiska kostnaden för en flygtransport eller sjötransport inkluderar därför även värdet av förbrukade utsläppsrätter.[127] Priset för en transport med sjöfart eller flyg borde enligt detta synsätt även inkludera värdet av förbrukade utsläppsrätter (se Bilaga C, tabell C2).

Priset på flyg- och sjöfartsbränsle
Med utgångspunkt i EU-kommissionens prognos[128] över priset på utsläppsrätter menar Trafikverket att priset på fossilt sjöfartsbränsle kommer att ha ökat med 22 procent 2030 jämfört med 2019, och med cirka 60 procent till 2045. Räknar vi med merkostnaden för utsläppsrätter blir det totala priset för sjöfartsbränsle omkring 66 procent dyrare till år 2030 och till 2045 blir det 233 procent dyrare, dvs. mer än 3 gånger dyrare jämfört med år 2019.

Trafikverket räknar med att flygbränslepriset antas vara 4,76 kr per liter år 2019 och att det ska räknas upp realt med samma årstakt som oljepriset, dvs. 2,1 procent fram till 2045 och därefter 0,2 procent. Flygbränslepriset blir då 8,17 kr per liter 2045. Tillsammans med den extra kostnaden för utsläppsrätter blir totalpriset för flygbränslet 17,65 kr per liter. Det innebär ett pris som ligger 3 till 4 gånger högre än idag för flygbränsle.

Elpriset förväntas stiga innan utbudet på el hinner i kapp

I takt med att efterfrågan på el ökar som en del av klimatomställningen såväl i Sverige som övriga EU kan även elpriset komma att stiga, åtminstone på kort sikt. Efterfrågan ökar

[123] BloombergNEF (2024). EU ETS Market Outlook 1H 2024: Prices Valley Before Rally, https://about.bnef.com/blog/eu-ets-market-outlook-1h-2024-prices-valley-before-rally/
[124] Graichen och Ludig (2024). Supply and demand in the ETS 2, Assessment of the new EU ETS for road transport, buildings and other sectors, www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/09_2024_cc_ets_2_supply_and_demand.pdf
[125] EURACTIV (2024). New EU scheme could hike petrol, gas prices higher than expected, key lawmakers admit, www.euractiv.com/section/economy-jobs/news/new-eu-scheme-could-hike-petrol-gas-prices-higher-than-expected-key-lawmakers-admit/
[126] Splash247.com (2024). Decarbonising shipping could double cost of transporting goods by containers: DNV, https://splash247.com/decarbonising-shipping-could-double-cost-of-transporting-goods-by-containers-dnv/
[127] TRV (2022), *Energipriser i Basprognos 2024.*
[128] EURACTIV (2024), EU-KOMs prognos, www.euractiv.com/

snabbare än utbyggnaden av elsystem med vind-, sol- och kärnkraft. För att klara en omställning till eldrift kommer koldioxidfri elproduktion och nya nät att behöva byggas samtidigt som kunderna behöver bli mer flexibla i sin användning av el. På kort sikt kan kostnaden för el därför gå upp eftersom det förväntas bli kapacitetsbrist i elnäten.[129] På lång sikt, om teknologiska framsteg och storskalig utbyggnad av förnybara energikällor fortskrider enligt planerna, kan priserna stabiliseras eller till och med minska.

Svenska kraftnäts scenarier

Svenska kraftnät gör vartannat år långsiktsscenarier för Nordeuropas energisystem. Den senaste långsiktiga marknadsanalysen gjordes i januari 2024.[130] Myndigheten gör olika scenarier med olika antaganden om elbehovet beroende på bland annat omställningstakt, genomslag för vätgasproduktion från el, energieffektivisering, digitalisering och import-beroende gentemot självförsörjningsgrad.

Kraftig elektrifiering kan ge mer volatila elpriser
Gemensamt för de fyra scenarierna är att behovet av el ökar. En kraftig elektrifiering leder till en förändrad prisbild och andra kraftflöden jämfört med idag. Elpriserna blir därmed i regel mer volatila, vilket har att göra med ökad variation i produktionen. Kraftsystemet blir mindre förutsägbart och utfallsrummet för möjliga driftfall ökar.

Vätgas producerad med fossilfri el kan bli en viktig lösning för att få ned utsläppen. Vätgas kan användas för att producera syntetiska bränslen som kan användas där det är svårt att elektrifiera energianvändningen, till exempel inom flygindustrin och för fartyg. Det finns ett mål inom EU att producera 10 miljoner ton vätgas från förnybara energikällor år 2030[131], vilket motsvarar en elförbrukning på ungefär 500 TWh. Elbehovet för vätgasproduktion kan därför bli mycket stort.

Elpriset stiger på kort sikt för att på lång sikt sjunka
De närmaste åren kommer efterfrågan att vara högre än utbudet på elenergi. Det kan komma att innebära stigande elpriser. På längre sikt kommer troligen utbyggnaden av elproduktionen i kapp, vilket i så fall kommer att innebära att priserna kan stabiliseras eller till och med sjunka. Elpriserna ligger därför högre år 2025 jämfört med 2030 och 2040 i Svenska kraftnäts scenarier, se Tabell 5.2.[132] En långsiktig konsekvens av elektrifieringen torde enligt Svenska kraftnäts prognos således vara lägre körkostnader.

Tabell 5.2. Elpriser 2025–2045 i 2020 års prisnivå.

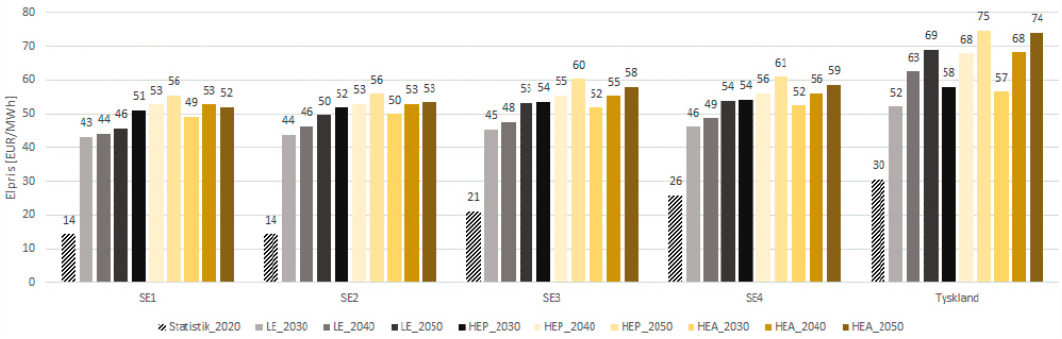
	2025	2035	2045	Förändring 2025 jmf. 2045
Elpris	67–78 EUR/MWh	40–63 EUR/MWh	38–68 EUR/MWh	-13% till - 43%

Källa: Svenska kraftnät, Långsiktiga marknadsanalys 2024.

[129] Energimarknadsinspektionen (2023). Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering, Deluppdrag 3, https://ei.se/download/18.39aa709418c624607454297/1702883519072/Myndighetsgemensam-uppf%C3%B6ljning-%20av-samh%C3%A4llets-elektrifiering-deluppdrag-3-Ei-PM2023-07.pdf
[130] Svenska kraftnät (2024). Långsiktig marknadsanalys, Scenarier för kraftsystemets utveckling fram till 2050, www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2024/lma_2024.pdf
[131] Europeiska kommissionen (2022). REPowerEU: En plan för att snabbt minska beroendet av ryska fossila bränslen och påskynda den gröna omställningen*, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/sv/ip_22_3131
[132] Svenska kraftnät (2024). Långsiktig marknadsanalys, Scenarier för kraftsystemets utveckling fram till 2050, www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2024/lma_2024.pdf, avsnitt 4.3.1.

Energimyndighetens scenarier

Energimyndigheten gjorde 2021, i rapporten Framtidens elektrifierade samhälle, ett antal scenarier för elpriset år 2030, 2040 och 2050. I samtliga scenarier ligger elpriset två till tre gånger högre än priset var 2020, se Figur 5.1. Sveriges elområden förväntas ha samma relativa prisnivåer som idag, dvs. att norra Sverige (SE1) ligger lägst och södra Sverige (SE4) ligger högst. Samtidigt pekar Energimyndighetens prognos på att Sveriges elpris generellt ligger lägre än i Tyskland. Energimyndighetens scenarier för elpriset 2040 och 2050 ligger i samma storleksordning som Svenska kraftnäts analyser.



Figur 5.1. Energimyndighetens scenarier över elpriset i olika svenska elområden samt i Tyskland idag, år 2030, 2040 och 2050.
Källa: Energimyndigheten, *Framtidens elektrifierade samhälle.*

Trafikverkets prognos för elpriset inom transportsektorn

Trafikverket anger i sin Basprognos vilka elpriser (kr/kWh) som kan förväntas för olika fordonstyper inom transportsektorn. Dessa elkostnader ligger mellan 9 och 30 procent högre år 2045 jämfört med 2019, vilket är en mindre ökning av elpriset jämfört med Energimyndighetens och Svenska Kraftnäts scenarier.

När det gäller bantrafik köper Trafikverket in den el som används för trafiken. Det betalas ingen elskatt för bantrafik och därför blir elpriset lägre än för andra trafikslag, allt annat lika.[133]

Tabell 5.3. Trafikverkets ”rekommenderade elpriser” för olika fordon och vägtransporter. Kr/kWh inkl. moms. 2019 års prisnivå.

	2019	*2045*	*Tot. förändring*
Personbilar och lätta lastbilar	1,40	1,84	31,4%
Distributions- och regiontrafik (lastbil + buss)	1,63	1,83	12,3%
Fjärrtrafik (lastbil + buss)	2,1	2,29	9,0%
Stadsbussar	1,16	1,35	16,4%
Bantrafik*	0,68	0,88	29%

***Not: Bantrafik betalar ingen elskatt.**
Källa: Trafikverket, *Energipriser i Basprognos 2024. Tabell 6.*

Näringslivets kostnader påverkas av elektrifieringen

Vi har sett ovan att både fossila och alternativa bränslen i regel kan förväntas öka i pris fram till 2045. På kort sikt kan även elpriset stiga, men tack vare utbyggnaden av elproduktion förväntas elpriset av vissa bedömare stabiliseras vid 2045 eller till och med sjunka jämfört

[133] Trafikverket, *Energipriser i Basprognos 2024, avsnitt 3.2. Elpriset för bantrafik.*

med 2025 eller däromkring. Trafikverkets prognos pekar däremot på en ökning av elpriset mellan 2019 och 2045 på mellan cirka 10 procent och cirka 30 procent.

Trafikverket beskriver i sin basprognos att det stigande elpriset kommer att motverkas av att energieffektiviseringen ökar bland fordonen som elektrifieras, vilket leder till att körkostnaden i stort sett blir oförändrad.

Vi använder Trafikverkets bild av prisutvecklingen för olika bränslen och den energieffektivisering som elektrifieringen innebär, för att bedöma effekterna inom transportnäringen.[134]

Lastbilsbranschen kommer att gynnas av att ha kommit långt inom elektrifieringen och påverkas därför inte i lika hög grad av ökade bränslepriser och/eller utsläppsrättspriser. Reparation och servicekostnader för elektrifierade fordon väntas vara lägre jämfört med konventionella bilar, enligt undersökt kostnadsbild för lastbilar.[135] Det minskar körkostnaden och är något som gör att elbilar är lockande trots ett högre inköpspris.

I nästa avsnitt gör vi en analys av vilka branscher inom näringslivet som därför kommer att gynnas tack vare att man använder en högre andel lastbilar för sina transporter.

Hur olika branscher påverkas av elektrifierade vägtransporter

Enligt flera bedömningar kommer elpriset att öka i lägre takt jämfört med fossila bränslen, och energieffektivisering kommer att minska körkostnaden såväl för privata elbilar som för ellastbilar. Det skulle betyda att elektrifierade vägtransporter kommer att bli mer kostnadsmässigt konkurrenskraftiga jämfört med sjöfart och luftfart och att branscher som har en stor andel av sina transporter på lastbil kommer att få relativt lägre transportkostnader än övriga.

Vi utgår från att svenska företag bör ha goda förutsättningar att förfoga över de fordon som efterfrågas. Däremot är det mer oklart om svensk (och europeisk) fordonsindustri kommer att kunna möta efterfrågan eller om det kommer att bli Asien som levererar elfordonen i framtiden.

Medan omställningen sker kan också priset på utsläppsrätter öka, vilket också bidrar till kostnadsökningen. Företagen kommer till viss del hinna anpassa sig till högre kostnader, och övervältra en del kostnader på kunder och leverantörer. Det kommer i sådana fall att leda till transportkostnadsökningar för de branscher som är beroende av transporter inom dessa trafikslag.

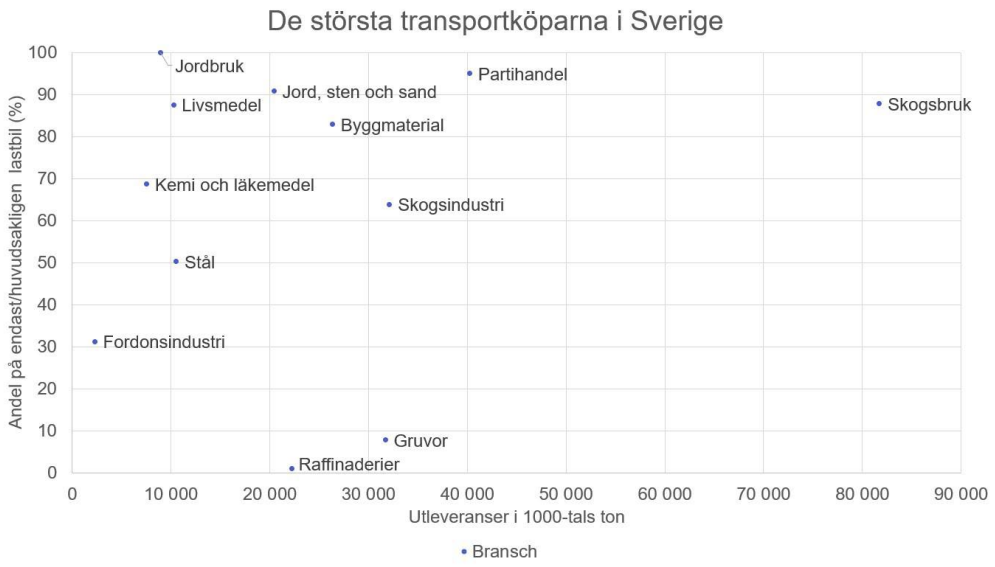
De högre kostnaderna för sjö- och flygtransporter kan leda till minskad efterfrågan på transporttjänster genom att kunderna minskar sin produktion eller förbättrar sin logistik för att minska antalet transporter. Ökade priser kan leda till en övergång till andra trafikslag. Överflyttning till andra trafikslag är dock bara möjlig om det finns alternativa transportsätt. Valet av trafikslag styrs bland annat av varugruppens karaktär och transportavstånd men även av tillgången till det transportnätverk som trafikslagen erbjuder.

För att få en bild av vilka branscher och näringsgrenar som påverkas mest av stigande transportkostnader har vi gjort en analys av påverkan på de olika näringsgrenarna enligt på svensk näringsgrensindelning utifrån data om andelen av deras transporterade godsvikt som

[134] Vi utgår från Trafikverkets prognos som vi bedömer vara den mest relevanta eftersom den används för planeringen av det framtida transportsystemet.
[135] WSP (2014). Åkerinäringens kostnadsbild – en jämförelse mellan fyra länder med trafik i Sverige, www.trafa.se/globalassets/pm/underlag/akerinaringens-kostnadsbild.pdf

går på lastbil eller huvudsakligen lastbil. Ökade transportkostnader kan i sin tur påverka priset på de varor som branscherna producerar och/eller konsumerar.

Vi har avgränsat oss till de tolv största transportköparna, som tillsammans står för omkring 98 procent av den samlade godsvikten som levereras till inhemska mottagare eller som exporteras. Sammanställningen i Figur 5.2 ger en överblick av de branscher som kan gynnas alternativt missgynnas mest av den en storskalig elektrifieringen av vägtrafiken.



Figur 5.2. De största branscherna för varutransporter, mätt utifrån utleveranser i 1000-tals ton, samt deras beroende av lastbilstransporter, mätt som andelen av totalt transporterade ton, 2021.
Källa: Bearbetning av Trafikanalys statistik.

Råvarubaserade näringar med närhet till kunderna gynnas
Skogsbruket som levererar råvara från skogsavverkning till skogsindustrin är en bransch som i hög grad är beroende av lastbilstransporter och som också har den största transporterade godsmängden av de redovisade branscherna. transportkostnader. Skogsindustrin inklusive råvara använder även järnvägs- och sjötransporter men andelen vägtransport är hög och kostnadsutvecklingen för dem kan förväntas vara relativt låg. men inte i lika hög utsträckning som stålindustrin som även får stora mängder järnmalm som insatsvara transporterad på järnväg och sjöfart.

Även för andra branscher med hög andel lastbilstransporter kan samma begränsade kostnadsutveckling väntas. Det gäller till exempel för Jordbruket med transporter från lantbruk, samt utvinning av jord, sten, grus och sand med många korta transporter inom landet, är branscher som uteslutande eller i väldigt hög grad använder lastbil för att leverera sina produkter. Även byggmaterialleverantörer av olika slag och livsmedelsproduktion samt partihandel med dagligvaror och bränslen mm är branscher som i hög utsträckning använder enbart lastbilstransporter.

Exportföretag missgynnas av sitt beroende av sjöfart
Gruvor och indirekt stålindustri tillsammans med raffinaderierna och fordonsindustrin, med sina antingen tunga varor och/eller långa transportavstånd, kan sägas vara de transport-köpare som i störst utsträckning är beroende av andra trafikslag än väg och därmed kan sägas missgynnas mest i termer av relativa transportkostnader. Detta beror framför allt på högre förväntade kostnader för sjöfrakt där elektrifieringen antas gå långsammare.

Kostnader för inköp av varor
Ökade transportkostnader sprider sig i ekonomin och påverkar varupriser och efterfrågan på transporttjänster.

Transportkostnaden för gruvprodukter, stålprodukter, petroleumprodukter samt fordon och komponenter till fordon kommer allt annat lika att öka som en följd av sjöfartsberoendet och dess högre kostnadsläge jämfört med lastbilstransporter (enligt ovanstående resonemang). Det skulle direkt drabba framför allt stålindustrin som köper in mycket malm, fordonsindustrin som köper in mycket stål och komponenter, sjöfarten som idag transporterar mycket bränsle samt alla transportföretag och hushåll som köper in fordon.

Transportkostnaden utgör en liten del av den totala produktionskostnaden
Transportkostnaderna utgör dock en relativt liten del av den totala kostnaden, vilket gör att dessa ”bränsleeffekter” för olika branscher kommer att vara relativt små på den totala kostnaden för varor och tjänster.[136] Vilka varor som kommer att öka i pris beror även på andra effekter som marknadseffekter, skiften i efterfrågan, hushållens budget med mera som kan påverkas av energipriser i övriga delar av näringslivet.

Privatpersoners kostnader för resor och egna transporter

För privatpersoner handlar de flesta transporterna om personbilstransporter, men också kollektivtrafik och fritidsresande med till exempel flyg eller färja.

Transporternas ekonomiska överkomlighet för hushållen styrs av priset på transporttjänster såsom järnvägsresor, flygresor, lokal och regional kollektivtrafik, övriga lokala resor och taxi, och priset för långfärdsbussar och båtresor.[137] Dessutom har hushållen även kostnader för egen bil och bränslekostnader att ta hänsyn till. Energieffektiviseringar kan medföra att kostnaderna minskar trots att drivmedelspriserna går upp.

5.3 Marknadsutveckling efter 2030

I detta avsnitt undersöks tänkbara scenarier för marknadsutvecklingen efter 2030 med avseende på elfordon. Inledningsvis beskriver vi antalet laddbara fordon i nuläget och ger en övergripande bild av hur den geografiska spridningen av fordonen ser ut. Därefter fördjupar vi bilden med avseende på möjliga regionala utfall med fokus på personbilar

Antalet laddbara fordon i nuläget

Antalet laddbara fordon har ökat markant i Sverige de senaste 10 åren. Initialt handlade det främst om personbilar som var laddhybrider. Därefter har antalet elbilar ökat snabbt och under 2023 utgjorde elbilarna och laddhybrider tillsammans 58 procent av de nyregistrerade personbilarna. Å andra sidan har ökningstakten av laddbara personbilar minskat, mellan 2022 och 2023 var den endast 4 procentenheter. Vidare kan vi förvänta oss en minskning av antalet nyregistrerade elbilar under 2024 och 2025, samtidigt som laddhybriderna fortsätter att öka något.[138]

[136] Trafikanalys (2018). Skatter, avgifter och stöd inom transportområdet – slutredovisning, www.trafa.se/globalassets/rapporter/2018/rapport-2018_15-skatter-avgifter-och-stod-inom-transportomradet.pdf
[137] Se t.ex. Trafikanalys (2021). Transporternas ekonomiska överkomlighet - hur mäter vi det? www.trafa.se/globalassets/pm/2021/pm-2021_3-transporternas-ekonomiska-overkomlighet--hur-mater-vi-det.pdf
[138] Trafikanalys (2024). Prognoser för vägfordonsflottan, www.trafa.se/etiketter/prognoser-for-fordonsflottan/

Lätta lastbilar är det segment av övriga fordonsslag, förutom mopeder, som har kommit längst i elektrifieringen. Andelen nyregistrerade, laddbara, lätta lastbilar uppgick till 19 procent 2023. Till skillnad från personbilarna är det ovanligt med lätta lastbilar som är laddhybrider. Utbudet av tunga laddbara lastbilar har hittills varit begränsat, men det börjar nu dyka upp fler modeller som visar aktörerna att det är möjligt att elektrifiera även denna del av lastbilsflottan. Antalet tunga lastbilar med eldrift är fortfarande få, men tillväxttakten för eldrivna tunga lastbilar har varit påtaglig sedan 2021.

Under de senaste åren har även antalet eldrivna bussar ökat i snabb takt. Det är i första hand stadsbussar, eller Bussklass I, som drivs med el. Det finns dock ett antal regionbussar med eldrift, även om de fortfarande är relativt få. Eldrift är tämligen vanligt förekommande bland mopeder klass I med en andel på runt 35 procent av de nyregistrerade mopederna de senaste åren. Detta genomslag har ännu inte skett för motorcyklar. Eldrivna motorcyklar är än så länge få till antalet och utgjorde endast 3 procent av de nyregistrerade motorcyklarna 2023.

De laddbara personbilarna tenderar att främst registreras i storstadskommuner, och än så länge kan vi inte observera någon egentlig spridning på andrahandsmarknaden från storstadskommuner till mer glest befolkade områden. De lätta lastbilarna har en liknande fördelning som personbilarna. Antalet är dock lägre och de saknas fortfarande helt i några kommuner. De tunga lastbilarna är fortfarande få till antalet, och det är svårt att veta om de används i de kommuner där de är registrerade. Det går därför inte att uttala sig om spridningen i landet av tunga lastbilar. Tunga bussar har däremot en spridning mellan norr och söder i Sverige, huvudsakligen koncentrerade till storstadsområdena och större städer.

Det är med andra ord en något tudelad bild som presenteras. Omställningen har tagit rejäl fart för personbilar, men tillväxten är i alla fall i nuläget avstannande. Vi ser även en begynnande tillväxt för både lätta och tunga lastbilar, samt för bussar. Bilden bör också sättas i relation till Trafikverkets ovan beskrivna prognoser, som pekar på en kontinuerligt växande elfordonsflotta fram till 2050. Omställningen är enligt dessa prognoser inte fullständig; vissa fordonsslag når inte 2050 upp till 100 procent eldrift, inte ens med de styrmedel som inkluderas i prognoserna. Sverige behöver med andra ord fortsätta att undanröja hinder för en fortsatt expansion av elfordonen på marknaden, oavsett fordonsslag.

Personbilar – möjliga regionala utfall

Trafikverkets prognos är en nationell prognos. Eftersom vi har sett att utvecklingen hittills inte sker i samma takt överallt i Sverige är det viktigt att också fördjupa kunskapen om möjliga regionala utfall med fokus på personbilar[139], givet olika uppsättningar av tänkta styrmedel. Underlaget för en geografisk nedbrytning hämtas från Luleå tekniska universitet och analyser gjorda med energisystemmodellen TIMES-Sweden. Ett antal scenarier[140] har tagits fram med modellen, baserat på tänkta styrmedel och prisutvecklingen även i andra sektorer av ekonomin.

Utfallet för varje scenario[141] redovisas för fyra kommuntyper - Större städer, Städer, Pendlingskommuner samt Övriga kommuner. Resultatredovisningen nedan begränsas till två ytterlighetsscenarion – ett Worst case (vänstra diagrammen i Figur 5) och ett Best case (högra diagrammen i Figur 5)[142].

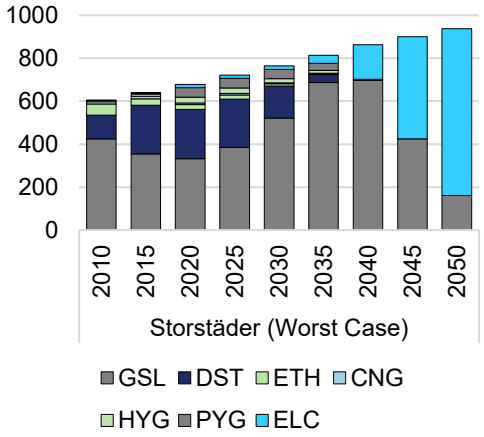
Det första scenariot (Worst case) illustrerar utfallet av en defensiv klimatpolitik och en låg grad av omställning. Det innebär ett fortsatt högt bilberoende i alla regioner, en fortsättning av den nuvarande trenden med större bilar, inga inköpsrabatter för elbilar (BEV), och en relativt hög andel kostsam offentlig snabbladdning för invånare i täta stadsområden.

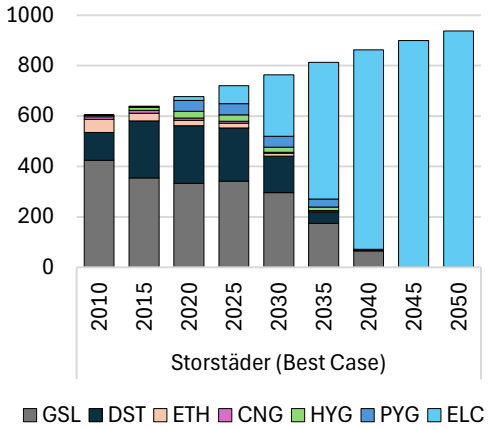
Införandet av BEV i detta scenario försenas i Storstäder på grund av den höga andelen kostsam offentlig snabbladdning (Figur 5, översta vänstra kolumnen). I Storstäder uppnås full elektrifiering av bilparken inte förrän efter 2050, medan de andra regionerna ser ett tidigare införande av BEV (övriga vänstra diagram i Figur 5) tack vare en högre andel hemmabaserad långsam laddning.

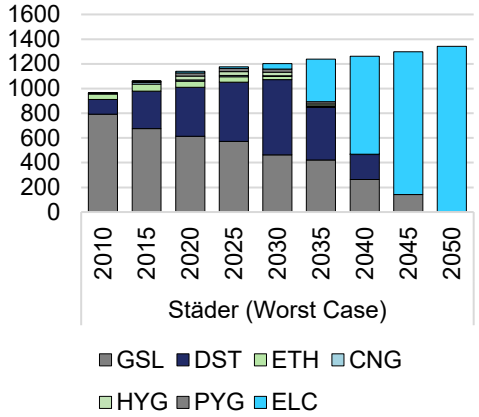
Det andra scenariot (Best case) pekar på utfallet av en mer offensiv klimatpolitik och en hög grad av omställning. Detta antas leda till fordon av mindre storlek, höga andelar hemma-baserad laddning och inköpsrabatter[143]. Utfallet av detta scenario illustrerar att en snabb elektrifiering av bilparken är möjlig (Figur 5.3 högra kolumnen) i hela landet redan 2045.

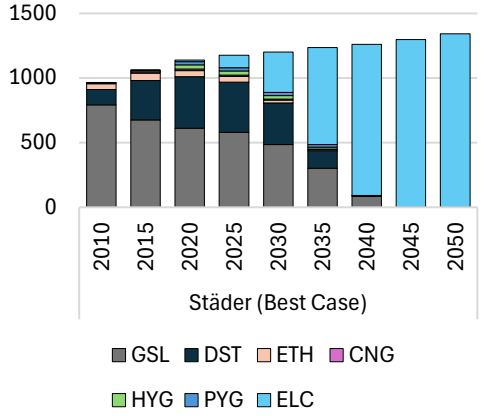
---

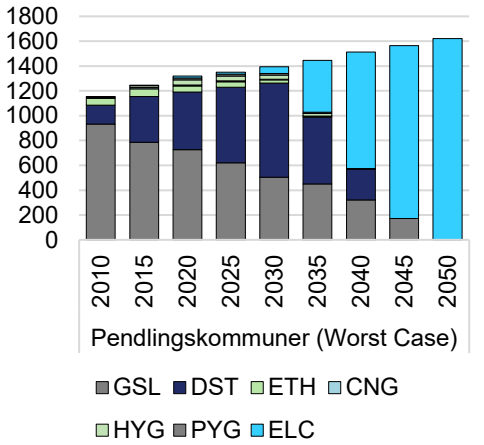
[139] Då tillväxten av övriga fordonsslag ännu inte har kommit lika långt är det inte lika relevant att göra en liknande undersökning för dessa.
[140] Scenarierna baseras i huvudsak på en äldre version av Trafikverkets prognos som redovisades i.
[141] För att se resultaten från de övriga scenarierna (som baseras på olika mixer av de nämnda styrmedlen) som ingår i studien hänvisar vi till studien av Forsberg, J. (2024).
[142] **Worst Case** = Prisutveckling för råolja och gas enligt IEA:s Announced Pledges Scenario, Transport-efterfrågan och trafikslagsandelar i linje med Trafikverkets basprognos, Långsam utbyggnad av infrastruktur för hemmaladdning vid flerbostadshus, Fortsatt ökande andel stora bilar i bilparken, Ingen elbilsbonus.
Best Case = Prisutveckling för råolja och gas enligt IEA:s Announced Pledges Scenario, Transportefterfrågan och trafikslagsandelar i linje med Trafikverkets basprognos, Snabb utbyggnad av infra-struktur för hemmaladdning vid flerbostadshus, Minskande andel stora bilar i bilparken, 70 000 kr i elbilsbonus.
[143] 30 000, 50 000 respektive 70 000. I Figur 5 redovisas endast resultaten för scenarierna med ingen bonus respektive en bonus på 70 000 kr.

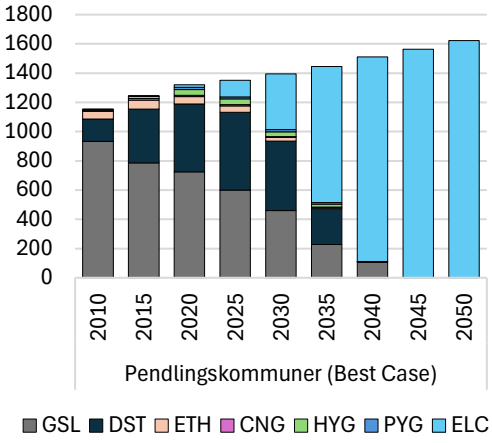

1000
800
600
400
200
0
2010
2015
2020
2025
2030
2035
2040
2045
2050
Storstäder (Worst Case)
GSL DST ETH CNG
HYG PYG ELC

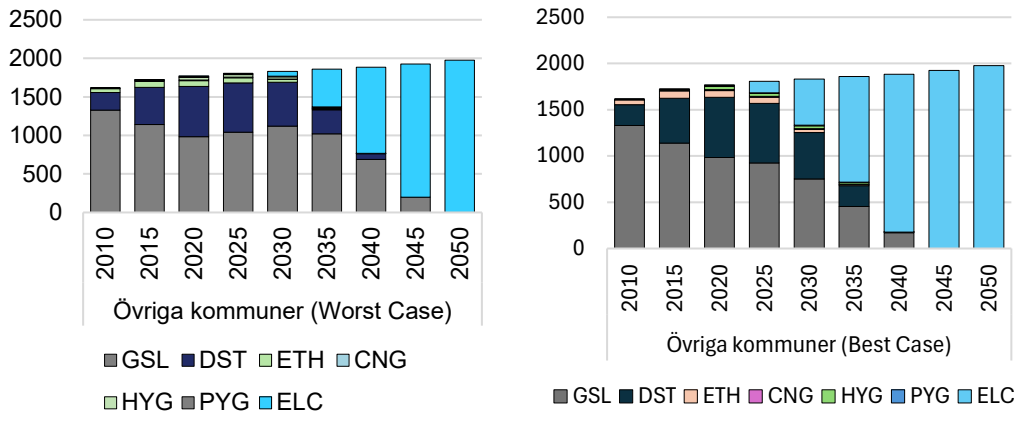

1000
800
600
400
200
0
2010
2015
2020
2025
2030
2035
2040
2045
2050
Storstäder (Best Case)
GSL DST ETH CNG HYG PYG ELC


1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
2010
2015
2020
2025
2030
2035
2040
2045
2050
Städer (Worst Case)
GSL DST ETH CNG
HYG PYG ELC


1500
1000
500
0
2010
2015
2020
2025
2030
2035
2040
2045
2050
Städer (Best Case)
GSL DST ETH CNG
HYG PYG ELC


1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
2010
2015
2020
2025
2030
2035
2040
2045
2050
Pendlingskommuner (Worst Case)
GSL DST ETH CNG
HYG PYG ELC


1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
2010
2015
2020
2025
2030
2035
2040
2045
2050
Pendlingskommuner (Best Case)
GSL DST ETH CNG HYG PYG ELC



Figur 5.3. Antal personbilar (tusentals) per drivmedel och kommuntyp 2010–2050 för två scenarion.
Anm. Bensin (GSL), Diesel (DST), Etanol/E85 (ETH), Gas (CNG), Hybrid (ej ladd) (HYG), Laddhybrid (PYG), Batterielektrisk (ELC).
Källa: Bearbetning av data från Forsberg, J. (2024) On The road to climate neutral Swedish transportation: Energy system modelling to support the transition at national, regional, and local levels. Paper IV: Tailoring climate mitigation strategies for passenger transportation by capturing contextual heterogeneity in the TIMES-Sweden model. FULLTEXT02.pdf (diva-portal.org)

Spridningen som framträder i resultaten mellan en offensiv och en mer defensiv klimatpolitik visar på den osäkerhet som finns om omställningen givet valet av de styrmedel som införs för att minska energirelaterade CO_2-utsläpp från persontransporter. I det offensiva scenariot går omställningen relativt snabbt redan från 2030. I det mer defensivt inriktade scenariot går det betydligt långsammare och en stor del personbilar som drivs med bensin finns fortfarande kvar i flottan 2045 och 2050.

Inom respektive scenario är skillnaderna mellan regiontyperna inte så stor när det gäller elfordonens utveckling. Störst skillnad finns i stället i utvecklingen av dieselbilar. De väntas minska relativt snabbt i Worst Case och ersättas av bensinbilar i Storstäderna fram till 2035. I övriga kommuntyper väntas de finnas kvar i flottan i en högre utsträckning till 2040, med undantag för Övriga kommuner där de då har ersatts av elfordon. Först omkring 2045 nås en hög andel elbilar i Storstadskommunerna i detta scenario.

En liknande utveckling vad gäller dieselbilarna ses även i Best Case, dock inte lika markerad. De minskar över tid och ersätts inte av fler bensinbilar utan av elfordon. Omställningen till elfordon är också mer homogen över kommuntyperna. Laddhybrider spelar i detta scenario dock en något högre roll för Storstadskommunerna än i de övriga kommuntyperna innan även dessa ersätts av elfordon efter 2035.

Resultaten, både från Trafikverkets prognos och scenarierna från TIMES-modellen, indikerar att en storskalig elektrifiering av fordonsflottan är nåbar. Det behövs dock ytterligare styrmedel. Det spelar dock roll vilken typ av styrmedel som införs för hur utfallet blir. Baserat på valet av styrmedel kommer exempelvis utvecklingen av omställningen att variera i olika delar av landet.

5.4 Framtida kostnader för användare – summering

Detta kapitel har beskrivit de konsekvenser en storskalig elektrifiering kan få sett till framtida kostnader för användare av transportsystemet och hur marknadsutvecklingen med avseende på personbilar kan komma att utvecklas sett ur ett regionalt perspektiv. Här följer en övergripande summering av konsekvenser för dessa områden.

- En utfasning av fossila bränslen och fordon kan kräva förändrade skattebaser för att staten ska klara finansieringen av välfärden. I en sådan översyn är det, för att nå uppsatta mål, viktigt att skatterna utformas på ett sätt som främjar fortsatt introduktion av elfordon.
- Flera faktorer har betydelse för den framtida kostnadsbilden: Elektrifieringen sänker sannolikt körkostnaden. Samtidigt kan ett konstant eller lägre oljepris förväntas i framtiden när efterfrågan blir lägre. Priset för utsläppsrätter inom EU ETS får stor betydelse för transportkostnaderna eftersom priset på utsläppsrätter bedöms öka de närmaste decennierna. Därutöver förväntas elpriset stiga i takt med ökad efterfrågan. Kostnaderna kommer att variera under omställningen. Detta är viktigt att beakta vid utformningen av skatter.
- Om priserna på alternativa drivmedel förändras som en följd av omställningen, påverkar detta i sin tur den ekonomiska situationen för företag och privatpersoner både direkt och indirekt. Effekten av stigande transportkostnader påverkas av hur transportföretag, transportköpare och privatpersoner kan anpassa sig till högre kostnader. Det hänger även ihop med deras förmåga att investera i nya fordon och/eller ändra sina resvanor respektive deras transportbehov. Den totala ägandekostnaden kommer troligen att variera över tid och har stor betydelse för hur elektrifieringen får genomslag. Detta är viktigt att beakta i framtagandet av åtgärder som främjar elektrifieringen.
- Åtgärder i samhället kan ge olika utfall för introduktionen av elfordon på regional nivå. Det spelar roll vilken typ av styrmedel som införs för hur utfallet blir. Baserat på valet av styrmedel kan exempelvis utvecklingen av omställningen att variera i olika delar av landet.

6 Markanvändning, elnät och beredskap

Tre områden för konsekvenser lyfts särskilt fram i uppdragsbeskrivningen: markanvändning, elnät och beredskap. Det här kapitlet fokuserar först på dessa områden utifrån ett nationellt perspektiv. Därefter följer exempel från olika delar av landet på goda erfarenheter av en ökad samverkan mellan flera aktörer inom dessa områden.

6.1 Förändrade behov som rör markanvändning

Huvuddelen av den ökade efterfrågan på el fram till 2045 beror på framställning av vätgas genom elektrolysörer för användning i olika industriella processer.[144] Men även transport-sektorns ökade elbehov är en viktig om än relativt liten komponent i den ökade efterfrågan på el.

En storskalig elektrifiering av transportsektorn och andra delar av samhället kommer medföra nya och ökade anspråk på markområden i Sverige och andra länder. Det avser hela värdekedjan från produktion till slutlig användning. Som framgått av kapitel 2 väntas behovet av el bli ungefär dubbelt så stort 2045 jämfört med i dag.

Sveriges landareal uppgår till nära 41 miljoner hektar. Den bebyggda och anlagda marken uppgår till 1,3 miljoner hektar och av denna mark svarar transportinfrastruktur för knappt 500 000 hektar.[145] Någon uppgift om hur stor del av Sveriges landareal som används för energiproduktion tas inte fram av SCB, men de har beräknat att cirka 395 000 hektar finns inom vindkraftverkens influensområde.

På kort sikt kommer den ökade produktionen av el ske med vind- respektive solkraft och på längre sikt är regeringens ambition att kärnkraften ska byggas ut. Förnybar elproduktion är mer ytkrävande än fossil och till sin karaktär mer geografiskt spridd.[146] Förutom de ytor som behövs för produktionsanläggningarna medför en ökad produktion av till exempel solceller och vindturbiner ett ökat behov av innovationskritiska[147] mineraler och metaller. Även elektrolysörer och batterier längre fram i värdekedjan har behov av dessa mineraler och metaller. Det i sin tur innebär att nya områden behöver tas i anspråk för utvinning. I en forskningsöversikt från Riksdagen konstateras att Sverige har geologisk potential för ett flertal

[144] Svenska kraftnät (2024). Långsiktig marknadsanalys, Scenarier för kraftsystemets utveckling fram till 2050, www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2024/lma_2024.pdf
[145] Trafikanalys (2024). Prognoser för vägfordonsflottan, www.trafa.se/etiketter/prognoser-for-fordonsflottan/
[146] Energimyndigheten (2021). Framtidens elektrifierade samhälle, https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=bc912c1c01734cc89398698f864da60a&q=2021:28&lstqty=1
[147] Metaller och mineral som bedöms som nödvändiga för miljö- och teknikinnovationer, exempelvis digitalisering och elektrifiering. Statens offentliga utredningar (2022). En tryggad försörjning av metaller och mineral, www.regeringen.se/contentassets/8d6f4bd8016e4a50ac94931b9b635285/en-tryggad-forsorjning-av-metaller-och-mineral-sou-202256.pdf

innovationskritiska mineraler och metaller men det är för tidigt att säga hur stor del av denna potential som kommer att utvinnas.[148]

För att den ökade produktionen av el ska kunna distribueras till användarna behöver elnätet byggas ut.[149] Att beräkna den fysiska omfattningen är mycket komplicerat eftersom det kräver data om bland annat hur och var elen kommer att produceras. Dessutom påverkas det befintliga nätet när utbyggnad sker.[150]

För transportsektorn medför omställningen till elektrifiering ett tydligt behov av att ianspråkta nya markområden. Ett område som lyfts fram som en viktig faktor för att elektrifiera transporterna är möjligheten att ladda för de drygt 40 procent av befolkningen som bor i flerbostadshus. Förutom den uppenbara konkurrensen i markanvändningen i tätorter så innehåller frågan en rad komplicerade frågor som behöver klaras ut. Det kan gälla till exempel kostnadsfördelning i samfälligheter, användning av allmän platsmark och äganderättsfrågor.[151] En annan fråga att ställa sig rör vilka lösningar som kommer att finnas tjugo år framåt i tiden för att tillgodose rörligheten för människor som bor i flerbostadshus.

Energimyndigheten och Trafikverket har i ett regeringsuppdrag tagit fram ett handlingsprogram för laddinfrastruktur och tankinfrastruktur för vätgas och där föreslagit att en myndighet bör utreda behov och möjligheter till ny mark för laddinfrastruktur.[152] De lyfter behovet i relation till hemma- och depåladdning, semipublik laddning och publik snabb-

[148] Sveriges riksdag (2021). Innovationskritiska metaller och mineral - en forskningsöversikt, www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/rapport-fran-riksdagen/innovationskritiska-metaller-och-mineral-en_h90wrfr10/html/#page_41
[149] Det finns även ett stort behov av reinvesteringar men det bedömer vi inte tar ny mark i anspråk.
[150] Energiföretagen (2023). Sveriges elbehov 2045? Hur stänger vi gapet? www.energiforetagen.se/4917e4/globalassets/dokument/gap-rapport-handlingsplan/sveriges-elbehov-2045---hur-stanger-vi-gapet-20230215.pdf
[151] Trafikanalys (2022). Förslag som leder till transportsektorns klimatomställning, www.trafa.se/globalassets/rapporter/2022/rapport-2022_14-forslag-som-leder-till-transportsektorns-klimatomstallning.pdf
[152] Energimyndigheten (2023). Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering, www.energimyndigheten.se/4af928/globalassets/klimat--miljo/elektrifiering/myndighetsgemensam-uppfoljning--av-samhallets-elektrifiering-huvudrapport-2023.pdf

laddning. Behoven och möjligheten till mark skiljer sig åt för de olika typer av laddning som nämns. Störst utmaning för hemmaladdning finns i flerbostadshus (se även avsnitt 4.4).

Hinder i form av möjligheter för kommuner att göra undantag för elektrifierade transporter under vissa tider på dygnet, möjligheter för samfälligheter att bygga laddinfrastruktur och nätanslutning av laddinfrastruktur hanteras av en pågående utredning som redovisas i december 2024.[153] Den undersöker även ytterligare regelhinder och åtgärder. Därutöver har Transportstyrelsen genomfört en översyn som förenklar för etablering av laddplatser vid flerbostadshus. Den pekar på att den lagstiftning vi har är tillräcklig för att kommunerna ska kunna anordna laddplatser på allmän platsmark.[154]

Något tillstånd enligt ordningslagen krävs inte från Polismyndigheten för laddinfrastruktur som sätts upp på offentlig plats i form av gata eller parkering. Ett fordon som står uppställt på en laddplats är ett parkerat fordon och därmed är det möjligt att föreskriva om tidsbegränsning, avgiftsplikt eller andra villkor för parkering på laddplatsen. När det gäller markanvändning är det således regelverk och tolkningen av dem samt andra hinder som är den största utmaningen snarare än arealen.

Markanvändning är också en utmaning när det gäller laddning av tunga fordon samt för sjö- och luftfarten. De stora effektbehov som uppstår på de platser där tunga lastbilar, fartyg och flygplan ska ladda batterierna kommer att ställa krav på större ytor i anslutning till varje laddstation. Dessa behov är både platsspecifika, utvecklas över tid och är beroende av vilka möjligheter som elnätet kommer att kunna erbjuda.

För att lyckas med utbyggnaden av laddinfrastrukturen krävs att den sker utifrån ett helhetsperspektiv som involverar aktörer på olika nivåer och sektorer, och Energimyndigheten har fått i uppdrag att arbeta mer övergripande med sådan samordning.[155,156] Planeringen och utbyggnaden av laddinfrastruktur har dock det senaste året tagit ett kliv framåt, bland annat med hjälp av regionala elektrifieringspiloter och Klimatklivet[157], och de tidigare identifierade ”vita fläckarna” med avsaknad av laddinfrastruktur är nu väldigt få.[158]

Det finns också goda exempel på samordning i vissa kommuner (se avsnitt 6.4) och vissa transportföretag har ökat samarbetet kring laddinfrastruktur för tunga transporter (se avsnitt 3.1). Det pågår i dagsläget även flera uppdrag med syfte att förbättra samordning. Bland annat har länsstyrelserna i uppdrag att leda och samordna det regionala arbetet och genomförandet av de energi- och klimatstrategierna.[159]

---

[153] Regeringen (2023). Undanröja hinder för elektrifieringen av transportsektorn, www.regeringen.se/contentassets/b4cdb3a1d81a411b9d12395a070499ce/undanroja-hinder-for-elektrifieringen-av-transportsektorn-dir.-202380

[154] Transportstyrelsen (2024). Uppdrag att se över och förenkla vissa regler avseende allmän platsmark, www.transportstyrelsen.se/sv/publikationer-och-rapporter/rapporter/vag/uppdrag-att-se-over-och-forenkla-vissa-regler-avseende-allman-platsmark/

[155] Regeringen (2023). Regleringsbrev för budgetåret 2024 avseende Statens energimyndighet, www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/Index?rbId=24145

[156] Energimyndigheten (2023). Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering, www.energimyndigheten.se/4af928/globalassets/klimat--miljo/elektrifiering/myndighetsgemensam-uppfoljning--av-samhallets-elektrifiering-huvudrapport-2023.pdf

[157] Svensk författningssamling. Förordning om statligt stöd till regionala elektrifieringspiloter för tunga transporter, https://svenskforfattningssamling.se/sites/default/files/sfs/2022-02/SFS2022-107.pdf, Svensk författningssamling. Förordning om statligt stöd till regionala elektrifieringspiloter för tunga transporter, https://svenskforfattningssamling.se/sites/default/files/sfs/2022-02/SFS2022-107.pdf

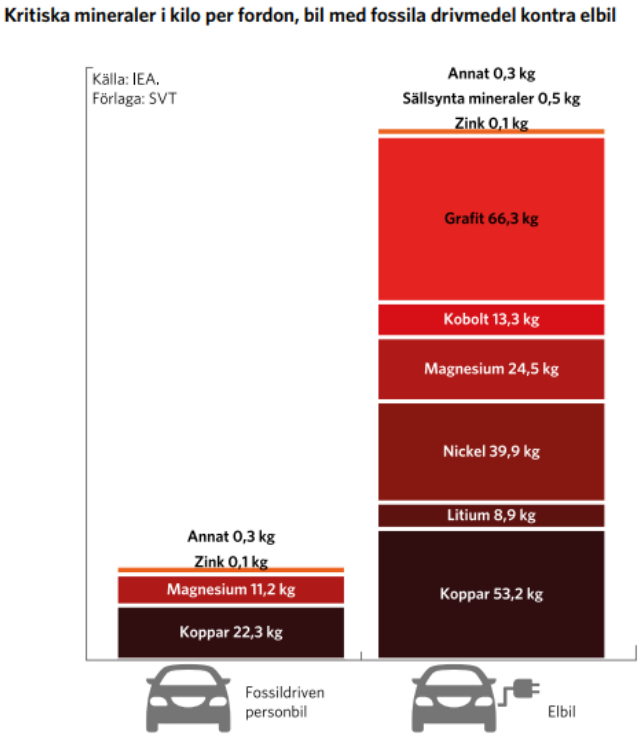
[158] Enligt Trafikverkets nuvarande planering för att täcka sträckor på det funktionellt prioriterade vägnätet där infrastruktur för snabbladdning saknas. I takt med att antalet elbilar ökar kan planeringen behöva ses över.

[159] Regeringskansliet (2023). Regeringen satsar på utvecklad energiplanering, www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/12/regeringen-satsar-pa-utvecklad-energiplanering/

Beroende på teknikutvecklingen och fördelningen mellan trafikslag kan påverkan på markanvändningen variera. Vid en större satsning på elvägar innebär uppförandet av infrastrukturen ett intrång i landskapet med påverkan på natur- och kulturmiljöer både fysiskt och visuellt.[160] Hur stor påverkan blir hänger ihop med vald teknik och hänsyn vid planering. Elvägsteknik kräver också att ytterligare mark tas i anspråk för transformatorstationer som enligt rapporten placeras längs med vägen med drygt två kilometers mellanrum.

Redovisningen ovan visar att omställningen till en elektrifierad transportsektor medför anspråk på mark i flera led i värdekedjan. Därmed uppstår också konflikter mellan elektrifiering och andra intressen. Naturvårdsverket har haft i uppdrag att redovisa en analys av miljöeffekterna av transportsektorns elektrifiering.[161] Där skriver de att det främst uppstår konflikter vid gruvbrytning men även vid ökad elproduktion. I Naturvårdsverkets redovisning ingick dock inte effekter av ökad produktion och distribution av el. Samtidigt kommer nedläggningen av drivmedelsstationer medföra att mark frigörs för andra ändamål men det kräver sanering av den mark där drivmedelsstationerna funnits, se avsnitt 3.3.

I takt med att eldrivna fordon fasas in och fossildrivna fordon fasas ut sker en förändring av råvarubehovet. Behovet av olja minskar successivt, men efterfrågan på komponenter för batterier, solceller och vindkraftverk kommer att öka. De råvaror som riskerar att bli en framtida bristvara är sällsynta jordartsmetaller som kobolt, mangan och nickel. En elbil innehåller i snitt över 200 kilo metaller och mineraler vilket är sex gånger mer än en bil med förbränningsmotor, se Figur 6.1.



Figur 6.1. Kritiska mineraler per kilo fordon, bil med fossila drivmedel kontra elbil.
Källa: Trafikverket 2022, baserat på IEA utifrån förlaga SVT.

[160] Trafikverket (2021). Regeringsuppdrag - Analysera förutsättningar och planera för en utbyggnad av elvägar, http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1524344/FULLTEXT01.pdf
[161] Naturvårdsverket (2023). Miljöeffekter av elektrifiering av transporter, Redovisning av ett regeringsuppdrag https://www.naturvardsverket.se/4accac/contentassets/3a1f5d5418b043699cfedd13563f2b2a/redovisning-ru-miljoeffekter-elektrifieringen-av-transporter.pdf

Kina kontrollerar idag en stor del av denna marknad, och Europa kan behöva bli mer självförsörjande på kritiska metaller och mineraler.[162] År 2020 startade EU European Raw Materials Alliance, med syfte att säkerställa europeiskt oberoende när det gäller kritiska råvaror och delmålet att EU ska vara nästintill självförsörjande på litiumbatterier 2025.[163] Sverige har flera fyndigheter av jordartsmetaller med potential för gruvdrift. Gruvprojektet i Norra Kärr öster om Vättern är en av de mest intressanta platserna i Europa för sällsynta jordartsmetaller.[164] Även själva batteritillverkningen är en viktig fråga för EU. En bedömning av EU:s framtida behov är 10–20 storskaliga fabriker för batteritillverkning, där svenska Northvolt i Skellefteå är ett exempel.[165] Nästan all kobolt i litiumjonbatterier kan återvinnas med dagens teknologi.[166]

För havsanvändningen gäller de ökade anspråken främst de vindkraftsparker som planeras på olika håll längs kusterna. Konflikterna mellan olika intressen, inte minst försvarsintressen, och en utbyggnad av vindkraften till havs och på land kommer att bli allt viktigare att hantera i takt med att vindkraften byggs ut för att möta det ökade elbehovet inte minst på kort sikt.

Sammantaget innebär det här att elektrifieringen kommer att medföra att en större del än idag av marken och havet används för elproduktion respektive brytning av innovationskritiska mineraler och metaller för samhällets elektrifiering men också att vi har ett samhälle där samverkan mellan olika aktörer ökat.

6.2 Elnätet – dess roll och konsekvenser

Elanvändningen förväntas öka till följd av elektrifieringens stora betydelse för klimat-omställningen och expansionen av industrisatsningar baserade på fossilfri el. Hur stor elanvändningen slutligen blir kommer bland annat att bero på hur många satsningar som blir av och på tillgången till el till konkurrenskraftiga priser. För att möta samhällets ökade behov av el och samtidigt säkerställa en god försörjningstrygghet planerar regeringen för en omfattande utbyggnad av elproduktionskapacitet, elnät och lagringsmöjligheter. Siktet är inställt på ett elbehov om minst 300 TWh år 2045.[167] Under 2023 producerades 165 TWh varav 135 TWh användes i Sverige.[168]

En viktig komponent i den ökade efterfrågan på el i framtiden är tillverkning av vätgas för olika industriella tillämpningar och ökad användning av el i industrin i övrigt. Endast en mindre del av ökningen väntas bero på transportsektorns elektrifiering. Enligt Svenska kraftnäts scenarier kommer transportsektorns elanvändning att utgöra cirka 10 procent av den totala användningen av el år 2050.[169]

[162] Tidningen Energi (2021). Ny svensk gruvbrytning kan stärka klimatarbete, www.energi.se/artiklar/2021/juni-2021/stora-fyndigheter-kritiska-material-i-sverige/
[163] Europeiska kommissionen (2018). EU Battery Alliance: Major progress in establishing battery manufacturing in Europe in only one year, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_18_6114
[164] Europeiska kommissionen (2018). EU Battery Alliance: Major progress in establishing battery manufacturing in Europe in only one year, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_18_6114
[165] European Raw Materials Alliance (2024). About us, https://erma.eu/about-us/
[166] Linnéuniversitetet (2023). Ny metod för återvinning av litiumjonbatterier minskar energibehov och miljöpåverkan, https://lnu.se/mot-linneuniversitetet/aktuellt/nyheter/2023/ny-metod-for-atervinning-av-kobolt/
[169] Svenska kraftnät (2024). Långsiktig marknadsanalys, Scenarier för kraftsystemets utveckling fram till 2050, www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2024/lma_2024.pdf
[169] Svenska kraftnät (2024). Långsiktig marknadsanalys, Scenarier för kraftsystemets utveckling fram till 2050, www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2024/lma_2024.pdf
[169] Svenska kraftnät (2024). Långsiktig marknadsanalys, Scenarier för kraftsystemets utveckling fram till 2050, www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2024/lma_2024.pdf

Det är således inte den ökade efterfrågan på el som utgör den största utmaningen för elnätet till följd av transportsektorns elektrifiering. De största problemen ligger i stället i att möta de effektbehov som uppstår på de platser där tunga lastbilar, fartyg och flygplan ska ladda batterierna. Behoven är både platsspecifika och beroende av vilka möjligheter som elnätet kommer att kunna erbjuda.

De batteridrivna fordonen kan i framtiden spela en viktig roll för elektrifieringen. Den aggregerade storleken av vad dessa batterier kan lagra är mycket stor, och de kan därför få en betydande roll både för den timvisa balanseringen av produktion och förbrukning i ett system där den planerade elproduktionen utgör en allt mindre andel, men även som en källa till stödtjänster, till exempel frekvensreglering.[170] Ett bilbatteri har försiktigt bedömt cirka fyra gånger högre kapacitet än batterier som används i anslutning till solpaneler på villatak.[171] Som nämnts i bland annat avsnitten 3.4 och 3.5 kan energihubbar i hamnar och på flygplatser få en motsvarande roll.

Till skillnad från de flesta andra produkter går inte el att lagra utan den behöver användas i samma stund som den produceras. Vid perioder av elöverskott kan den tillgängliga elen användas till att skapa förutsättningar för framtida produktion eller användning av el till exempel genom att pumpa upp vatten, ladda batterier eller till produktion av vätgas.

Den el som används i Sverige produceras både i Sverige och utomlands. Priset på el sätts på elhandelsbörsen Nord pool och varierar med utbud och efterfrågan. Nord Pool, som grundades 1996 för handel av el mellan Sverige och Norge, har därefter vuxit och idag är 21 länder medlemmar.[172]

[170] Svenska kraftnät (2024). Långsiktig marknadsanalys, Scenarier för kraftsystemets utveckling fram till 2050, www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2024/lma_2024.pdf
[171] Solcellskollen (2021). Så väljer du storlek på batteriet till din solcellsanläggning, www.solcellskollen.se/blogg/sa-valjer-du-storlek-pa-batteriet-till-din-solcellsanlaggning
[172] Nord Pool (2024). History, www.nordpoolgroup.com/en/About-us/History/

Sveriges elnät består av tre typer av nät. *Transmissionsnätet* (tidigare kallat Stamnätet) är högspänningsledningar som transporterar elen långa sträckor från producenterna till de regionala näten. Transmissionsnätet ägs och drivs av staten genom Svenska kraftnät. Lokalnäten är det nät som tar elen fram till kunderna. Mellan Transmissionsnätet och Lokalnätet finns *Regionnätet* som kopplar samman de båda tidigare nämnda näten.[173] Regionnäten i Sverige ägs och drivs till största delen av tre företag: Vattenfall Eldistribution, Ellevio och Eon.[174] Det finns cirka 155 lokala elnätsföretag i Sverige.[175]

De lokala elnätsföretagen har ensamrätt att distribuera el inom sitt område. Det skulle vara ineffektivt och resursslöseri att bygga parallella elnät och därför är elnätet ett så kallat naturligt monopol. Det innebär att det inte finns någon konkurrens mellan olika lokala elnätsföretagen. I stället bestämmer den statliga myndigheten Energimarknadsinspektionen, Ei, vilka spelregler som gäller för elnätsägarna. Ensamrätt att äga och driva ett elnät inom ett visst geografiskt område kallas för områdeskoncession eller nätkoncession för område.

Kunderna köper elen från ett elhandelsföretag. Det finns cirka 140 sådana i landet.[176] Elhandelsföretagen köper elen från elhandelsbörsen. Priset för kunden beror på flera faktorer som typ av avtal och utbud och efterfrågan. Priset beror också på var i landet kunden finns. Sverige är indelat i fyra elområden. Syftet med elområdena är att hantera flaskhalsar i transmissionsnätet. I södra Sverige är efterfrågan på el ofta högre än den produktionskapacitet som finns där och när efterfrågan blir stor räcket inte kapaciteten i transmissionsnätet till vilket medför ett högre pris i de områden som har ett underskott i sin elproduktion.[177]

Ovanstående beskrivning visar komplexiteten när det kommer till frågor som rör elnätet. Konsekvenserna av detta är att förändringar kan ta tid. Det pågår i nuläget mycket aktivitet för att komma framåt i dessa frågor.

En viktig fråga som Trafikanalys uppmärksammat i ett regeringsuppdrag om förutsättningar för sjöfartens elektrifiering är att hamnar inte får sälja el för annans räkning. Det är en konsekvens av den ensamrätt som elnätsföretagen har inom sina områden. Det finns dock en förordning[178] som undantar olika verksamheter och möjliggör försäljning. Bland undantagen saknas dock leveranser till fartyg. Energimarknadsinspektionen har i ett regeringsuppdrag föreslagit att ett sådant ska införas för att underlätta införandet av AFIR.[179]

Svenska kraftnät har bland annat i uppdrag att planera för ökad elanvändning och synliggöra för elmarknadens aktörer var produktion av el, flexibilitetsresurser och elanvändning bör anslutas för att bidra till en effektivare utbyggnad av elsystemet.[180] Rapporteringsdatum är i februari 2025. Ett annat exempel är elmarknadsutredningen med syftet att analysera och föreslå hur den svenska elmarknaden kan utvecklas och regleras med syfte att tydliggöra

[173] Svenska kraftnät (2024). Sveriges elnät, www.svk.se/om-kraftsystemet/oversikt-av-kraftsystemet/sveriges-elnat/
[174] Svenska kraftnät (2024). Sveriges elnät, www.svk.se/om-kraftsystemet/oversikt-av-kraftsystemet/sveriges-elnat/
[175] Energiföretagen (2027). Elnät, www.energiforetagen.se/globalassets/energiforetagen/statistik/energiaret/energiaret2016_elnat_31-oktober.pdf
[176] Energinarknadsinspektionen (2024). Elavtal, https://ei.se/konsument/el/elavtal
[177] Svenka kraftnät (2024). Elområden och prisskillnader, www.svk.se/om-kraftsystemet/om-elmarknaden/elomraden/elomraden-och-prisskillnader/
[178] Svensk författningssamling. Förordning (2007:215) om undantag från kravet på nätkoncession enligt ellagen (1997:857), www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2007215-om-undantag-fran-kravet-pa_sfs-2007-215/
[179] Energimarknadsinspektionen (2022). Slutna distributionssystem och interna nät, https://ei.se/download/18.54047ca618529c34c9713e7/1671529816256/Slutna-distributionssystem-och-interna-n%C3%A4t-Ei-R2022-12.pdf
[180] Regeringen (2023). Regleringsbrev för budgetåret 2024 avseende Affärsverket svenska kraftnät, www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/Index?rbId=24227

systemansvaret, öka leveranssäkerheten och robustheten, skapa långsiktiga planeringsförutsättningar och ge fossilfria kraftslag och flexibla resurser marknadsmässig ersättning för de nyttor de bidrar med.[181] Utredningen ska redovisas i april 2025. Energimarknadsinspektionen har tidigare bedömt förutsättningar för elfordon att bidra till elsystemets flexibilitet och hur dubbelriktad laddning kan bidra till minskade kostnader.[182]

6.3 Beredskapsfrågor för transportsektorn

Omställningen av transport- och energisystemen, digitaliseringen och återuppbyggnaden av totalförsvaret är stora, parallella samhällsreformer som påverkar varandra. Komplexiteten är stor när större samhällsförändringar sker samtidigt, delvis oberoende av varandra. Transporter är exempel på samhällsviktig verksamhet utifrån att de utgör ”samhällsfunktioner som är nödvändiga för samhällets grundläggande behov, värden eller säkerhet”.[183]

Nästan alla varor och tjänster är beroende av transporter och de har även en central roll vid till exempel arbetspendling och evakuering. Tillgänglighet och leverans av drivmedel är av stor vikt både i ett normalläge och vid kris eller krig. Försörjningskedjor är beroende av fungerande infrastruktur, logistiklösningar och elektronisk kommunikation. Att ha ett trafikslagsöver-gripande perspektiv bidrar till att minska sårbarheter i systemen.

Transportsektorn har betydelse både i civil och militär beredskap. Även Försvarsmakten har i uppdrag att minska sitt fossilberoende men det finns olika utmaningar att ta hänsyn till, eftersom Försvarsmaktens materiel har mycket lång livslängd och unika operationella krav. Elektrifiering bedöms enligt FOI inte få någon större tillämpning på kort sikt, däremot påverkas Försvarsmakten och totalförsvaret av den civila utvecklingen mot elektrifiering och osäkerheten kring vilka tekniker som kommer att bli dominerande för de olika trafikslagen.[184]

Utgångspunkter för civil och militär beredskap

Totalförsvaret, som består av militärt och civilt försvar, ska utformas och dimensioneras för att kunna möta ett väpnat angrepp mot Sverige, inbegripet krigshandlingar på svenskt territorium. Totalförsvaret ska vara krigsavhållande genom att ha en sådan styrka, sammansättning, ledning, beredskap och uthållighet att det avhåller från försök att anfalla, kontrollera eller på annat sätt utnyttja svenskt territorium. Utgångspunkten för planeringen bör vara att under minst tre månader kunna hantera en säkerhetspolitisk kris i Europa och Sveriges närområde som innebär allvarliga störningar i samhällets funktionalitet samt krig under en del av tiden.

Det militära försvaret består av Försvarsmakten inklusive Hemvärnet samt ett antal andra myndigheter som har till huvuduppgift att stödja det militära försvaret. Försvarsmakten försvarar vårt territorium och våra gränser.

---

[181] Regeringskansliet (2024). Ett elsystem med tydligt systemansvar, hög leveranssäkerhet och långsiktiga planeringsförutsättningar, www.sou.gov.se/pagaende-utredningar/klimat--och-naringslivsdepartementet/2024/01/kn-202402/kn-202402-elmarknadsutredningen/

[182] Energimarknadsinspektionen (2024). Förutsättningar för elfordon att bidra till elsystemets flexibilitet och hur dubbelriktad laddning kan bidra till minskade kostnader, https://ei.se/download/18.3abd1df7191974d14e93f6f/1725343704964/F%C3%B6ruts%C3%A4ttningar-f%C3%B6r-elfordon-att-bidra-till-elsystemets-flexibilitet-och-hur-dubbelriktad-laddning-kan-bidra-till-minskade-kostnader-Ei-R2024-08.pdf

[183] MSB (2024). Identifiera samhällsviktig verksamhet, www.msb.se/sv/amnesomraden/krisberedskap--civilt-forsvar/samhallsviktig-verksamhet/identifiera-samhallsviktig-verksamhet/

[184] Nykvist och Mårtensson (2021). Klimatneutral Försvarsmakt – Analys av fossilfria vägval för försvarsgrenarna. Möjliga åtgärder på kort sikt, www.foi.se/rapportsammanfattning?reportNo=FOI-R--5201--SE

Det civila försvaret omfattar hela samhället. Verksamheten bedrivs av många olika aktörer; statliga myndigheter, kommuner, regioner, näringsliv och frivilligorganisationer. Det civila försvarets uppgift är bland annat att skydda civilbefolkningen och säkerställa de viktigaste samhällsfunktionerna som till exempel sjukvård, transporter och livsmedelsförsörjning vid krig eller krigsfara.[185]

Det finns 41 statliga myndigheter som är så kallade beredskapsmyndigheter. Det är myndigheter med särskild betydelse för samhällets civila beredskap. Myndigheterna ska ha god förmåga att motstå hot och risker, förebygga sårbarheter, hantera fredstida krissituationer och genomföra sina uppgifter vid höjd beredskap. Inom transportområdet är Luftfartsverket, Sjöfartsverket, Trafikverket och Transportstyrelsen beredskapsmyndigheter.[186] Energi-myndigheten är sektorsansvarig myndighet för energiförsörjning.

Ökad elektrifiering av transportsektorn påverkar förutsättningarna

En ökad elektrifiering i transportsektorn har flera betydelsefulla effekter för militärt och civilt försvar. För det första minskar redundansen i samhället om två delvis parallella energisystem, elektricitet och drivmedel, i större utsträckning ersätts med ett. Det leder till ett ännu större samhällsberoende av en väl fungerande elförsörjning. Eldistributionen, elproduktionen och elmarknaden har redan stora utvecklingsbehov för att möta efterfrågan idag och framöver. En fortsatt utbyggnad av elförsörjningen blir därför mer angelägen samtidigt som ny och utrymmeskrävande förnybar elproduktion kan påverka Försvarsmaktens förmåga i vardagen och inför höjd beredskap, exempelvis avseende övningsverksamhet och övervakning, fysiska hinder, buller, elektromagnetiska störningar och handlingsfrihet att utveckla verksamheten framöver.[187]

För att kunna möta det ökade behovet av el och samtidigt säkerställa god försörjningstrygghet krävs en omfattande utbyggnad av elproduktionskapacitet, elnät och lagringsmöjligheter. De nya energipolitiska målen innehåller nya planerings- och leveranssäkerhetsmål för elsystemet liksom energieffektiviseringsmål.[188] Det innebär bland annat att elsystemet ska ha förmåga till ö-drift, vilket innebär att elproduktionsanläggningar fungerar tillsammans med elanvändare i ett geografiskt avgränsat elnät, utan koppling till det omkringliggande nätet. Tillsammans ska målen bidra till en god beredskap.

Energimyndigheten och Transportstyrelsen pekar i sitt handlingsprogram på behovet av ytterligare utredning för att identifiera kritiska platser för exempelvis extra laddningspunkter och ö-drift.[189] Funktioner som beredskapslager och reservkapacitet och i vilka olika former som dessa bör vara behöver både anpassas till utvecklingen och till särskilda förutsättningar.

När det gäller beredskap behövs tillgång till flera alternativ. Bioekonomiutredningen pekar på att främjandet av förnybara drivmedel även i form av biobaserade lösningar kan öka

[185] MSB (2024). Det svenska civila beredskapssystemet, www.msb.se/sv/amnesomraden/krisberedskap--civilt-forsvar/det-svenska-civila-beredskapssystemet/
[186] Svensk författningssamling. Förordning (2022:524) om statliga myndigheters beredskap, https://svenskforfattningssamling.se/sites/default/files/sfs/2022-05/SFS2022-524.pdf
[187] Trafikanalys (2022). Förslag som leder till transportsektorns klimatomställning, www.trafa.se/globalassets/rapporter/2022/rapport-2022_14-forslag-som-leder-till-transportsektorns-klimatomstallning.pdf
[188] Regeringen (2023). Energipolitikens långsiktiga inriktning, www.regeringen.se/contentassets/2fd0739890d8484b8129d3c0e678f24d/energipolitikens-langsiktiga-inriktning-prop.-202324105.pdf
[189] Energimyndigheten (2023). Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering, www.energimyndigheten.se/4af928/globalassets/klimat--miljo/elektrifiering/myndighetsgemensam-uppfoljning--av-samhallets-elektrifiering-huvudrapport-2023.pdf

försörjningstryggheten.[190] Att stärka även dessa försörjningskedjor gör att dessa alternativ kan nyttjas när krissituationer uppstår. Denna utveckling kommer att finnas parallellt med elektrifieringen. Biodrivmedel för vägtrafiken handlar om etanol från stärkelserika grödor eller energiskog, FAME eller fettsyrametylestrar från olika vegetabiliska och animaliska fetter och oljor, HVO eller hydrerade vegetabiliska oljor och animaliska fetter samt biogas från gödsel och andra restprodukter och avfall från livsmedelskedjan.

Utökad elektrifiering och effektiviseringar med utvecklade digitala hjälpmedel medför växande cybersäkerhetsrisker och säkerhetsrisker kopplade till informationshantering. Beroendet av Kina, som är en betydelsefull aktör globalt inom hållbar elektrifiering, ökar. En ökad andel förnybara drivmedel i samhället kan samtidigt minska beroendet av instabila oljeproducerande regioner, och kan underlätta en frikoppling från rysk energiexport.

Med specifika nationella system, standarder, tekniker samt anpassad infrastruktur vid flygplatser, hamnar, tankstationer och vägar finns risk att interoperabiliteten minskar mellan Sveriges försvar och försvarsmakter inom övriga Nato-länder. Detta kan påverka bland annat förmågan att ta emot stöd från andra, samt förmågan att utveckla det egna värdlandsstödet.[191] På motsvarande sätt finns en risk att förmågan till samarbete och stöd mellan militärt och civilt försvar minskar om en del av totalförsvaret utvecklas för långt innan andra delar av totalförsvaret hunnit anpassas.

Beredskap när det gäller transportsektorn behöver både anpassas till utvecklingen och till särskilda förutsättningar. Resonemang kring funktioner som beredskapslager och reservkapacitet och i vilka olika former som dessa bör vara följer i kommande kapitel som diskuterar rapportens resultat i relation till olika aspekter av resiliens, se även nedan.

Robust, resilient eller regenerativt?

Utifrån pågående omvärldstrender kan det vara värt att fundera på om omställningen möjliggör ett transportsystem som på olika sätt är robust, resilient eller regenerativt. Tekniska system och lösningar har olika saker att erbjuda när det kommer till detta:[192]

- En robust lösning är designad för att hålla länge. Den kan ta tid att konstruera och vara dyr att få på plats. Väl där håller den för de flesta oväntade händelser och under en mycket lång tidsperiod. Vid en oväntad, större händelse som får denna lösning att fallera krävs det dock stor ansträngning att återställa tekniken. En vägbro med mycket god hållfasthet är ett bra exempel.
- En resilient lösning är designad för att hålla för de flesta förväntade händelserna. Vid en större händelse som får denna lösning att fallera är den enkel att åter bygga upp. Reservmaterial finns på plats liksom den kompetens som krävs. En bro med enklare konstruktion är ett exempel på detta.
- En regenerativ lösning är flexibel till sin natur. När en oväntad händelse uppstår kan funktionen återskapas men i annan form. Vid pandemin begränsades tillgängligheten

[190] Statens offentliga utredningar (2023). En hållbar bioekonomistrategi – för ett välmående fossilfritt samhälle. Slutbetänkande av Bioekonomiutredningen, www.regeringen.se/contentassets/9690f67e83b8410192f1869d0d5da392/en-hallbar-bioekonomistrategi--for-ett-valmaende-fossilfritt-samhalle-sou-202384.pdf

[191] Värdlandsstöd innebär att ge utländskt militär civilt och militärt stöd för att de ska kunna verka på svenskt territorium.

[192] Philippe Crist (2024). The future is what we think it to be, www.vti.se/transportforum/om-transportforum/tidigare-konferenser

till att besöka matvarubutiker och fler personer började i stället att beställa matkassar. Efter pandemin fortsätter många med denna lösning.

När framtiden är oviss har resilienta och regenerativa lösningar fördelar. Plötslig chock enligt den beskrivna teorin om ett flernivåperspektiv på omställning, se avsnitt 2.1, kan till exempel utgöras av krigshändelser eller liknande säkerhetshot. Samhället behöver då snabbt ha beredskap för nya lösningar. I de omvärldstrender som listats tidigare i detta avsnitt nämns sårbarhet, risker och hot mot transportsystemets funktionalitet. Transportsystemets tekniska lösningar och funktioner behöver alltså kunna byggas upp relativt snabbt.

Transportsystemets funktionalitet kan ses och förstås utifrån flera olika systemnivåer som dessutom är sammanlänkade. Det handlar om infrastrukturnivån, trafikarbetsnivån (fordonsflöden) och logistiknivån (flöden av människor, varor och tjänster) där det finns skillnader mellan nivåerna bland annat avseende tidsperspektiv och sammansättning av aktörer.[193] Resonemang kring beredskap behöver därför även ske utifrån olika systemnivåer och nivåernas förmodade resiliens när det gäller utformning, förmågor och relationer mellan aktörsgrupper.

6.4 Ökad samverkan mellan flera aktörer

En positiv konsekvens av elektrifieringen är ett ökat samarbete mellan närliggande ansvarsområden. När det gäller markanvändning, elnät och beredskap finns flera exempel med positiva erfarenheter av ökad samverkan mellan flera aktörer att ta till vara. Ett urval av erfarenheter och exempel presenteras nedan.

Grön industriutveckling i norra Sverige

Stora satsningar på grön industriutveckling görs i norra Sverige. Behovet av samverkan mellan aktörer i den elektrifiering som krävs i norra Sverige framgår i ett bredare perspektiv i Klimatpolitiska rådets rapport från 2023[194] som beskriver att hastigheten i omställningen medför särskilda utmaningar. Dessa rör etablerade processer för samhällsplanering, hantering av mål- och intressekonflikter, konkurrens om kompetens, arbetskraft, samt energi och andra resurser. Det offentliga behöver utvecklas i takt med de industriella projekten, men omställningskraften kan vara en positiv drivkraft för innovation och utveckling. I nämnda regioner finns flera exempel på nya sätt att samverka och lösa problem, både inom regionen och mellan olika beslutsnivåer. Några exempel handlar om horisontella synsätt i samhälls-system som annars är tydligt uppbyggda kring vertikalt beslutsfattande, olika verksamheters förmåga att stödja varandra, eller Svenska kraftnäts beslut om att ändra formerna för sin planering.[195] Genom att gå från sekventiell till parallell planering av nya kraftledningar kan tiden för byggnation förkortas väsentligt.

[193] Eriksson och Eriksson (2022). Framtida transportsystem i kris och krig. Ett kunskapsunderlag för en forskningsansökan, www.foi.se/rapportsammanfattning?reportNo=FOI-R--5321--SE
[194] Klimatpolitiska rådet (2023). Klimatpolitiska rådets rapport 2023, www.klimatpolitiskaradet.se/wp-content/uploads/2023/05/krrapport202317maj.pdf, sid. 119-120
[195] Regeringskansliet (2022). Rapport från samordnaren för samhällsomställning vid större företagsetableringar och företagsexpansioner i Norrbotten och Västerbotten, www.regeringen.se/contentassets/8e9b848837ae4cecab7e6a380a9a0b51/rapport-fran-samordnaren-for-samhallsomstallning-vid-storre-foretagsetableringar-och-foretagsexpansioner-i-norrbotten-och-vasterbotten.pdf

Samverkan kring behov, kapacitet och effekt

Ett annat konkret exempel på samverkan när det gäller behov, kapacitet och effekt är Skånes effektkommission där Region Skåne, kommuner, privata energibolag, näringslivs-representanter och offentliga myndigheter ingår. Ambitionen är att samla de aktörer som tillsammans kan skapa rätt förutsättningar för den elektrifiering som krävs.[196]

Samverkan för utbyggnad av laddinfrastruktur

Att få till en effektiv utbyggnad av laddinfrastruktur kan vara en utmaning, men positiva konsekvenser uppstår vid ökat samarbete. Fyrbodals kommunalförbund i Västra Götaland har genom regional samordning och samverkan bidragit till att underlätta kommunernas arbete med att skapa förutsättningar för en ändamålsenlig laddinfrastruktur.[197] I länet finns fyra kommunalförbund med totalt 14 kommuner som medlemmar, bland annat tätortsnära och landsbygdskommuner. De anordnar flera webbinarier för kommunerna varje år och har även tagit fram en vägledning[198] för att hjälpa kommunerna att ta fram en plan för sin roll och insats. I korthet arbetar man med att markera ut på en karta var behoven finns, vad som krävs på dessa ställen, samt var kommunen äger egen mark. Exempel på hur ett nyttjanderättsavtal kan se ut tillhandahålls också. Idag har majoriteten av kommunerna tagit fram planer.

Slutsatsen är att kommunerna inte ska bygga egen, utan vara en möjliggörare för utveckling av infrastruktur. Det organisatoriska är den stora utmaningen och mycket kan vinnas genom att återanvända befintliga erfarenheter. En viktig del är att det finns tydlig information på kommunernas webbsidor. Här har Fyrbodal kommunalförbund tagit fram förslag på vilken information som bör finnas på deras webbsidor för att skapa en kontaktpunkt mellan kommuner och företagen.

En annan slutsats är att det även är viktigt med regionalt stöd och samordning. I kommuner med kommunala energibolag hade dessa i ett tidigt stadium varit med och byggt ut laddinfra-strukturen.

Enklare metoder för behovsprognoser

Sedan 2023 ska samtliga nätföretag i Sverige ta fram nätutvecklingsplaner där en effektprognos för behov av överföringskapacitet av produktion och användning i deras elnät ska redovisas och rapporteras in till Energimarknadsinspektionen.[199] Det långsiktiga målet med kravet, som gäller i hela EU, är att skapa transparens för flexibilitetstjänster, att underlätta integrering av förnybara energikällor och stötta den storskaliga elektrifieringen.

Exempel på hur nätföretag och kommuner kan arbeta med underlag för detta finns i två projekt från Energiforsk. Det ena projektet har tagit fram en lathund för långsiktig effektprognos samt en tillhörande mall för datainsamling från kommuner.[200] Lathunden ska underlätta framtagandet av en långsiktig effektprognos för lokalnät som kan tas fram med enkla medel men som ändå följer en best practice-metodik. Det andra projektet har utvecklat

[196] Region Skåne (2024). Skånes effektkommission, https://utveckling.skane.se/tema/effektkommissionen/
[197] Angelica Rennerfelt (2024). Information och samverkan mellan kommuner, www.2030sekretariatet.se/lokal-andamalsenlig-laddinfrastruktur-sa-effektiviserar-vi-utbyggnaden/
[198] Fyrbodals kommunalförbund (2021). Vägledning för laddinfrastruktur – publik laddning i Fyrbodal, www.fyrbodal.se/nyhet/ny-vagledning-for-laddinfrastruktur/
[199] Energiforsk (2024). Prognoser för nätutvecklingsplaner: Lathund, mall och mätmetoder, https://energiforsk.se/konferenser/genomforda/prognoser-for-natutvecklingsplaner-lathund-mall-och-matmetoder/
[200] Karlén m.fl. (2024). Effektprognos – en lathund för lokalnätsbolag, https://energiforsk.se/media/33353/2024-1006-effektprognos-en-lathund-for-lokalnatsbolag.pdf

en enkel metod för hur prognoser för flexibilitetsbehov kan tas fram och vilken data som elnätsbolagen behöver samla in för att kunna rapportera in prognoserna.[201]

6.5 Markanvändning, elnät och beredskap – summering

Detta kapitel har beskrivit några konsekvenser som en storskalig elektrifiering kan få för markanvändning, elnät och beredskap och här följer en övergripande summering av dessa. Det finns olika utmaningar när det gäller markanvändning, elnät och beredskap.

- För markanvändning rör en av de största svårigheterna konsekvenser av gruvbrytning av innovationskritiska metaller/mineraler. I samband med utvinningen uppstår negativa miljöeffekter och konkurrens om markanvändningen. Den ändrade resursanvändningen ställer krav på en god planering av resursutnyttjandet som både rymmer viss flexibilitet men samtidigt har siktet inställt på att uppnå de samlade samhällsmålen.
- En annan svårighet rör laddning i tätorter. Utredningar som tittar på regelverken har tillsatts och vissa exempel från regional och lokal nivå finns om hur frågan om laddinfrastruktur kan lösas. Att främja erfarenhetsutbyte och lärande på lokal nivå kan vara en väg att effektivisera genomförandet.
- Ytterligare en svårighet handlar om tillgång till mark på rätt platser för den laddning som rör tunga vägfordon, sjö- och luftfart. Att ta fram strategier för att underlätta omställningen kan vara en bra väg framåt.
- Den ökade efterfrågan på el i framtiden beror främst på tillverkning av vätgas för olika industriella tillämpningar medan transportsektorns elanvändning bedöms uppgå till cirka 10 procent av den totala användningen av el år 2050. Det är således inte den ökade efterfrågan på el som utgör den största utmaningen för elnätet till följd av transportsektorns elektrifiering, utan i stället att möta de effektbehov som uppstår på de platser där tunga lastbilar, fartyg och flygplan ska ladda batterierna. Det är svårt att förutse och beräkna geografiskt effektbehov samt hur och var elen kommer att produceras. Det ter sig rimligt att koppla ihop frågan om effektbehov och tillgång till mark i ett strategiskt sammanhang.
- Även så kallade energihubbar, som kan komma att spela en viktig roll för hamnar och flygplatser i det framtida transportsystemet, berör både mark- och elnätsperspektivet. Att närmare undersöka energihubbars roll och funktion kan bidra till att identifiera specifika åtgärder som kan effektivisera dessa funktioner.
- Personbilarna kan få en viktig roll som energilager. Förutsättningar för dubbelriktad laddning finns beskrivna sedan tidigare, men här kan finnas ytterligare aspekter att undersöka närmare i syfte att identifiera specifika åtgärder som kan understödja och effektivisera mötet mellan energi- och transportsektorn.
- Funktioner som beredskapslager och reservkapacitet och i vilka olika former som dessa bör vara behöver både anpassas till utvecklingen och till särskilda

[201] Energiforsk (2023). Undersökning av prognoseringsunderlag för nätutvecklingsplaner - krav och möjligheter, https://energiforsk.se/program/elnatens-hallbara-teknikutveckling-och-digitalisering/projekt/undersokning-av-prognoseringsunderlag-for-natutvecklingsplaner-krav-och-mojligheter/

förutsättningar. Samverkan mellan det civila och militära försvaret liksom andra NATO-länders styrkor måste fungera. Ytterligare satsningar på samverkan mellan dessa områden kan stärka beredskapen.

- Samarbete och samverkan får en viktig roll i en storskaligt elektrifierad transport-sektor. Det finns flera exempel med erfarenheter att ta till vara. Dessa kommer bland annat från den gröna industriutvecklingen i norra Sverige samt samverkan kring planer och prognoser som rör behov, kapacitet och effekt. Att främja regionalt och lokalt erfarenhetsutbyte och lärande kan bidra i genomförandet.

7 Avslutande diskussion med viktiga områden att beakta

I denna rapport har vi ringat in huvuddragen i vad vi ser framför oss när det gäller vilka aktörer och system som kommer att vara centrala 2045 jämfört med nuläget och konsekvenser till följd av detta. I fokus för analysen är infrastruktur, fordon/fartyg/farkost och drivmedel samt de stödtjänster i form av tillverkning, distribution, service, utbildning eller annat som krävs för att upprätthålla dessa delar.

Vi har dessutom fördjupat analysen av tänkbara konsekvenser genom att närmare undersöka följande områden: drivmedel med tillhörande infrastruktur, framtida kostnader för transportsystemets användare inklusive marknadsutveckling efter 2030, samt markanvändning, elnät och beredskap.

I denna avslutande diskussion utgår vi från de konsekvenser som beskrivits tidigare och undersöker vad dessa kan innebära sett ur några kompletterande perspektiv. Allra först gör vi några övergripande iakttagelser som baseras på tidigare beskrivna konsekvenser.

Därefter undersöker vi konsekvenserna sett ur perspektiven snabb eller långsam omställning, vad konsekvenserna kan innebära för resiliensen i transportsystemet samt vilken betydelse som våra identifierade konsekvenser kan få för de transportpolitiska målen.

Avslutningsvis har vi formulerat ett antal frågeställningar av betydelse för den fortsatta utformningen av den storskaliga elektrifieringen av transportsystemet.

7.1 Konsekvenser uppstår i många delar av samhället

I arbetet med kartläggning av aktörer och system i nuläget jämfört med 2045 har olika konsekvenser identifierats.

När det gäller konsekvenser inom olika *trafikslag* kan det konstateras att det finns både likheter och olikheter. För samtliga uppstår exempelvis behov av ökad kompetens om hantering av elfordon, fartygs- och farkostdrift och fler drivmedelstyper, vilket i sin tur påverkar den framtida arbetsmarknaden. När det gäller vägtrafiken ser vi att konkurrenskraften kan komma att stärkas, till följd av att elektrifieringen ligger längre fram än inom sjö- och luftfarten. För dessa trafikslag förväntar vi oss omlokalisering av trafik- och drivmedelsflöden.

För det *offentliga* ser vi att det kan uppstå behov av att se över beskattning och sjöfartsavgifter. En konsekvens av utvecklingen blir också nya ansvarsområden för myndigheterna när det gäller tillstånd och tillsyn. Även beredskapshänsynen behöver vidgas.

Ett område där vi förutspår tydliga konsekvenser handlar om godsflöden av *petroleumprodukter*. Omställningen från fossila drivmedel påverkar godsflöden och förutsättningar för företag och arbetsmarknad, import och export och verksamheten i hamnar. Vissa flöden kommer ersättas av biodrivmedel, men hur mycket är oklart.

Tillgängligheten kommer med all säkerhet att påverkas. Vi tror att fördelningen av laddmöjligheter kommer att se annorlunda ut vid en jämförelse med tillgången till drivmedel idag och att digitala lösningar som identifierar var och när på dygnet laddning är fördelaktigt, lär öka i betydelse. I vissa glesbebyggda områden med hög grad av hemmaladdning kan utmaningar uppstå för övrig service som drivmedelsstationerna erbjudit - att bevaka denna utveckling och planera för eventuella lösningar är en viktig del för omställningen i dessa områden.

Flera faktorer påverkar kostnadsutvecklingen

Elektrifieringen och omställningen kommer att påverka den offentliga sektorns och statens ekonomi, genom att bland annat skatteintäkterna från fossila drivmedel minskar. Kostnaderna för användarna i systemet beror av flera faktorer. I takt med ökad elektrifiering kommer efterfrågan på fossila bränslen att minska. Förnybara bränslen för vägtrafiken följer traditionellt oljeprisets utveckling, vilket även gäller för bränslen inom sjöfarten och i stort sett även flygbränslet.

Priset på utsläppsrätter får stor betydelse för utvecklingen. För de fordon och trafikslag som använder fossila bränslen kommer priset på utsläppsrätter inom EU-ETS att få betydelse för transportkostnaden och transportekonomin. Luft- och sjöfart ingår i dagens ETS 1 och vägtransportsektorn kommer från 2027 att ingå i utsläppshandelssystemet ETS 2.

Marknadsutvecklingen för fordon efter 2030 har undersökts med avseende på tänkbara regionala utfall. Vårt underlag indikerar att batterielektriska fordon kommer att utgöra en majoritet i fordonsflottan år 2035, även om vi också förutspår att plug-in-hybriderna kommer att spela en ganska stor roll in i 2040-talet. Åtgärder i samhället, inklusive styrmedel, kan ge olika utfall för introduktionen av elfordon på regional nivå.

Utmaningar för markanvändning, elnät och beredskap

När det gäller markanvändning rör de största svårigheterna konsekvenser av gruvbrytning av innovationskritiska metaller och mineraler, laddning i tätorter samt att det finns tillgänglig mark för de laddstationer som kommer att krävas.

Den ökade efterfrågan på el i framtiden beror främst på tillverkning av vätgas för olika industriella tillämpningar och endast en mindre del kommer att bero på transportsektorns elektrifiering. Enligt Svenska kraftnäts scenarier kommer transportsektorns elanvändning att utgöra cirka 10 procent av den totala användningen av el år 2050. Det är således inte en ökad efterfrågan på el som utgör den största utmaningen för elnätet till följd av transportsektorns elektrifiering, utan den största svårigheten blir att möta effektbehoven för laddning för den tunga trafiken och särskilt flyg- och sjöfart. Det är svårt att förutse och beräkna hur effektbehovet kommer att se ut geografiskt samt hur och var elen kommer att produceras. Personbilarna kan få en viktig roll som energilager.

Funktioner som beredskapslager och reservkapacitet och i vilka olika former som dessa bör vara behöver både anpassas till utvecklingen och till särskilda förutsättningar. Samverkan mellan det civila och militära försvaret liksom andra NATO-länders styrkor måste fungera.

Det elektrifierade transportsystemet kräver högre grad av samverkan mellan olika aktörer än det fossilbaserade och det finns flera exempel med positiva erfarenheter av en sådan samverkan att ta till vara när det gäller markanvändning, elnät och beredskap.

7.2 Konsekvenserna skiftar vid snabb eller långsam omställning

Omställning påverkas av omvärldstrender och åtgärder som vidtas i samhället. Styrmedel och åtgärder kan skapa utrymme för ny teknik, infrastruktur, beteende och affärsmodeller som hittar nya sätt att samutvecklas. Det har också betydelse för vilka konsekvenser som uppstår.

Elektrifieringen kan ske snabbt eller långsamt. Inom dessa scenarier kan trafikslagen komma att utvecklas utifrån dagens fördelning mellan trafikslagen med liknande tjänster och funktioner som idag, eller utifrån en förändrad fördelning. Förändringar i logistik och transportmönster kan påverka vissa tjänster och funktioner. Oavsett scenario kan teknik-språng komma att ske i olika omfattning.

Ur ett klimatperspektiv är en snabb omställning att föredra eftersom det är angeläget att omgående bromsa klimatförändringarna. För samhällets resursanvändning kan dock en alltför snabb omställning bli problematisk. När många förändringar ska ske samtidigt behöver mycket resurser användas vilket ökar kostnaderna. En snabb omställning kan också innebära att resurser inte nyttjas hela sin livslängd. Flera olika steg i utvecklingen bör beaktas, till exempel behöver de utvecklingsinsatser som krävs hinnas med. Här kan det finnas erfarenheter från andra samhällsområden som genomgått snabb utveckling för att se hur olika utvecklingssteg har hanterats i samhället.

En snabb omställning kan ta sig olika uttryck. Den kan antingen ha en tydlig riktning med en väl avvägd mix av styrmedel som introduceras allt eftersom eller så kan den stöta på problem och bli smärtsam. En snabb och tydlig satsning som uppfattas som rättvis skulle dock kunna leda till ökad acceptans för de förändringar som följer. Omställningstakten beror på styr-medlens utveckling och om styrmedel tas bort för tidigt så riskerar omställningen att bromsa in.

Trafikslagen kommer troligtvis att utvecklas i olika takt, där luft- och sjötrafik som tar längre tid att ställa om kommer i kapp mot slutet. Utvecklingen inom respektive trafikslag kan också komma att ske stegvis. Omställningstakten kan se olika ut för hushållen jämfört med för näringslivet. Erfarenheterna från tidigare omställningar säger oss att allt inte kommer att ske i samma takt överallt i samhället. Stora företag har större möjlighet att satsa på omvärlds-bevakning och planera framåt, medan små företag kan ha svårare att snabbt ställa om. Större företag har mer resurser och har därför andra möjligheter att ställa om delar av verksamheten för att investera i nya tekniker. De kan testa nya lösningar i mindre pilotprojekt och sedan skala upp utifrån de erfarenheter de drar.

Det är viktigt att ha med sig att viss teknik som det satsas tidigt på, i ett senare skede kan bli övergående. Alla satsningar implementeras inte i full skala. Det kan således hacka i utvecklingskurvan. International Transport Forum lyfter fram möjligheterna att successivt skala upp implementeringen av en teknik som en viktig faktor som kan avgöra vilken teknik som blir ledande.[202] I elektrifieringen av den tunga vägtrafiken har batteridrift fördelar framför andra tekniker eftersom dessa kräver stora initiala investeringar och där avkastningen på investeringen inledningsvis är liten. I en rapport från 2021 skriver Trafikverket att elvägar troligtvis behöver tillförsel varannan kilometer, vilket blir omfattande och därmed kostsamt. Teknikutvecklingen kan gå snabbt och tekniken för elvägar kan se annorlunda ut om några år

[202] ITF (2023). How Governments can Bring Low-emission Trucks to Our Roads – and Fast, www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/low-emission-trucks.pdf

men även konkurrerande tekniker kan utvecklas snabbt, till exempel elbilsbatteriers funktion, energitäthet och hållbarhet.

Dagens satsning på laddinfrastruktur är omfattande och driver just nu utvecklingen i en tydlig riktning. För att nå full framgång behöver denna satsning gå i takt med marknaden. Eftersom befintliga styrmedel på EU-nivå styr utvecklingen åt samma håll så överensstämmer de satsningar som görs med den utveckling som sker i flera andra länder. Transporterna behöver fungera smidigt både inom och mellan länder.

Det faktum att de europeiska länderna följer en likartad utvecklingslinje kan göra det svårt att introducera enskilda tekniker i vissa länder. Ny teknik utvecklas förvisso inom vissa nischer, till exempel pågår utveckling av elbilar för induktionsladdning på elväg, men tänkbart är även att det längre fram kan finnas särskilda laddstationer för induktionsladdning, i form av ett slags ”laddplatta”.[203] Det möjliggör då parallell förekomst av vissa elvägar och laddning vid ”ladd-plattor”. En sådan teknikutveckling beror naturligtvis på utvecklingen för laddningstiden, där det kan vara snabbare att ladda med kabel. En möjlig utvecklingsriktning är att laddtekniken anpassas allteftersom utveckling av fordon sker.

En annan frågeställning handlar om fördelningen mellan trafikslag och transportmönstren vid snabb respektive långsam omställning till eldrift. Om elektrifieringen på vägsidan går snabbt, liksom även inom industrin, hur kommer det att påverka sjöfarten? När det gäller kopplingen till industrin så kommer EU:s utsläppshandelssystem att spela en viktig roll. De industrier som ingår i EU ETS 1 kommer vid en sådan utveckling att behöva använda färre utsläppsrätter medan sjöfarten inledningsvis kommer att behöva fler utsläppsrätter. En snabb elektrifiering av vägtrafiken kommer att innebära en snabb minskning av flödena av oljeprodukter vilket i sin tur minskar en viktig marknad för sjöfarten. Däremot är det vår bedömning att en långsammare elektrifiering av vägtrafiken får mindre påverkan på sjöfarten, som i ett sådant fall hinner anpassa sig och ställa om sin verksamhet. Konkurrensytorna mellan väg- och sjötransporter är små så även transporter med lastbil skulle bli billigare så finns flera andra faktorer som gör att ingen större omfördelning sker mellan trafikslagen.[204]

För luftfarten kommer andra faktorer att spela in. Flygplan som drivs med el kommer inledningsvis att användas på korta sträckor. Den elektrifierade flygtrafiken blir först konkurrenskraftig på flygrutter som sker över vatten eller områden där väg- och järnvägssystemet är dåligt utbyggt. Batteritekniken kan komma att ta ett utvecklingskliv och då skulle utvecklingen med flyglinjer till Europa kunna ta fart. Kanske leder utvecklingen till färre direktflyg och fler mellanlandningar. Det kan också bli fler korta resor från mindre flygplatser. Omställningen kan alltså ge upphov till nya mönster, med fler, men mindre flygplan och farkoster, som gör det trängre i luftrummet.

En storskalig elektrifiering innebär långtgående förändringar i de stora flöden av petroleum-produkter som sker i nuläget, där 80–90 procent av petroleumprodukterna används i transportsektorn, varav 10 procent inom flyget och 70 procent inom vägtrafiken.

Omställning sker inte från en dag till en annan. Flera faktorer samverkar och inte minst är utvecklingen av regelverk och teknik centrala. Att teknik utvecklas snabbare än regelverk är

[203] Ny Teknik (2023). Tesla bekräftar: Utvecklar trådlös hemmaladdning för elbilar, www.nyteknik.se/elbilar/tesla-bekraftar-utvecklar-tradlos-hemmaladdning-for-elbilar/4222506
[204] Björk och Vierth (2022). Kartläggning och kvantifiering av faktorer som har lett till en överflyttning av gods från väg till järnväg och sjöfart? www.trafa.se/globalassets/rapporter/underlagsrapporter/2022/vti-pm-2022-10-vilken-overflyttning-av-godstransporter-fran-vag-till-jarnvag-och-sjofart-har-skett.pdf

inget ovanligt och det brukar betecknas som ”taktproblemet”.[205] Vid omställning behövs en samverkan mellan teknik, ekonomi, regleringar och acceptans, det vill säga en samutveckling i samhället. De system vi har idag är ett resultat av tidigare samutveckling.

7.3 Konsekvenser ur ett regionalt och lokalt perspektiv

Samhället har även tidigare i modern tid genomgått stora omställningar, till exempel byte av värmesystem från i huvudsak oljepannor till bland annat fjärrvärme och en omfattande digitalisering inom många områden som fortfarande pågår. Det finns vissa likheter med elektrifieringen utifrån behov av nätutbyggnad, enskildas beslut, behov av styrmedel i omställningen, liksom förekomsten av flera tekniker parallellt under omställningsfasen men även efteråt. Erfarenheten säger oss också att genomförandet inte kommer att ske samtidigt överallt utan konsekvenser uppstår i olika takt sett ur ett nationellt, regionalt och lokalt perspektiv.

Elektrifieringen innebär möjligheter för landsbygden, där egen produktion och användning kan öka självförsörjningen och skapa förutsättningar för annan utveckling. Boende i egna hem har närmare till laddning och det kan vara enklare att komplettera med solpaneler. Tillgången till prisvärda elbilar är ett led i utvecklingen för att komma till det läget. I storstäder handlar det i nuläget mycket om förekomsten av offentliga laddplatser och hur dessa kan kombineras med tillgång till elbil.

Dagens drivmedelsstationer spelar en viktig roll för tillgång till service på landsbygden. Förutom drivmedel, erbjuder de ofta livsmedel, paketutlämning och annan service. Vad händer när inkomsten från drivmedel minskar i takt med att boende nyttjar enskild laddning hemma? En trolig utveckling är att det kommer att finnas vissa servicepunkter kvar, men färre och med andra affärsmodeller. ”Mackdöden” har pågått länge. De är numera färre och på längre avstånd, men en slags balans har uppstått.

På vissa håll kommer det under en tid troligen att ske en överetablering av vissa verksamheter regionalt och lokalt. Den utbyggnad av tankstationer för vätgas som sker med offentliga medel gör att det under en period kommer att finnas fler tankstationer än vad antalet vätgasbilar kräver. Hur detta utvecklas framöver hänger ihop med hur marknaden för vätgasbilar blir. Andra exempel kan handla om etablering av logistikcentra eller laddparker. Att samordna den övergripande planeringen är en utmaning.

För att spara in arbetstid behöver tunga lastbilar kunna ladda i sina depåer. Här finns tydliga incitament att övervinna glapp i systemen, kanske med hjälp av egen laddinfrastruktur och kommersiella lösningar. De så kallade ”vita fläckarna” på laddkartan har minskat betydligt i antal.

[205] Tillväxtanalys (2022). Hur arbetar EU med att reglera ny teknik och samtidigt ha fokus på grön omställning? www.growthanalysis.se/download/18.483f483d18851872d9b39a38/1685537922398/Taktproblemet%20och%20EU%2020221106%20Final.pdf

7.4 Resiliens i det storskaligt elektrifierade transportsystemet

Hur robust, resilient eller regenerativt transportsystemet blir vid en storskalig elektrifiering beror på hur förutsättningarna ser ut nationellt, regionalt och lokalt.

Nedan diskuteras var det kan uppstå sårbarheter och vad som kan vara säkra lösningar. Vi reflekterar även över om det som utvecklas långsamt kan bli mer hållbart, om en snabb omställning leder till ökad risk för misstag och vad detta då innebär. Finns det risk att trafikslag slås ut inom vissa områden? Omställningen kan påverka tjänster och funktioner, men leder detta då till högre flexibilitet eller ökad sårbarhet? Effektivisering är också en faktor i sammanhanget, ju mindre vi behöver ha av något desto mindre sårbara blir vi.

Oavsett hastighet i omställningen och oavsett kommande fördelning av trafikslag, logistiklösningar och transportmönster så ser vi att omställningen får konsekvenser för beredskap både på infrastrukturnivå, trafikarbetsnivå och logistiknivå. Konsekvenserna blir också olika beroende på tidsperspektiv och aktörernas förmåga till anpassning. Några exempel ges nedan.

För infrastrukturnivån kan en inhemskt producerad och biobaserad vägbeläggning leda till ett mer eller mindre hållbart underlag, samtidigt blir vi möjligen mindre beroende av utlandet. En minskad mängd sjötransporter av fossila bränslen kan minska trängseln i till exempel Suezkanalen vilket kan bidra till färre avbrott i transporterna.

För trafikarbetsnivån innebär elektrifiering sannolikt en ökad självförsörjningsgrad vilket vid en krissituation kan minska sårbarheten för transporterna. En viktig, ytterligare aspekt att lyfta har sin grund i den ökade integrationen mellan energi- och transportsystem som blir fallet vid en storskalig elektrifiering. Vid tidigare förberedelser för krissituationer utifrån brist på flytande drivmedel beaktades prioriteringar mellan användare inom transportsektorn. Vid en storskalig elektrifiering kommer det i stället behövas prioriteringar av elanvändningen i hela samhället, där transporter är en av flera viktiga funktioner. I en situation där kollektivtrafikens eldrivna bussar är färdigladdade inför en ny dag kan de till exempel i ett krisläge i stället behövas för att under en begränsad period försörja andra viktiga samhällsfunktioner med el.

Logistiknivån handlar om flöden av människor, varor och tjänster. Avancerade logistiklösningar med uppkoppling mot internet kan bli sårbara för cyberattacker vilket försvårar flödena.

Tidsperspektivet spelar också en roll för beredskapen. Flytande bränsle lagras i depåer, medan el ska produceras och konsumeras samtidigt. Behovet av reservkraft ökar. Samtidigt kan en ökad förekomst av solcellspaneler, fler småskaliga lösningar och ö-drift bidra till ökad resiliens. Att ha flera parallella lösningar skapar alternativ.

Elektrifieringen och omställningen till fossilfritt har konsekvenser för beredskapen. De depåer för fossila bränslen som finns, kommer de i någon mån att användas för biodrivmedel? Det handlar då troligen om mindre volymer, men samtidigt är energitätheten mindre, så beredskapslagret tar mer plats. Nationell och regional produktion av biodrivmedel kan komma att utvecklas i Sverige av beredskapsskäl, oberoende av var biomassan kommer ifrån, för att

ha systemen redo vid kris.[206] Luft- och sjöfartens behov av biodrivmedel kommer att öka med tanke på ökade krav inom Refuel EU aviation respektive FuelEU Maritime.

Resiliens i relationer mellan aktörer har också betydelse. Ett ökat utbyte av information och teknik i bilar som kommunicerar med varandra innebär både ett ökat behov av samordning och behov av ett fungerande cyberförsvar. Ju mer samordning och samarbete som är etablerat desto högre resiliens när kriser uppstår, eftersom samarbetsvägarna redan är upparbetade.

Snabb eller långsam hastighet i omställningen har även andra konsekvenser. En lösning som implementeras under längre tid kan bli mer hållbar, samtidigt som det kan innebära att vi bygger upp parallella system. Ifall dubbla system utvecklas under en längre övergångsperiod kan det bli dyrare för samhället. Snabba beteendeförändringar och teknikanpassningar kan uppstå vid plötslig kris där samhället behöver anpassa sig.

Digitaliseringen utvecklas parallellt med elektrifieringen. Data samlas in, bilar från andra länder kan mäta information om infrastrukturen, trafikering med mera och drönare kan öka risken för olika intrång. Vid konflikt så kan samma förmågor dock utformas så att bilar eller funktioner ”stängs av”.

I avsnitt 6.3 beskrev vi skillnaden mellan en robust, resilient eller regenerativ lösning. Robusta lösningar håller länge, men tar tid och resurser att sedan återskapa. Resilienta lösningar leder till att samhället snabbt hittar en lösning framåt efter att en kris uppstått. Regenerativa lösningar innebär att en ny typ av lösning ersätter den funktion som fanns innan.

7.5 Betydelse för de transportpolitiska målen

Hur kan en storskalig elektrifiering tänkas påverka de transportpolitiska målen? Elektrifieringen drivs till största delen av ambitionen att nå klimatmålen, men i detta avsnitt analyserar vi på en övergripande nivå hur målen påverkas i övrigt. Till stöd för detta har vi utgått från de indikatorer som används i den årliga i uppföljningen av målen, se bilaga D.

För varje indikator har vi bedömt om en storskalig elektrifiering av transportsportsektorn påverkar indikatorerna i positiv eller negativ riktning, alternativt om det inte går att avgöra hur de påverkas.

För flera av de indikatorer som ingår i uppföljningen av hänsynsmålet går det ofta tydligt att förutse i vilken riktning elektrifieringen påverkar indikatorerna. Vi ser en uppenbar förbättring när det gäller bullernivåer, utsläpp av svavel- och kväveoxider, effektivare energianvändning, andel förnybar energi samt för den långsiktiga hållbarheten.

Det finns också indikatorer kopplade till hänsynsmålet där utvecklingen ser ut att peka i en negativ riktning. Som framgått av texten ovan så kan negativa miljöeffekter uppstå i samband med ökad utvinning av innovationskritiska metaller och mineraler. Även beträffande fysiskt

[206] Statens offentliga utredningar (2023). En hållbar bioekonomistrategi – för ett välmående fossilfritt samhälle. Slutbetänkande av Bioekonomiutredningen, www.regeringen.se/contentassets/9690f67e83b8410192f1869d0d5da392/en-hallbar-bioekonomistrategi--for-ett-valmaende-fossilfritt-samhalle-sou-202384.pdf

aktiva resor och resor med kollektivtrafik kan elektrifieringen påverka målet negativt då kostnaderna, monetära och andra, för att köra bil förmodligen minskar.

Det är inte uppenbart hur elektrifieringen påverkar trafiksäkerheten. De direkta effekterna av elektrifieringen riskerar att innebära en försämring i och med tystare och tyngre fordon och eventuellt även ökad trafik. Det finns dock krav på att elfordon ska ge ifrån sig ljud när de kör under 20 km/h och när de backar.[207] De negativa effekterna på trafiksäkerheten motverkas också av introduktionen av avancerade förarstödssystem och en ökad automatisering.

Beträffande utsläpp av partiklar är det svårt att bedöma den samlade effekten. Partiklar som kommer från förbränning minskar, medan slitagepartiklarna från bromsar, däck och vägar kan öka då elbilar normalt är tyngre än de med förbränningsmotor.[208]

För funktionsmålets indikatorer är utvecklingen svårare att bedöma än för hänsynsmålets indikatorer. De pekar inte på samma sätt om elektrifieringen leder till eller bort från målen. Flera av indikatorerna inom funktionsmålet avser tillgänglighet och här spelar de kommande kostnaderna en avgörande roll för bedömningen. Med lägre kostnader ökar tillgängligheten och det får följaktligen en positiv effekt på målet. Under omställningen kan dock de ekonomiska förutsättningarna göra att det inte är möjligt för vissa grupper i samhället att köpa elbil, som normalt är dyrare än andra, och därmed ta del av de lägre körkostnaderna och den ökade tillgängligheten. Regionala skillnader när det gäller introduktionen av elfordon kan också uppstå längs vägen.

För de indikatorer som används för att följa utvecklingen mot ett jämställt transportsystem bedöms en storskalig elektrifiering av samhället inte påverka män och kvinnors förutsättningar att kunna ta del av transportsystemet på lika villkor.

I den stora omställningen till en elektrifierad transportsektor kommer det att vara angeläget att kontinuerligt följa upp de transportpolitiska målen och bevaka hur indikatorerna utvecklas. Resultatet av uppföljningen utgör en viktig utgångspunkt för kompletterande åtgärder. Att bevaka nya faktorer som kan behöva följas är också ett viktigt komplement.

7.6 Viktiga områden ur ett policyperspektiv

Utifrån den avslutande diskussionen har vi identifierat ett antal viktiga frågor som är särskilt angelägna att lyfta fram för att hantera konsekvenserna av en storskalig elektrifiering av transportsektorn.

- Tydliga mål och långsiktiga styrmedel som leder till en storskalig elektrifiering finns idag på plats för att elektrifiera vägtransporterna i stor skala, framför allt genom EU:s 55 %-paket. För sjöfart och luftfart styr inte åtgärderna direkt mot storskalig elektrifiering. Finns behov av särskilda styrmedel för att främja elektrifiering inom sjö- och luftfart och hur kan dessa i så fall tas fram?

[207] EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) nr 540/2014 av den 16 april 2014 om motorfordons ljudnivå och om utbytesljuddämpningssystem och om ändring av direktiv 2007/46/EG och om upphävande av direktiv 70/157/EEG, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0540

[208] Naturvårdsverket (2023). Luft & miljö, Om luftmiljö och svenskluftövervakning 2023, Tema: Partiklar, https://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1751951/FULLTEXT01.pdf

- När det gäller elflyg kommer till exempel en modernisering av luftrummet att bli nödvändig – hur kan framtidens reglering utformas för att understödja en sådan modernisering?
- Hur kan beslutsfattare vidta åtgärder för att främja och upprätthålla ett balanserat transportsystem där alla trafikslag fyller en viktig funktion, samtidigt som vi ser att elektrifieringen i sig kan skapa obalanser, till exempel genom att vägtrafiken förväntas ställa om tidigare?
- Introduktionen av elbilar på världsmarknaden kan medföra att det etablerade mönstret för produktion och handel av fordon förändras. Hur kan stora förändringar i den globala ekonomin komma att påverka förutsättningarna för svensk fordons-industri?
- I vissa glesbebyggda områden med hög grad av hemmaladdning kan utmaningar uppstå för övrig service i form av till exempel paketutlämning, livsmedelsförsäljning och övriga tjänster för fordon när kundunderlaget till drivmedelsstationer minskar. Hur kan omställningen i glesbebyggda områden understödjas, givet dessa risker?
- Det minskade oljeberoendet får konsekvenser för sjöfartens aktörer och påverkar även transporterna av oljeprodukter med lastbil. Vad kan detta innebära, till exempel för godstransportarbetets utveckling och långsiktiga satsningar på infrastrukturen?
- Elektrifieringen av transportsystemet kommer att innebära ett större behov av samverkan mellan energi- och transportsystem. Traditionellt har dessa system varit separerade både i termer av aktörer och affärsmodeller, något som nu kommer att förändras. I samband med att nya marknader utvecklas kommer nya och ännu okända frågor att uppstå. Finns det skäl att överväga nya lösningar från det offentligas sida, för att hantera nya frågor som uppstår och som inte alltid har en naturlig hemvist, och hur kan dessa nya lösningar i så fall utformas?
- Transportsektorns elförsörjning blir i praktiken en del av elförsörjningen i hela samhället. Det innebär bland annat att prioriteringar av transportsektorns drivmedels-användning i krissituationer, till skillnad mot tidigare, nu också måste vägas mot andra behov i samhället. Hur kan det offentliga i elektrifieringen av transportsystemet beakta dessa och andra sårbarhetsaspekter?
- En utfasning av fossila bränslen och fordon kan kräva förändrade skattebaser för att staten ska klara finansieringen av välfärden. Hur ska den framtida skattepolitiken utformas så att den fortsatt genererar de intäkter som krävs utan att hämma introduktionen av elfordon?
- En grundläggande förutsättning för den storskaliga elektrifieringen är tillgången till innovationskritiska metaller och mineraler. På vilket sätt kan tillgången säkras så att de samlade samhällsmålen uppnås?
- Den närmaste tiden blir det viktigt att ha fokus på elektrifieringen av tung vägtrafik, sjö- och luftfart. Vilken typ av strategier bör det offentliga ha för att hantera frågor om effektbehov och för vägtrafiken också tillgången till mark?
- Både så kallade energihubbar och vägfordon kan få en viktig roll som energilager. Vad krävs ytterligare från det offentliga för att understödja denna möjlighet?

- Samarbete och samverkan får en viktig roll i en storskaligt elektrifierad transport-sektor. Ju mer effektiv samordning, desto högre resiliens finns när kriser uppstår. Hur kan effektiv samverkan stärkas mellan aktörer från olika nivåer och sektorer?
- I den stora omställningen till en elektrifierad transportsektor kommer det att vara angeläget att kontinuerligt följa så att utvecklingen är i linje med de transportpolitiska målen. Vilka nya faktorer kan bli viktiga att beakta?

Källförteckning

AFRY (2024). Framtidens drivmedelsbehov – en scenarioanalys av Sveriges drivmedels- och stationsnätverksutveckling 2025–2050, På uppdrag av Drivkraft Sverige, https://drivkraftsverige.se/nyheter/ny-rapport-framtidens-drivmedelsbehov-en-scenarioanalys-av-sveriges-drivmedels-och-stationsnatverksutveckling-2025-2050/, 2024-11-18

Björk och Vierth (2022). Kartläggning och kvantifiering av faktorer som har lett till en överflyttning av gods från väg till järnväg och sjöfart? VTI PM 2022:10, www.trafa.se/globalassets/rapporter/underlagsrapporter/2022/vti-pm-2022-10-vilken-overflyttning-av-godstransporter-fran-vag-till-jarnvag-och-sjofart-har-skett.pdf

Daniels och Eek (2024). The airport as an energy hub, VTI rapport 1201A, https://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:1841546/FULLTEXT01.pdf

EEA (2019). Drivers of change of relevance for Europé's environment and sustainability, EEA Report No 25/2019, https://www.eea.europa.eu/publications/drivers-of-change

Ehk och Åberg (2023). Placering av Vertiports – Persontrafik och Gods, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1844157/FULLTEXT01.pdf

Energiföretagen (2023). Sveriges elbehov 2045? Hur stänger vi gapet? www.energiforetagen.se/4917e4/globalassets/dokument/gap-rapport-handlingsplan/sveriges-elbehov-2045---hur-stanger-vi-gapet-20230215.pdf

Energimarknadsinspektionen (2022). Slutna distributionssystem och interna nät, Ei R2022:12, https://ei.se/download/18.54047ca618529c34c9713e7/1671529816256/Slutna-distributionssystem-och-interna-n%C3%A4t-Ei-R2022-12.pdf

Energimarknadsinspektionen (2023). Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering, Deluppdrag 3, Ei PM2023:07, https://ei.se/download/18.39aa709418c624607454297/1702883519072/Myndighetsgemensam-uppf%C3%B6ljning-%20av-samh%C3%A4llets-elektrifiering-deluppdrag-3-Ei-PM2023-07.pdf

Energimarknadsinspektionen (2024). Förutsättningar för elfordon att bidra till elsystemets flexibilitet och hur dubbelriktad laddning kan bidra till minskade kostnader, Ei R2024:08, https://ei.se/download/18.3abd1df7191974d14e93f6f/1725343704964/F%C3%B6ruts%C3%A4ttningar-f%C3%B6r-elfordon-att-bidra-till-elsystemets-flexibilitet-och-hur-dubbelriktad-laddning-kan-bidra-till-minskade-kostnader-Ei-R2024-08.pdf

Energimyndigheten (2021). Framtidens elektrifierade samhälle, Analys för en hållbar elektrifiering, ER 2021:28, https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspxp=Arkitektkopia&id=bc912c1c01734cc89398698f864da60a&q=2021:28&lstqty=1

Energimyndigheten (2023). Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering, ER 2023:23, www.energimyndigheten.se/4af928/globalassets/klimat--miljo/elektrifiering/myndighetsgemensam-uppfoljning--av-samhallets-elektrifiering-huvudrapport-2023.pdf

Energimyndigheten (2023). Scenarier över Sveriges energisystem 2023, Med fokus på elektrifieringen 2050, ER 2023:07, www.energimyndigheten.se/49428c/globalassets/statistik/prognoser-och-scenarier/langsiktiga-scenarier/langsiktiga-scenarier-over-sveriges-energisystem-2023.pdf

Eriksson och Eriksson (2022). Framtida transportsystem i kris och krig, Ett kunskapsunderlag för en forskningsansökan, FOI, rapport FOI-R—5321—SE, www.foi.se/rapportsammanfattning?reportNo=FOI-R--5321--SE

EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) nr 540/2014 av den 16 april 2014 om motorfordons ljudnivå och om utbytesljuddämpningssystem och om ändring av direktiv 2007/46/EG och om upphävande av direktiv 70/157/EEG, Europeiska unionens officiella tidning L 158/131, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0540

EUROPEAN UNION (2023). REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU, 2021/0223 (COD), https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-25-2023-INIT/en/pdf

Europeiska kommissionen (2021). 55 %-paketet (”Fit for 55”): nå EU:s klimatmål 2030 för klimatneutralitet, COM(2021) 550 final, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550

F3 (2021). Elektrobränslen, F3 Faktablad, kategori; drivmedel, Nr 9, april 2021, https://f3centre.se/app/uploads/f3-Faktablad-nr-9_Elektrobra%CC%88nslen_FINAL_210412.pdf

Forsberg, J. (2024) On The road to climate neutral Swedish transportation: Energy system modelling to support the transition at national, regional, and local levels. Paper IV: Tailoring climate mitigation strategies for passenger transportation by capturing contextual heterogeneity in the TIMES-Sweden model, https://ltu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1811155/FULLTEXT02.pdf

Geels (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study, Research Policy 31(2002), 1257-1274.

Graichen och Ludig (2024). Supply and demand in the ETS 2, Assessment of the new EU ETS for road transport, buildings and other sectors, Climate Change 09/2024, German Environment Agency, www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/09_2024_cc_ets_2_supply_and_demand.pdf

IATA (2024). Aviation net-zero CO2 transition pathways, Comparative review, www.iata.org/contentassets/8d19e716636a47c184e7221c77563c93/nz-roadmaps.pdf

IEA (2024), Oil 2024, Analysis and forecast to 2030, https://iea.blob.core.windows.net/assets/493a4f1b-c0a8-4bfc-be7b-b9c0761a3e5e/Oil2024.pdf

ITF (2023). How Governments can Bring Low-emission Trucks to Our Roads – and Fast, International Transport Forum Policy Papers, No. 127, OECD Publishing, Paris, www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/low-emission-trucks.pdf

Karlén m.fl. (2024). Effektprognos – en lathund för lokalnätsbolag, Energiforsk, Rapport 1014:1006, https://energiforsk.se/media/33353/2024-1006-effektprognos-en-lathund-for-lokalnatsbolag.pdf

Klimatpolitiska rådet (2023). Klimatpolitiska rådets rapport 2023, https://www.klimatpolitiskaradet.se/wp-content/uploads/2023/05/krrapport202317maj.pdf, sid. 119-120.

Konjunkturinstitutet (2024). Specialstudie Åkeribranschen, DNR 2024-248, www.konj.se/download/18.7301e8021927092ddb17e0e4/1729173937014/Specialstudie-105-%C3%85keribranschen.pdf

Luftfartsverket (2020). Luftfartsverkets yttrande som samråd angående utredning av elektromagnetiska störningars försvårande för totalförsvarets intressen eller anläggningar, Fi2020/02994/SPNÄ-2020-012713, Dokumentnummer D-2020-219784

Mahapatra (2007). Diffusion of innovative domestic heating systems and multi-storey wood-framed buildings i Sweden. Mittuniversitetet, doktorsavhandling 33, https://miun.diva-portal.org/smash/get/diva2:2025/FULLTEXT01.pdf

Malmaeus och Steen (2021). Trender i omvärlden med relevans för Generationsmålet. Naturvårdsverkets rapport 7020, https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1663915/FULLTEXT01.pdf (även IVL Svenska miljöinstitutet, https://ivl.diva-portal.org/smash/get/diva2:1602161/FULLTEXT02.pdf)

MSB (2020). Elektriska fordon och räddning. En inhämtning av erfarenheter från fältet och rekommenderade arbetssätt, Publikationsnummer MSB1533, https://rib.msb.se/Filer/pdf/29074.pdf

MSB (2024). Räddningsinsats där litiumjonbatterier förekommer, MSB2371 – juni 2024, https://rib.msb.se/filer/pdf/30732.pdf

Naturvårdsverket (2023). Analys av EU:s klimatmål och klimatramverk till 2040, skrivelse 2023-09-18, Ärendenummer NV-00052-20, www.naturvardsverket.se/4aceca/contentassets/f1821fc959934673bbc1f2578f9f2325/skrivelse-redodvisning-eu-till-rk.pdf

Naturvårdsverket (2023). Luft & miljö, Om luftmiljö och svenskluftövervakning 2023, Tema: Partiklar, https://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1751951/FULLTEXT01.pdf

Naturvårdsverket (2023). Miljöeffekter av elektrifiering av transporter, Redovisning av ett regeringsuppdrag NV-09921-21, www.naturvardsverket.se/4accac/contentassets/3a1f5d5418b043699cfedd13563f2b2a/redovisning-ru-miljoeffekter-elektrifieringen-av-transporter.pdf

Nilsson m. fl. (2020). Framtidens beskattning av vägtransporter, VTI rapport 1051, https://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:1449320/FULLTEXT02.pdf

Nykvist och Mårtensson (2021). Klimatneutral Försvarsmakt – Analys av fossilfria vägval för försvarsgrenarna, Möjliga åtgärder på kort sikt, FOI, Rapport FOI-R—5201--SE, www.foi.se/rapportsammanfattning?reportNo=FOI-R--5201--SE

Regeringen (2023). Energipolitikens långsiktiga inriktning, Prop 2023/24:105, www.regeringen.se/contentassets/2fd0739890d8484b8129d3c0e678f24d/energipolitikens-langsiktiga-inriktning-prop.-202324105.pdf

Regeringen (2023). Förslag om nya energipolitiska mål, KN2023/04578, www.regeringen.se/contentassets/01b5f0d6fb8944d0a0ba3f320e7fefdd/forslag-om-nya-energipolitiska-mal-kn202304578.pdf

Regeringen (2023). Regleringsbrev för budgetåret 2024 avseende Affärsverket svenska kraftnät, KN2023/04604, KN2023/04580 (delvis), KN2023/04160 (delvis) m.fl., www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/Index?rbId=24227

Regeringen (2023). Regleringsbrev för budgetåret 2024 avseende Statens energimyndighet, KN2023/04611, KN2023/04580(delvis), KN2023/02473, www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/Index?rbId=24145

Regeringen (2023). Regleringsbrev för budgetåret 2024 avseende Trafikanalys, LI2023/03884, LI2023/03851 (delvis) LI2023/01922, www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?RBID=23954

Regeringen (2023). Regleringsbrev för budgetåret 2024 avseende Trafikanalys, LI2023/03884, LI2023/03851 (delvis) LI2023/01922, www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?RBID=23954

Regeringen (2023). Undanröja hinder för elektrifieringen av transportsektorn, Dir. 2023:80, www.regeringen.se/contentassets/b4cdb3a1d81a411b9d12395a070499ce/undanroja-hinder-for-elektrifieringen-av-transportsektorn-dir.-202380

Regeringen (2024). Styrmedel för att bidra till en utfasning av fossila bränslen och att nå Sveriges klimatåtaganden i EU, Dir. 2024:98, www.regeringen.se/contentassets/fea643134ddc494ba240165b20b202b8/styrmedel-for-att-bidra-till-en-utfasning-av-fossila-branslen-och-att-na-sveriges-klimatataganden-i-eu-dir.-202498.pdf

Regeringen (2024). Uppdrag att öka det regionala inflytandet avseende flyglinjer med allmän trafikplikt, LI2024/00920, www.regeringen.se/contentassets/f9cb177552fa4deb8ef1f7a487d46a17/uppdrag-att-oka-det-regionala-inflytandet-avseende-flyglinjer-med-allman-trafikplikt.pdf

Regeringskansliet (2022). Rapport från samordnaren för samhällsomställning vid större företagsetableringar och företagsexpansioner i Norrbotten och Västerbotten, www.regeringen.se/contentassets/8e9b848837ae4cecab7e6a380a9a0b51/rapport-fran-samordnaren-for-samhallsomstallning-vid-storre-foretagsetableringar-och-foretagsexpansioner-i-norrbotten-och-vasterbotten.pdf

Regeringskansliet (2024). Ett elsystem med tydligt systemansvar, hög leveranssäkerhet och långsiktiga planeringsförutsättningar, Direktiv 2024:12, www.sou.gov.se/pagaende-utredningar/klimat--och-naringslivsdepartementet/2024/01/kn-202402/kn-202402-elmarknadsutredningen/

Riksrevisionen (2020). Framtidens skatteintäkter och förändrad energianvändning, RIR 2020:25, www.riksrevisionen.se/download/18.1280f3f017633a00615181ec/1607342210434/RiR%202020_25%20Anpassad.pdf

SCB (2023). Markanvändningen i Sverige 2020, MI03 - Markanvändningen i Sverige 2023.1, www.scb.se/contentassets/3c2419244f5043429cf2a0b1f6a57efd/mi0803_2020a01_sm_mi03br2301.pdf

Smedberg m.fl. (2022). Electric aviation 2022; Regional prerequisites for electric aviation, FAIR, www.kvarken.org/wp-content/uploads/2022/06/FAIR_Regional_Rapport__FINAL-VERSION.pdf

Statens offentliga utredningar (2022). En tryggad försörjning av metaller och mineral, SOU 2022:56, www.regeringen.se/contentassets/8d6f4bd8016e4a50ac94931b9b635285/en-tryggad-forsorjning-av-metaller-och-mineral-sou-202256.pdf

Statens offentliga utredningar (2023). En hållbar bioekonomistrategi – för ett välmående fossilfritt samhälle. Slutbetänkande av Bioekonomiutredningen, SOU 2023:84, www.regeringen.se/contentassets/9690f67e83b8410192f1869d0d5da392/en-hallbar-bioekonomistrategi--for-ett-valmaende-fossilfritt-samhalle-sou-202384.pdf

Svensk författningssamling. Förordning (2007:215) om undantag från kravet på nätkoncession enligt ellagen (1997:857), SFS 2007:215, www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2007215-om-undantag-fran-kravet-pa_sfs-2007-215/

Svensk författningssamling. Förordning (2022:524) om statliga myndigheters beredskap, SFS 2022:524, https://svenskforfattningssamling.se/sites/default/files/sfs/2022-05/SFS2022-524.pdf

Svensk författningssamling. Förordning om statligt stöd till regionala elektrifieringspiloter för tunga transporter, SFS 2022:107, https://svenskforfattningssamling.se/sites/default/files/sfs/2022-02/SFS2022-107.pdf

Svensk författningssamling. Förordning (2015:517) om stöd till lokala klimatinvesteringar, SFS 2015:517, www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2015517-om-stod-till-lokala_sfs-2015-517/

Svenska kraftnät (2024). Långsiktig marknadsanalys, Scenarier för kraftsystemets utveckling fram till 2050, Ärende Nr 2023/4164, www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2024/lma_2024.pdf

Sveriges riksdag (2021). Innovationskritiska metaller och mineral - en forskningsöversikt, Rapport från riksdagen 2021/22:RFR10, www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/rapport-fran-riksdagen/innovationskritiska-metaller-och-mineral-en_h90wrfr10/html/#page_41

Sweco (2024), Transportsektoranalys 2024, Svenskt näringsliv, www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/rapporter/5hqwk2_transportanalys_2024_webb_79_pdf_1213857.html/Transportanalys_2024_webb_79__1.pdf

Tillväxtanalys (2022). Hur arbetar EU med att reglera ny teknik och samtidigt ha fokus på grön omställning? Rapport 2022:12, www.growthanalysis.se/download/18.483f483d18851872d9b39a38/1685537922398/Taktproblemet%20och%20EU%2020221106%20Final.pdf

Trafikanalys (2018). Skatter, avgifter och stöd inom transportområdet – slutredovisning, Rapport 2018:15, www.trafa.se/globalassets/rapporter/2018/rapport-2018_15-skatter-avgifter-och-stod-inom-transportomradet.pdf

Trafikanalys (2019). Flygplatser i fokus, PM 2019:6, www.trafa.se/globalassets/pm/2019/pm-2019_6-flygplatser-i-fokus.pdf

Trafikanalys (2020). Elflyg - början på en spännande resa - redovisning av ett regeringsuppdrag, Rapport 2020:12, www.trafa.se/globalassets/rapporter/2020/rapport-2020_12-elflyg_borjan-pa-en-spannande-resa.pdf

Trafikanalys (2021). Transporternas ekonomiska överkomlighet - hur mäter vi det? PM 2021:3, www.trafa.se/globalassets/pm/2021/pm-2021_3-transporternas-ekonomiska-overkomlighet--hur-mater-vi-det.pdf

Trafikanalys (2022). Förslag som leder till transportsektorns klimatomställning, Rapport 2022:14, www.trafa.se/globalassets/rapporter/2022/rapport-2022_14-forslag-som-leder-till-transportsektorns-klimatomstallning.pdf

Trafikanalys (2022). Förutsättningar och styrmedel för ökad elsjöfart, Rapport: 2022:17, www.trafa.se/globalassets/rapporter/2022/rapport-2022_17-forutsattningar-och-styrmedel-for-okad-elsjofart.pdf

Trafikanalys (2023). Bantrafik 2022. Statistik 2023:23, www.trafa.se/bantrafik/bantrafik/

Trafikverket (2021). Regeringsuppdrag - Analysera förutsättningar och planera för en utbyggnad av elvägar, Ärendenummer TRV 2020/113 361, www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1524344/FULLTEXT01.pdf

Trafikverket (2022). Trender i transportsystemet, Trafikverkets omvärldsanalys 2022, Publikationsnummer: 2022:111, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1696683/FULLTEXT01.pdf

Trafikverket (2024). Förutsättningar för elflyg i upphandlad trafik, Rapport 2024:100, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1863566/FULLTEXT01.pdf

Trafikverket (2024). Förutsättningar för fordon, drivmedel och körkostnader i Basprognos 2024, PM Ärendenummer TRV 2021/7267, https://bransch.trafikverket.se/contentassets/a505c287326d4bfca66fcb8c0fe2288e/2024/pm-forutsattningar-for-fordon-drivmedel-och-korkostnader-i-basprognos-2024.pdf

Trafikverket (2024). Inriktningsunderlag för infrastrukturplaneringen, För perioden 2026–2037, Publikationsnummer: 2024:003, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1827847/FULLTEXT01.pdf

Trafikverket (2024). Luftfart, Underlagsrapport till Inriktningsunderlag för 2026-2037, 2024:006, https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1827862/FULLTEXT01.pdf

Trafikverket (2024). Vägtrafikens utsläpp 2023, PM Ärendenummer TRV 2024/14922, https://bransch.trafikverket.se/contentassets/bdc6eaecf796497dbf5720a71e607fd1/pm_vagtrafikens-utslapp-2023.pdf

Transportstyrelsen (2024). Rapport till stöd för utredningen om stärkt konkurrenskraft för Arlanda flygplats, TSL 2024-4370, www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer-och-rapporter/rapporter/luftfart/rapport-till-stod-for-utredningen-om-starkt-konkurrenskraft-for-arlanda-flygplats.pdf

Transportstyrelsen (2024). Uppdrag att se över och förenkla vissa regler avseende allmän platsmark, TSG 2023-4880, www.transportstyrelsen.se/sv/publikationer-och-rapporter/rapporter/vag/uppdrag-att-se-over-och-forenkla-vissa-regler-avseende-allman-platsmark/

WSP (2014). Åkerinäringens kostnadsbild – en jämförelse mellan fyra länder med trafik i Sverige, www.trafa.se/globalassets/pm/underlag/akerinaringens-kostnadsbild.pdf

WSP (2022). Stödsystem för lastbilar, www.trafa.se/globalassets/rapporter/klimatuppdrag/stodsystem-for-lastbilar.pdf

Webbsidor, webbnyheter

Angelica Rennerfelt (2024). Information och samverkan mellan kommuner, Presentation på 2030-sekretariatets seminarium Lokal, ändamålsenlig laddinfrastruktur – Så effektiviserar vi utbyggnaden, 2024-06-04, www.2030sekretariatet.se/lokal-andamalsenlig-laddinfrastruktur-sa-effektiviserar-vi-utbyggnaden/

BloombergNEF (2024). EU ETS Market Outlook 1H 2024: Prices Valley Before Rally, https://about.bnef.com/blog/eu-ets-market-outlook-1h-2024-prices-valley-before-rally/, 2024-11-19

Dagens infrastruktur (2024). Paulig och Einride samarbetar för omställning till elektrifierade transporter, www.dagensinfrastruktur.se/2024/09/05/paulig-och-einride-samarbetar-for-omstallning-till-elektrifierade-transporter/, 2024-09-05

Dagens Nyheter (2024). Så blev Europa överkört av Kina i batteriracet, 2024-10-29, www.dn.se/ekonomi/sa-blev-europa-overkort-av-kina-i-batteriracet/

Drivkraft Sverige (2024). Försäljningsställen, https://drivkraftsverige.se/fakta-statistik/forsaljningsstallen/, 2024-11-18

Drivkraft Sverige (2024). Oljeproduktion, https://drivkraftsverige.se/fakta-statistik/olja/oljeproduktion/, 2024-11-18

Drivkraft Sverige (2024). SPIMFAB, https://drivkraftsverige.se/om-oss/organisation/spimfab/, 2024-11-20

Eaglestar (2024), Hur man förhindrar statisk elektricitet från tankbilar, https://se.egfueldispenser.com/info/how-to-prevent-static-electricity-from-tank-tr-62689350.html, 2024-09-26

Energiforsk (2023). Undersökning av prognoseringsunderlag för nätutvecklingsplaner - krav och möjligheter, https://energiforsk.se/program/elnatens-hallbara-teknikutveckling-och-digitalisering/projekt/undersokning-av-prognoseringsunderlag-for-natutvecklingsplaner-krav-och-mojligheter/, 2024-08-15

Energiforsk (2024). Prognoser för nätutvecklingsplaner: Lathund, mall och mätmetoder, seminarium 2024-05-30, https://energiforsk.se/konferenser/genomforda/prognoser-for-natutvecklingsplaner-lathund-mall-och-matmetoder/

Energiföretagen (2027). Elnät, Energiåret 2016:2, Version 2017-10-30, www.energiforetagen.se/globalassets/energiforetagen/statistik/energiaret/energiaret2016_elnat_31-oktober.pdf, 2024-11-20

Energimyndigheten (2023). Energiläget i siffror 2023, www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2023/energilaget-i-siffror-2023/, 2023-12-05

Energimyndigheten (2024). Energianvändning i transportsektorn, https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Energimyndighetens_statistikdatabas/, 2024-11-20

Energimyndigheten (2024). Statistikdatabas, https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Energimyndighetens_statistikdatabas/

Energimarknadsinspektionen (2024). Elavtal, https://ei.se/konsument/el/elavtal, 2024-11-20

ESV (2024). Tidsserier, statens budget m.m. 2023, www.esv.se/press-och-publicerat/publikationer/2024/tidsserier-statens-budget-m.m.-2023, 2024-06-11

EURACTIV (2024), EU-KOMs prognos, www.euractiv.com/, 2024-11-19

EURACTIV (2024). New EU scheme could hike petrol, gas prices higher than expected, key lawmakers admit, www.euractiv.com/section/economy-jobs/news/new-eu-scheme-could-hike-petrol-gas-prices-higher-than-expected-key-lawmakers-admit/, 2024-11-19

European Raw Materials Alliance (2024). About us, https://erma.eu/about-us/, 2024-11-20

Europeiska kommissionen (2018). EU Battery Alliance: Major progress in establishing battery manufacturing in Europe in only one year, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_18_6114, 2018-10-15

Europeiska kommissionen (2022). REPowerEU: En plan för att snabbt minska beroendet av ryska fossila bränslen och påskynda den gröna omställningen*, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/sv/ip_22_3131, 2022-05-18

Europeiska kommissionen (2023). 2023 State of the Union Address by President von der Leyen, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/speech_23_4426, 2023-09-13

Europeiska kommissionen (2024). Alternative Fuels Infrastructure, https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport/alternative-fuels-sustainable-mobility-europe/alternative-fuels-infrastructure_en?prefLang=sv, 2024-11-20

EY (2023). Sverige faller i global elbilsranking – behöver satsa på laddinfrastruktur, www.ey.com/sv_se/newsroom/2023/09/sverige-pa-plats-fyra-i-ey-s-globala-elbilsindex, 2023-09-19

Fyrbodals kommunalförbund (2021). Vägledning för laddinfrastruktur – publik laddning i Fyrbodal, www.fyrbodal.se/nyhet/ny-vagledning-for-laddinfrastruktur/, 2024-11-20

Göteborg Energi (2024). Så elektrifieras Göteborgs Hamn, www.goteborgenergi.se/i-var-stad/artikelbank/genab-sa-elektrifieras-goteborgs-hamn, 2024-11-18

Karlström (2024), Indien och batteriproduktion, OmEV 2024-02-22, https://omev.se/2024/02/22/indien-och-batteriproduktion/

Karlström (2024). Globala syd del 1: Westlessness och Kina i Latinamerika, OmEV 2024-11-12, https://omev.se/2024/11/12/globala-syd-del-1-westlessness-och-kina-i-latinamerika/

KTH (2023). Marina system, www.kth.se/tekmek/forskargrupper/marina-system/marina-system-1.1238191, 2024-11-20

Larsson (2024), Elvägar del 1. Bakgrund och status, OmEV 2024-02-06, https://omev.se/2024/02/06/elvagar-del-1-bakgrund-och-status/

Larsson (2024). Elvägar del 2. Funderingar om framtiden, OmEV, 2024-02-07, https://omev.se/2024/02/07/elvagar-del-2-funderingar-om-framtiden/

Linnéuniversitetet (2023). Ny metod för återvinning av litiumjonbatterier minskar energibehov och miljöpåverkan, https://lnu.se/mot-linneuniversitetet/aktuellt/nyheter/2023/ny-metod-for-atervinning-av-kobolt/, 2023-02-28

Martin&servera (2024). Stora kliv mot en fossilfri fordonsflotta, www.martinservera.se/martin-servera-gruppen/nyheter/martin-servera-logistik-investerar-mot-100-procent-fossilfri-distribution, 2024-09-26

Mobility Sweden (2024). Om fordonsindustrin, https://mobilitysweden.se/kontakt/om-fordonsindustrin, 2024-11-20

MSB (2024). Batterier – hantering, brand, olyckor, www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/raddningstjanst-och-raddningsinsatser/batterier---hantering-brand-och-olyckor/, 2024-09-26

MSB (2024). Det svenska civila beredskapssystemet, www.msb.se/sv/amnesomraden/krisberedskap--civilt-forsvar/det-svenska-civila-beredskapssystemet/, 2024-11-20

MSB (2024). Identifiera samhällsviktig verksamhet, www.msb.se/sv/amnesomraden/krisberedskap--civilt-forsvar/samhallsviktig-verksamhet/identifiera-samhallsviktig-verksamhet/, 2024-06-20

Naturvårdsverket (2023). Handledning i samhällsekonomisk analys, www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/samhallsplanering/handledning-i-samhallsekonomisk-konsekvensanalys/, 2024-11-20

Naturvårdsverket (2024). Inrikes transporter, utsläpp av växthusgaser, www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/, 2024-06-19

Naturvårdsverket (2024). Producentansvar för batterier - nya regler från 2025, www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/producentansvar/producentansvar-for-batterier---nya-regler-fran-2025/, 2024-11-20

Naturvårdsverket (2024). Vägledning om hamnverksamhet, www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/branscher-och-verksamheter/hamnar/#E976174690, 2024-11-20

Nord Pool (2024). History, www.nordpoolgroup.com/en/About-us/History/, 2024-11-20

Nordisk Järnväg (2021). Utan tåget lyfter inte flyget – nytt avtal mellan AFAB och Green Cargo, www.nordiskjarnvag.se/nyheter/utan-tajpyget-lyfter-inte-flyget-nytt-avtal-mellan-afab-och-green-cargo, 2021-09-17

Ny Teknik (2023). Tesla bekräftar: Utvecklar trådlös hemmaladdning för elbilar, www.nyteknik.se/elbilar/tesla-bekraftar-utvecklar-tradlos-hemmaladdning-for-elbilar/4222506, 2024-11-20

Philippe Crist (2024). The future is what we think it to be, Transportforum 2024, www.vti.se/transportforum/om-transportforum/tidigare-konferenser, 2024-11-20

Power circle (2024). Vad är V2G - Vehicle to Grid? Faktablad från Power Circle, januari 2024, https://powercircle.org/v2g.pdf, 2024-11-20

Regeringskansliet (2023). Regeringen satsar på utvecklad energiplanering, www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/12/regeringen-satsar-pa-utvecklad-energiplanering/, 2023-12-21

Region Skåne (2024). Skånes effektkommission, https://utveckling.skane.se/tema/effektkommissionen/, 2024-08-15

RISE (2023). Krafttank används i forskningsprojekt för cybersäkerhet i elnätet, www.ri.se/sv/krafttank-anvands-i-forskningsprojekt-for-cybersakerhet-i-elnatet, 2023-11-20

Scania (2024). Scania etablerar bolag för laddlösningar, www.scania.com/se/sv/home/newsroom/press-releases/press-release-detail-page.html/4845306-scania-etablerar-bolag-for-laddlosningar, 2024-06-11

SCB (2024), Företagens ekonomi (FEK), www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/naringsverksamhet/naringslivets-struktur/foretagens-ekonomi/, 2024-11-20

SGU (2024). Sällsynta jordartsmetaller, www.sgu.se/om-geologi/mineral/sallsynta-jordartsmetaller/, 2024-11-20

Solcellskollen (2021). Så väljer du storlek på batteriet till din solcellsanläggning, www.solcellskollen.se/blogg/sa-valjer-du-storlek-pa-batteriet-till-din-solcellsanlaggning, 2024-11-20

Splash247.com (2024). Decarbonising shipping could double cost of transporting goods by containers: DNV, https://splash247.com/decarbonising-shipping-could-double-cost-of-transporting-goods-by-containers-dnv/, 2024-08-30

Svenska kraftnät (2024). Elområden och prisskillnader, www.svk.se/om-kraftsystemet/om-elmarknaden/elomraden/elomraden-och-prisskillnader/, 2024-11-20

Svenska kraftnät (2024). Sveriges elnät, www.svk.se/om-kraftsystemet/oversikt-av-kraftsystemet/sveriges-elnat/, 2024-11-20

Svevia (2024). Asfalt med lägre klimatpåverkan, www.svevia.se/projekt/asfalttillverkning/lignin-asfalt-med-lagre-klimatpaverkan, 2024-11-20

Tidningen Energi (2021). Ny svensk gruvbrytning kan stärka klimatarbete, www.energi.se/artiklar/2021/juni-2021/stora-fyndigheter-kritiska-material-i-sverige/, 2021-06-22

Trafikanalys (2023). Bantrafik 2023, www.trafa.se/globalassets/statistik/bantrafik/bantrafik/2023/bantrafik-2023.pdf

Trafikanalys (2024). Fordon på väg, www.trafa.se/vagtrafik/fordon/, 2024-11-20

Trafikanalys (2024). Prognoser för vägfordonsflottan, www.trafa.se/etiketter/prognoser-for-fordonsflottan/, 2024-11-19

Trafikanalys (2024). Sjötrafik, www.trafa.se/sjofart/sjotrafik/, 2024-11-20

Trafikverket (2017). Sveriges vägnät, arkiverad från originalet den 4 augusti 2017, läst 22 juni 2020, Wikipedia, https://web.archive.org/web/20170804052435/https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/vag/Sveriges-vagnat/

Trafikverket (2024). Basprognoser, https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/trafikprognoser-och-trafikanalyser/Kort-om-trafikprognoser/, 2024-11-20

Trivector Traffic (2024). Både hot och möjligheter med framtidens drivmedelsstationer, www.trivectortraffic.se/framtidssakrad-samhallsplanering/bade-hot-och-mojligheter-med-framtidens-drivmedelsstationer/, 2024-09-10

Vattenfall (2017). Frihet ladda elbil utan sladd, https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/nyheter/2017/frihet-ladda-elbil-utan-sladd, 2017-01-23

Vattenfall (2024). Elnätets uppbyggnad, www.vattenfalleldistribution.se/om-elnatet/elnatets-uppbyggnad/, 2024-11-20

Vattenfall (2024). Vattenfall banar väg för vätgasflyg tillsammans med Airbus och partners, Pressmeddelande 31.01.2024, https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-

press/pressmeddelanden/2024/vattenfall-banar-vag-for-vatgasflyg-tillsammans-med-airbus-och-partners/

Vi Bilägare (2022). Så mycket effektivare är elbilen än bensinbilen, www.vibilagare.se/nyheter/sa-mycket-effektivare-ar-elbilen-bensinbilen, 2022-08-16

Vi Bilägare (2024), Här är nya ”hållbara” asfalten: ”Första testet i vinter”, www.vibilagare.se/nyheter/har-ar-nya-hallbara-asfalten-forsta-testet-i-vinter, 2024-09-12

Vätgas Sverige (2024), Vätgas perfekt i hamnmiljö, https://vatgas.se/2024/03/19/vatgas-perfekt-i-hamnmiljo/, 2024-03-19

Samtal med aktörer

Drivkraft Sverige, den 5 november 2024.

Energimyndigheten, löpande avstämningar.

Forskningsprojektet Beredskapshänsyn i transportsystemet (BULT), 8 november 2024.

SIKT-nätverket, 1 februari, 4 juni, och 2 oktober.

Svenska kraftnät, 7 november 2024.

Trafikverket, 25 oktober 2024.

Utredningen att undanröja hinder för elektrifieringen av transportsektorn, 30 oktober 2024.

Bilagor

Bilaga A. Övergripande utgångspunkter för framåtblickande moment.

Tabell A. Övergripande utgångspunkter för framåtblickande moment.

	Snabb hastighet i omställningen	Långsam hastighet i omställningen
Trafikslagen utvecklas utifrån dagens fördelning	Samma fördelning mellan trafikslagen med liknande tjänster och funktioner som i dagens system.	Samma fördelning mellan trafikslagen med liknande tjänster och funktioner som i dagens system – *men mycket sker närmare 2045.*
Trafikslagen utvecklas utifrån förändrad fördelning	Ett transportsystem där elektrifieringen i transportsektorn sker utifrån snabb introduktion av ny teknik, gynnsam prisutveckling och effektivisering vilket leder till liknande fördelning av trafikslagen men förändringar i logistik och transportmönster påverkar vissa tjänster och funktioner.	Ett transportsystem där elektrifieringen i transportsektorn skapar fördelar för vägtrafik, men även för järnväg, vilket leder till omfördelning mellan trafikslagen men även påverkar vissa tjänster och funktioner – *men mycket sker närmare 2045.*
Dominerande omvärldstrend (från specifika trender för transportområdet)	Allt större genomslag för ny teknik som förändrar transportsystemet.	Utmanande väg mot ett fossilfritt och miljöanpassat transportsystem.

Källa: Trafikanalys.

Bilaga B. Exempel på el- och vätgasflygplan under utveckling.

Tabell B. Exempel på el- och vätgasflygplan under utveckling.

Tillverkare (flygplansnamn)	Typ	Passagerar-kapacitet	Räckvidd (km)	Beräknad trafikstart
Eviation (Alice)	Batteridrift	9	460	Osäkert. Demonstrationsflygning år 2022, men inga senare tester genomförda.
Væridion (Microliner)	Batteridrift	9	400	Flygtester 2027 och serieproduktion år 2030.
Lillium	Batteridrift (eVTOL)	6	250	Bemannade flygtester 2025, första leverans till kund 2026.[209]
Heart Aerospace (ES-30)	Hybridelektriskt	30	400	Testflygningar 2026 och 2027 med målsättning om kommersiell drift i slutet av årtiondet.
Aura Aero (ERA)	Hybridelektrisk	19	1 500	Kommersiell drift beräknad till 2028.
Mavea (Mavea 80)	Hybridelektriskt	84	1 480	Kommersiell drift beräknad till 2031.
Embraer (Energia)	Batteridrift och hybridelektriskt	Oklart	Oklart	Flyg med batteridrift framtaget till 2035–2040. Frågetecken kring batterikapacitet talar för hybrid- och vätgasflyg.
Voltaero (Cassio)	Hybridelektriskt	12	1 350	Färdigutvecklat flygplan år 2027
ZeroAvia	Vätgas (bränslecell)	10-20 40-80 100-200 200 200+	925 1 300 3 700 5 600 9 300	Drivlina utvecklad till 2025, 2027, 2029,2032 eller 2040 beroende på flygplansstorlek.[210]
Universal hydrogen	Vätgas (bränslecell)	40	740-1 020	Drivlina utvecklad till 2025.
Airbus	Vätgas			Kommer under 2026 bestämma vilket av flera utvecklade koncept för vätgasdrift som man går vidare med. Målsättningen är att ha utvecklat ett flygplan med nollutsläpp till år 2035.

Källa: Trafikverket (2024). *Förutsättningar för elflyg i upphandlad flygtrafik*, 2024:100 (där annat inte anges).

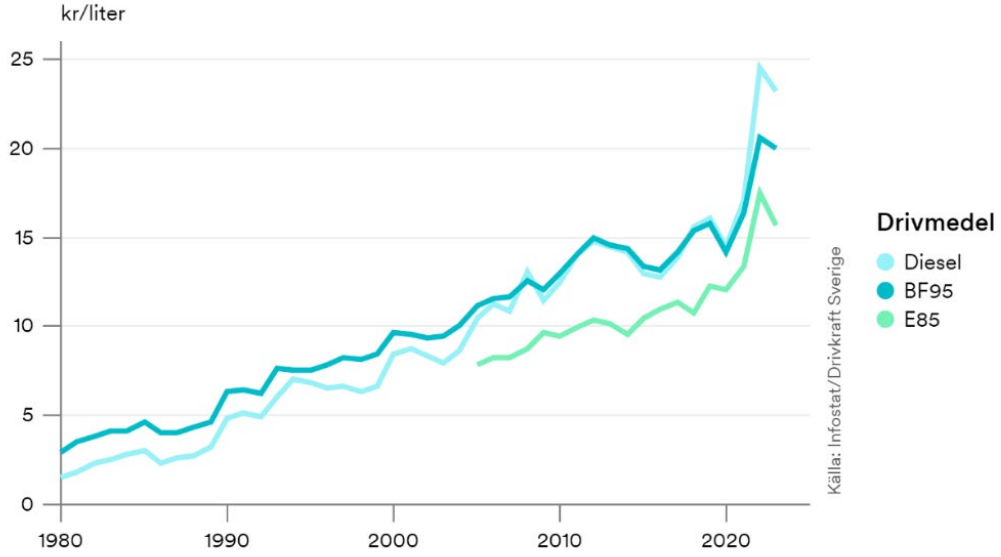
[209] Lilium Reaffirms 2026 Target for First Customer Deliveries and Provides Additional Detail on Testing Program - Lilium
[210] Products - ZeroAvia

Bilaga C. Tabeller och diagram som refereras till i avsnitt 5.2.

Oljepriset och oljebaserade bränslen

Figur C.1. Oljepriset från 1990 till och med våren 2024 (USD per fat).
Källa: Trading Economics.

Många kategorier av alternativa och förnybara bränslen följer oljepriset



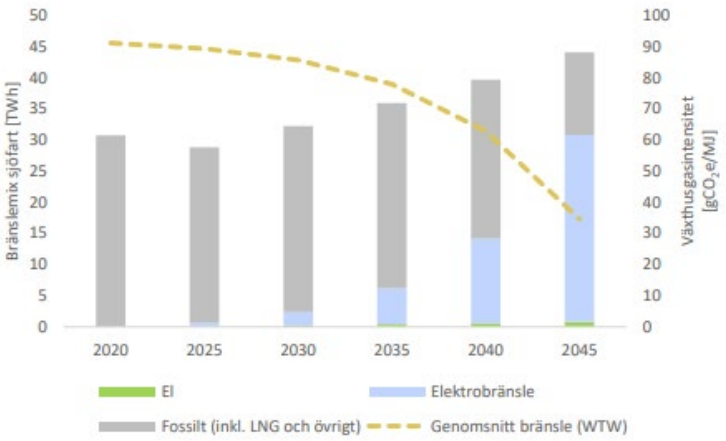
Figur C.2 Priset på diesel, blyfri bensin 95 oktan och etanol E85 i kr per liter, 1980–2023.
Källa: Drivkraft Sverige.

Tabell C.1. Trafikverkets prognos över priser bensin och dieselbränslen. Prisnivå 2019.

	Pris 2019	Förändring till 2030 (interpol)*	Prisprognos 2045	Total ändring 2019-2045	Årlig ändring
Bensin (95%), pump, inkl. skatt	15,77	37%	33	109%	2,9%
Diesel (77%), pump, inkl. skatter	16,1	32%	31	93%	2,6%
Fossil diesel, exkl. skatt	6,81	17%	9,78	44%	1,4%
Fame	10,8	25%	18,18	68%	2,0%
HVO	13,7	18%	20,18	47 %	1,5%
Diesel, pump, exkl. skatter	8,25	46%	20,04	143%	3,5%

***Not: Interpolering till år 2030 gjord av Trafikanalys.**
Källa: Trafkverket (2022), Energipriser i Basprognos 2024, Tabell 1, avsnitt 2.2. (se även ASEK 8.0 kalkylbilaga, flik A3 Drivmedelspriser).

Sjöfartens bränsleanvändning i framtiden



Figur C.3. Analys av FuelEU Maritime inverkan på sjöfartssektorns bränslemix i Sverige. Antaganden: total bränslevolym ökar med Sveriges BNP. Fossil bränslemix antas vara konstant från år 2020, baserat på EU:s bränslemix. Beräkningen tar inte hänsyn till att användning av LNG samt LBG kan bidra till minskning av växthusgasintensitet och på så sätt reducera framtida behovet av elektrobränslen.
Källa: Sweco
www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/rapporter/5hqwk2_transportanalys_2024_webb_79_pdf_1213857.html/Transportanalys_2024_webb_79__1.pdf

Kostnaden för transporter inom ETS

Tabell C.2. Priser på sjöfartsbränslen med kostnad för omställning till klimatneutralitet 2050 enl. EU:s bana för priset på utsläppsrätter (EUA). Kr/ton. Prisnivå 2019.

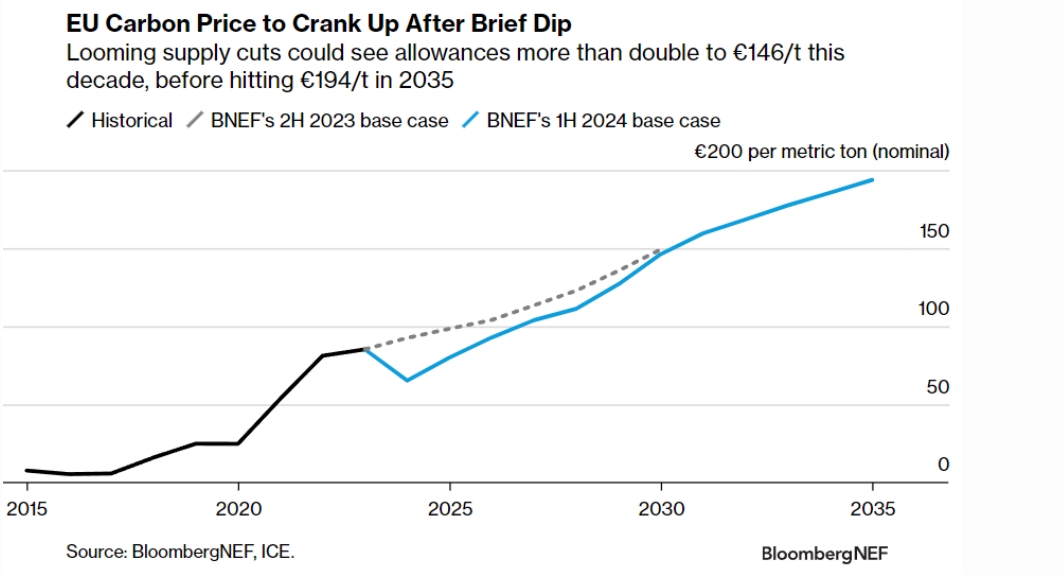
Bränsle (kr/ton)	Pris 2019*	Förändring till 2030 (interpol)*	Prisprognos 2045*	Total ändring 2019-2045	Årlig ändring
MGO	5 278	22%	8 501	61%	1,9%
VLSFO	5 108	22%	8 151	60%	1,8%
EUA/biobränsle	820	209%	11 840	1 344%	10,8%
Totalt MGO	Ca 6 000	66%	Ca 20 000	233%	4,7%
Totalt VLSFO	Ca 5 900	68%	Ca 20 000	239%	4,8%
Jetbränsle (kr/lit)	4,76	26%	8,17	72%	2,1%
EUA/biojet (kr/lit)	0,66	209%	9,48	1 336%	10,8%
Tot Flygbränsle, kr/lit	5,42	65%	17,65	226%	4,6%

Källa: Trafikverket tabell 12.
***Not: Prisförändringen till år 2030 är interpolerad av Trafikanalys.**

Priset för utsläppsrätterna får stor betydelse

Figur C.4. Trading Economics, https://tradingeconomics.com/commodity/carbon

Bedömning av EU-ETS utsläppsrätter 2015-2035



Figur C.5. Bloombergs prognos över priset på utsläppsrätter fram till 2035.
Källa: EU ETS Market Outlook 1H 2024: Prices Valley Before Rally | BloombergNEF (bnef.com)

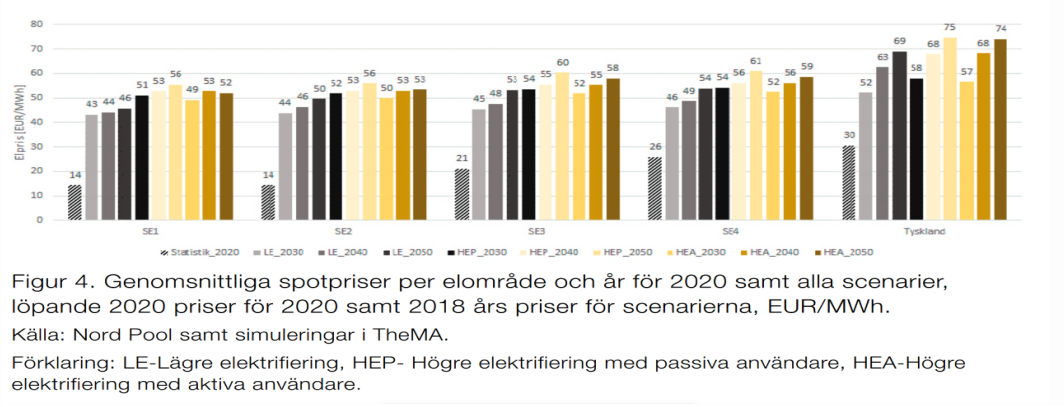
Svenska kraftnäts scenarier för elpriset

Tabell C.3 Koldioxid- samt bränslepriser enligt TYNDP2022 / Svenska Kraftnät.

	2030	2040
CO_2	70-78 EUR/ton	90-123 EUR/ton
Lättolja	36,3–49,6 EUR/MWh	34,6–55,5 EUR/MWh
Naturgas	14,5–22,4 EUR/MWh	14,7–24,8 EUR/MWh
Biogas	74,7 EUR/MWh	61 EUR/MWh

Källa: Svenska kraftnät, Långsiktig marknadsanalys 2024.

Energimyndighetens scenarier för elpriset



Figur C.6. Energimyndighetens scenarier över elpriset i olika svenska elområden samt i Tyskland idag, år 2030, 2040 och 2050.
Källa: Energimyndigheten, *Framtidens elektrifierade samhälle.*

Bilaga D. Frågeställningar som använts för att bedöma betydelsen för de transportpolitiska målen.

Utifrån hänsynsmålet
Påverkar omställningen trafiksäkerheten och därmed antalet omkomna och allvarligt skadade?
Påverkar omställningen andelen förnybar energi (kWh) i transportsektorn?
Påverkar omställningen en effektivare energianvändning i transportsektorn?
Påverkar omställningen behovet av värdefulla och svårutvunna metaller och mineraler? (tänk effekt människa/miljö)
Påverkar omställningen utsläppen av partiklar?
Påverkar omställningen utsläppen av kväveoxider?
Påverkar omställningen utsläppen av svaveloxider?
Bidrar omställningen till en ökad andel personkilometer utförda med kollektivtrafik, gång och cykel och bidrar på så sätt till en God bebyggd miljö och Frisk luft?
Bidrar omställningen till sänkta bullernivåer i den bebyggda miljön?
Bidrar omställningen till en ökad biologisk mångfald?
Bidrar omställningen till att fler resor eller delar av resor sker till fots eller med cykel?
Bidrar omställningen till minskat stillasittande i bil eller i kollektivtrafiken?
Utifrån funktionsmålet
Bidrar omställningen till förbättrad standard och tillförlitlighet i transportsystemet?
Bidrar omställningen till en förbättrad tillgänglighet för persontransporter?
Bidrar omställningen till en förbättrad tillgänglighet för godstransporter?
Bidrar omställningen till kostnaden för transporter? (tänk överkomlighet utifrån funktionsmålet)
Bidrar omställningen till ökad tillgänglighet utan transporter?
Bidrar omställningen till förbättrade villkor i transportbranschen?
Hur påverkas olika socioekonomiska grupper av omställningen?
Är det några socioekonomiska grupper som gynnas och eller några som missgynnas?
Påverkar omställningen människor boende i städer och tätorter respektive landsbygder på olika sätt?
Bidrar omställningen till regional utveckling?
Bidrar omställningen till att män och kvinnor kan ta del av transportsystemet på lika villkor?
Bidrar omställningen till att kvinnors och mäns perspektiv och värderingar synliggörs inför beslut?
Bidrar omställningen till att kvinnor och män kan vara med i beslutande organ och ha samma möjligheter att påverka transportsystemets tillkomst, utformning och förvaltning?
Det övergripande målet
Bedöms omställningen påverka långsiktig hållbarhet?
Bedöms omställningen vara samhällsekonomiskt lönsamt?

Trafikanalys är en kunskapsmyndighet för transportpolitiken. Vi analyserar och utvärderar föreslagna och genomförda åtgärder inom transportpolitiken. Vi ansvarar även för officiell statistik inom områdena transporter och kommunikationer. Trafikanalys bildades 2010 och har huvudkontor i Stockholm samt kontor i Östersund.

TRAFIK ANALYS

Trafikanalys
Rosenlundsgatan 54
118 63 Stockholm

Tel 010 414 42 00
trafikanalys@trafa.se
www.trafa.se