

RAPPORT

Planeringsunderlag elvägar

Konsekvensbeskrivning av en framtida utbyggnad av
elvägar



E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

Konfidentialitetsnivå: 1 Ej känslig

Dokumenttitel: Planeringsunderlag elväg

Författare: Kenneth Natanaelsson, Vera Alsterberg, Helen Lindblom, Magnus Lindgren, Stefan Grudemo, Ficare Zehaie och Jonas Eliasson

Dokumentdatum: 2024-11-29

Ärendenummer: TRV 2024/125466

Kontaktperson: Kenneth Natanaelsson

Publikationsnummer: 2024:180

ISBN 978-91-8045-387-5

Foto: Trafikverket Bildarkiv

Sammanfattning

I fastställelsebeslutet till den nationella planen för transportsystemet 2022–2033 fick Trafikverket ett uppdrag att senast den 1 december 2024 redovisa ett planeringsunderlag för en utbyggnad av elvägar i Sverige. I uppdraget har fokus varit på elektrifieringen av godstransporter på väg där konsekvenserna av en etablering av elvägar på de mest trafikerade delarna av vägnätet har varit utgångspunkten för analysen.

Elvägar är fortfarande under utveckling och teknologin förekommer främst i form av olika typer av teststräckor över världen. I Europa har Sverige legat i framkant, men nu är det framförallt Tyskland och Frankrike som genomför ett antal teststräckor med olika elvägstekniker. Genomförande och utvärdering av de testerna kommer ta ett antal år och Trafikverket gör därför bedömningen att det sannolikt inte finns förutsättningar för att besluta om någon större utbyggnad av elvägar på en gemensam europeisk nivå före år 2030.

Trafikverkets bedömning är att det riskerar att bli för kostsamt för ett litet land som Sverige att vara pionjär och vara först med att starta en större elvägsutbyggnad i Europa. Den bedömningen grundar sig på att det är förknippat med betydande risker i förhållande till de nyttor som en tidig elvägsutbyggnad skulle kunna bidra till. Riskerna är främst relaterade till val av teknik, höga investeringskostnader och osäkerheter kring hur framtida drift och underhåll påverkas. Det finns även övervägande risker för ett lågt användande då det sannolikt inte finns en mogen marknad för elvägsfordon om Sverige är enda marknaden, samt att en relativt stor del av den tunga trafiken i Sverige är internationell.

Konsekvensanalysen visar att det sannolikt inte är samhällsekonomiskt lönsamt att etablera elvägar i en större omfattning på det statliga vägnätet i Sverige. Den främsta orsaken till resultatet är att de trafikvolymerna på de tunga transporterna genererar på de mest trafikerade delarna av det svenska vägnätet inte är tillräckligt stora för att ett elvägssystem ska bli samhällsekonomiskt lönsamt. En annan orsak är att en etablering av elvägar som tidsmässigt är i drift kring år 2040 endast ger marginella klimatnyttor då stora delar av fordonsflottan sannolikt redan är elektrifierad. De viktigaste faktorerna som har större påverkan på den samhällsekonomiska lönsamheten har varierats i olika känslighetsanalyser för att hantera de osäkerheter som finns. Resultatet från konsekvensanalysen bedöms utifrån dem vara relativt robust.

Rekommendationen från Trafikverket är därför att Sverige i nuläget inte ska planera för en större utbyggnad av elvägar på det statliga vägnätet under rådande förutsättningar. Det finns dock framtida osäkerheter som gör att det finns skäl att fortsatt följa utvecklingen kring elvägsteknologin och fortsatt bygga kunskap om förutsättningarna skulle förändras i framtiden.

Definitioner

Begrepp	Beskrivning
BEV	Batterielektriskt fordon som laddar stationärt
Dynamisk laddning	Laddning av fordon på elväg under färd
Elväg	Väg som kompletterats med en elektrisk anläggning avsedd för överföring av elektrisk energi till fordon under färd
ERSV	Batterielektriskt fordon som både kan ladda stationärt och dynamiskt
Fjärrtransport	Transporter av gods över långa avstånd
Lätt fordon	Fordon med en totalvikt på högst 3,5 ton
Nollutsläppsfordon	Fordon som under drift inte släpper ut koldioxid
Stationär laddning	Laddning av fordon vid laddstation medan fordonet står still
Tungt fordon	Fordon med en totalvikt över 3,5 ton
Vätgas i bränslecell	Fordon med elmotor där el produceras i en bränslecell med hjälp av vätgas
Vätgas i förbränningsmotor	Fordon med förbränningsmotor där vätgas används som drivmedel
ÅDT	Årsmedeldygnstrafik i antal fordon per dygn i medel under ett år
ÅDT tung	Årsmedeldygnstrafik i antal tunga lastbilar per dygn i medel under ett år

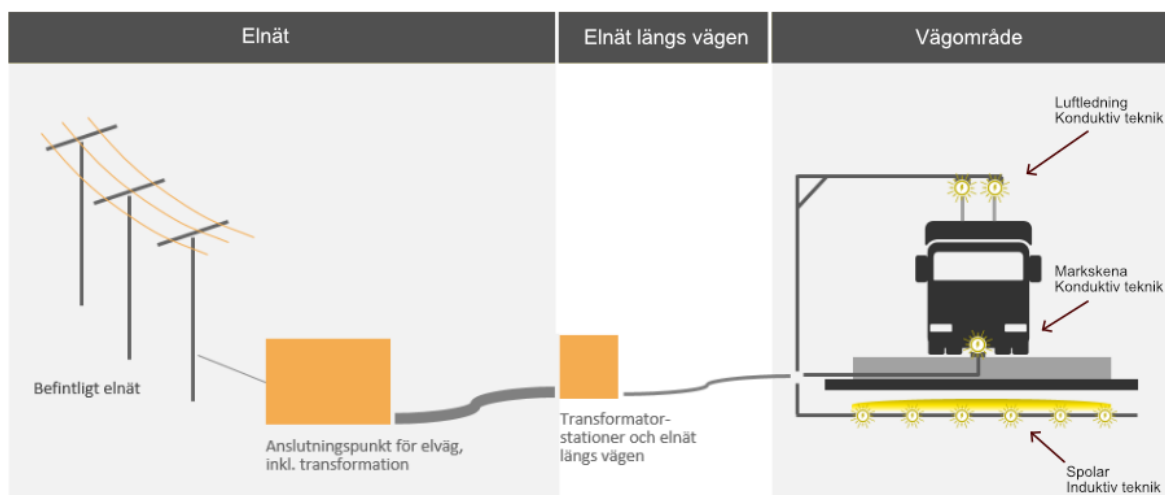
Innehållsförteckning

1 Inledning	7
1.1 Bakgrund	8
1.2 Syfte	11
1.3 Avgränsningar	11
2 Utbyggnadsalternativ	13
2.1 Vägnät Liten	15
2.2 Vägnät Mellan	18
2.3 Vägnät Stor	20
2.4 Vägnät Personresor	22
2.5 Dimensionering av ett framtida elvägssystem	23
2.6 Möjlig utbyggnadstakt	24
3 Utgångspunkter för analysen	27
3.1 Jämförelsealternativ	27
3.2 Utredningsalternativ 1 och 2	28
4 Kostnader och nyttor med elväg	29
4.1 Kostnader för byggande, drift och underhåll av elvägar	29
4.2 Kostnader och nyttor för användarna av elvägen	30
5 Sammantagen analys av elvägar	52
5.1 Samhällsekonomisk kalkyl för en typsträcka	52
5.2 Analys för utredningsalternativ 1 och 2	59
5.3 Ej kvantifierade effekter	60
5.4 Klimat- och resursmässiga konsekvenser	61
5.5 Konsekvenser för näringsliv och hushåll	65
6 Osäkerhetsbedömning	67
6.1 Automatisering	67
6.2 Vätgas och andra nollutsläppstekniker	68
6.3 EU:s regelverk om CO2-krav	68
6.4 Infrastruktur för alternativa drivmedel - AFIR	69
6.5 Geopolitik	69

7 Rekommendationer	71
Litteraturförteckning	73

1 Inledning

Vid en etablering av elvägar tillförs funktionaliteten att ladda dynamiskt till den befintliga vägen. Det medför även att ny infrastruktur i form av ett kraftförsörjningssystem behöver etableras för att tillföra el till elvägen, samt åtgärder i anslutning till väginfrastrukturen för att säkerställa att vägens övriga funktioner exempelvis trafiksäkerhet och tillgänglighet bibehålls. Elväg är en samling av teknologier som innebär att el kan överföras till fordonen medan de kör på vägen. Det finns tre huvudsakliga typer av elvägsteknologier. Elförsörjningen kan antingen ske konduktivt där överföringsutrustningen är placerad ovanför fordonet via en luftburen lösning (luftledning) eller under fordonet via en kontaktskena, alternativt trådlöst via induktionsteknik där överföringsutrustningen är placerad i vägbanan. Om elförsörjningen sker via fordonets undersida kan både lätta och tunga fordon ladda energi från elvägen, däremot kan luftledning enbart användas av tunga fordon. För att fordonen ska kunna ta emot elen från elvägen behöver fordonen vara utrustade med en anpassad strömavtagare för den aktuella elvägstekniken. Figur 1 nedan illustrerar ett förenklat elvägssystem som innefattar infrastruktur för kraftförsörjning, olika elvägsteknologier och dess överföringsteknik till fordonet.



Figur 1 Illustration av elväg med tillhörande kraftförsörjning.

För att elvägar ska fungera och vara ett konkurrenskraftigt alternativ för att elektrifiera vägtransporterna behöver alla delar i det s.k. elvägssystemet vara på plats både utifrån infrastrukturperspektivet och användarperspektivet. Det innebär exempelvis att det även finns etablerade betalsystem för hantering av brukaravgifter och att den är väl integrerad i vägtransportsystemet inklusive övervakning- och trafikledningssystem. Vid en analys över konsekvenserna av en etablering av elvägar i Sverige behöver därför alla delar av elvägssystemet beaktas.

Trafikverket har i ett tidigare regeringsuppdrag¹ analyserat förutsättningarna för att etablera elvägar på de allra mest trafikerade delarna av vägnätet för tung trafik. Det slutredovisades den 1 februari 2021 till regeringen. Sammanfattningsvis var Trafikverkets slutsats i utredningen att det generellt finns stora osäkerheter gällande olika lösningars framtida potential för att elektrifiera tunga transporter. Trafikverkets rekommendation i uppdraget var därför att i ett första steg bidra till att ta bort hinder för utbyggnad av stationära laddstationer där osäkerheterna är minst, och fortsätta bygga mer kunskap kring andra lösningar så som elvägar.

I fastställelsebeslutet till den nationella planen för transportsystemet 2022–2033 fick Trafikverket ett uppdrag att senast den 1 december 2024 redovisa ett planeringsunderlag för en utbyggnad av elvägar i Sverige. Trafikverket uppdras där att fortsätta planeringen av elvägar och utifrån den tidigare utbyggnadsplanen identifiera lämpliga sträckor. En möjlig etapp ska redovisas.²

1.1 Bakgrund

Enligt EU:s klimatlag ska nettoutsläppen år 2030 vara minst 55 procent lägre än 1990 års utsläpp. Senast år 2050 ska klimatneutralitet nås och därefter ska utsläppen vara negativa³. För att dessa mål ska kunna nås har en rad styrmedel beslutats där syftet är att minska utsläppen av växthusgaser över alla sektorer i ekonomin. Det finns både generella styrmedel som exempelvis handel med utsläppsrätter som sätter ett tak för hur mycket utsläpp som tillåts. Det finns även specifika styrmedel som exempelvis koldioxidnormer för lätta respektive tunga fordon för att sänka koldioxidutsläppen. Ett annat exempel på ett specifikt styrmedel är infrastruktur för alternativa drivmedel som innebär obligatorisk utbyggnad av laddningspunkter för el och tankstationer för vätgas. En förutsättning för analysen i denna rapport är att EU:s klimatregelverk ligger fast, samt att både allmänna och specifika styrmedel ligger fast.

Koldioxidnormerna för tunga fordon innebär att utsläppen för nyregistrerade tunga lastbilar i genomsnitt ska ha minskat med 43 procent år 2030 och 90 procent från och med år 2040 jämfört med genomsnittet år 2019. Kraven på sänkta koldioxidutsläpp från nya fordon kommer innebära en omfattande omställning till nollutsläppsteknologier, d.v.s. fordon som inte släpper ut koldioxid under drift. Detta inkluderar olika former av fordon med batterielektrisk eller vätgasdrift.

¹ Trafikverket. (2021). Analysera förutsättningar och planera för utbyggnad av elvägar. TRV 2020/113361.

² Regeringskansliet. (2022). Fastställelse av nationell trafikslagsövergripande plan för transportinfrastrukturen för perioden 2022–2033, beslut om byggstarter 2022–2024, beslut om förberedelse för byggstarter 2025–2027 samt fastställelse av definitiva ekonomiska ramar för trafikslagsövergripande länsplaner för regional transportinfrastruktur för perioden 2022–2033 (rskr. 2020/21:409). Sida 17. I2022/01294 m. fl.

³ Negativa utsläpp innebär att koldioxid aktivt bortförs ur atmosfären.

Inom regeringsuppdraget ”Handlingsprogram för laddinfrastruktur och tankinfrastruktur för vätgas”⁴ redovisas utförliga resonemang kring elektrifieringstrender. Majoriteten av transporterna kan elektrifieras via batteridrivna fordon som använder stationär laddning. För mer energikrävande tunga transporter med krav på långa räckvidder har utvecklingen inte kommit lika långt. Dessa fordon kommer behöva större batterikapacitet och högre laddeffekter. Hur fordonsflottan kommer att vara utformad framöver beror på hur funktionella de olika teknologierna för elektrifiering av den tunga fordonsflottan kommer att vara och hur kostnadseffektiva de olika lösningarna blir.

De olika teknologierna för att elektrifiera den tunga fordonsflottan ligger i olika utvecklingsfaser. Infrastrukturen för stationär laddning och tankstationer för vätgas är relativt väl utbyggd i Sverige redan idag sett till geografisk täckning och efterfrågan utefter de mer högtrafikerade delarna av vägnätet. Kapaciteten behöver dock öka i takt med att efterfrågan ökar, d.v.s. i takt med att antalet fordon med el- eller vätgasdrift ökar i flottan. Batteridrivna tunga fordon finns på marknaden och prognosen är att utvecklingen sannolikt kommer vara positiv de närmaste åren. Vätgasdrivna fordon har inte nått samma utveckling på marknaden som batteridrivna fordon och har en betydligt lägre mognadsgrad. Utvecklingen antas dock kunna ta fart runt år 2030, vilket även är ett viktigt målår för den obligatoriska utbyggnaden av vätgastankstationer enligt förordningen om infrastruktur för alternativa drivmedel (AFIR). Elvägar ligger senare i utvecklingsfasen och det finns inga politiska beslut för utbyggnad än. Fordonstillverkarna har därför inte några kända produktionsplaner vilket även det bidrar till att det blir svårare att göra prognoser över framtida användning och fordonsflottor.

Trafikverket har genomfört aktiviteter de senaste tio åren för att bidra till ökad kunskap om olika elvägsteknologier och andra elektrifieringsalternativ som kan bidra till elektrifieringen av vägtransportsystemet i Sverige. Trafikverket har varit med och finansierat fyra elvägsdemonstratorer som genomförts på publik väg i Sverige mellan åren 2016–2024. Syftet med dessa demonstratorer har främst varit att utreda de olika teknologiernas förmåga att överföra elenergi till fordonen på ett effektivt sätt under de förhållanden som råder hos det svenska vägtransportsystemet. Erfarenheterna är att samtliga tekniker som testats i Sverige fungerar och kan tillgodose fordonen med elkraft under färd.

I den nuvarande nationella planen för transportsystemet 2022–2033 har Trafikverket ett uppdrag att bygga en första permanent elväg som en pilotsträcka med syfte att öka kunskap och erfarenheter inför en eventuell framtida utbyggnad av ett större elvägssystem i Sverige. Det inkluderar allt från planläggningsprocesser till byggande, men syftet är även att ge erfarenhet av hur elvägar skulle fungera

⁴ Energimyndigheten, Trafikverket. (2023). Handlingsprogram för laddinfrastruktur och tankinfrastruktur för vätgas. ER 2023:23.

tillsammans med andra delar av vägtransportsystemet så som elförsörjning, trafikledningssystem och integration av betalsystem för brukaravgifter.

Trafikverket deltar även i internationella samarbeten för att få till sig kunskap från de försök som pågår i världen och för att dela med sig av den kunskap och erfarenheter som finns i Sverige. Det internationella utbytet blir allt viktigare nu när Trafikverket inte längre genomför några test av elvägar på det statliga vägnätet. Inga EU-länder har ännu fattat beslut om storskaliga investeringar i elvägar. Flera länder avsätter dock medel för att fortsätta utreda elvägar och genomföra testprojekt. För att en storskalig expansion av elvägar ska kunna ske i Europa kommer det sannolikt att krävas samordnade insatser mellan länder. För att våga göra större investeringar vill många länder invänta beslut från andra länder eller invänta ett kollektivt beslut inom EU. Avsaknaden av storskaliga nationella beslut har lett till att de initiativ som tas angående utbyggnad av elvägar just nu är mer av lokal karaktär snarare än omfattande nationella strategier och investeringar.

Det pågår testprojekt inom både induktiv elvägsteknologi och konduktiv markbunden och luftburen elvägsteknologi i ett antal länder i världen, däribland Frankrike, Italien, Israel, Tyskland, USA, Kina, Japan och Sverige. I exempelvis USA har fokus främst varit på induktiv. Andra länder som Tyskland och Frankrike har tidigare haft fokus på konduktiv teknik, men kommer att testa även induktivt i framtiden.

I USA har också pilotprojekt för elvägar genomförts på ett antal platser, bland annat i Florida, Utah, Indiana och Michigan. Ett av de större projekten som byggs just nu är en elektrifierad motorväg i Indiana som kommer inkludera en testbädd med induktiv teknik. Anläggningen förväntas kunna börja användas som en pilot under 2025. Hösten 2024 tog Kina ett viktigt steg i att införa elvägssystem när de skrev kontrakt för ett första större demonstrationsprojekt. Projektet är en sträcka på 14 kilometer med konduktiv luftledningsteknik. Man har också sedan 2023 testat induktiv teknik i kombination med autonoma fordon i ett slutet vägsystem i China FAW Technology Innovation Base. I Kina finns också ytterligare planer på att testa induktiv teknik för bussar och lastbilar, där man i ett första steg ska testa tekniken i en industripark för bussar i Shandong.

I Europa är det som tidigare nämnts främst Tyskland och Frankrike som har större teststräckor planerade på allmänna vägar i närtid. Tyskland var bland de första länderna som började att testa elvägar och har nu bland annat ett antal pågående demonstrationsprojekt sedan 2019 och 2021. Frankrike har tidigare främst genomfört tester på testbana, men under 2025 och 2026 planeras ett antal tester att startas upp på högt trafikerade motorvägssträckor. De franska testerna inkluderar både induktiv teknik och konduktiv markbunden teknik. Planen med testerna är att resultaten från dem ska ligga till grund för ett framtida beslut om elvägar i Frankrike. I Norden är det främst Sverige som genomfört konkreta tester tidigare. Nu planeras det för ett mindre test i Norge för kraftförsörjning av busstrafiken i

Trondheim, där infrastrukturen beräknas vara på plats under 2024. Konceptet är att en kombination av statisk och dynamisk laddning för att energiförsörja framförallt den lokala busstrafiken.

Det förekommer också omfattande samarbeten mellan elvägstillverkare och fordonstillverkare som indikerar på att en marknad håller på att växa fram ur ett mer behovsstyrt användarperspektiv inom de marknadssegment där de privata aktörerna kan se ett lönsamt affärskoncept på sikt. Det är exempelvis en utbyggnad vid hamnar och terminaler och för kollektiv trafik, där den gemensamma nämnaren är att det finns en regelbunden trafik som har möjlighet att nyttja elvägen. En annan tydlig trend är också att marknaden konsolideras genom att större internationella företag går in i de mindre elvägstillverkarna. De lokala initiativen som tagits i vissa länder kan skapa ett momentum för elvägar som kan skapa en marknadsstyrd efterfrågan. Att beslutsläget i Europa kring storskaliga elvägssystem är i ett avvaktande läge har påverkat hur fordons- och elvägstillverkarna ser på elvägar och dess framtid. Istället för att invänta internationella beslut arbetar aktörerna mer tillsammans för att utveckla lösningar utefter marknadens behov.

Internationellt samarbete pågår, men elvägar är fortfarande främst nationella angelägenheter i de europeiska länderna. Även om det finns internationella samarbeten som Innovationspartnerskapet COLLERS mellan Frankrike och Tyskland samt pågående arbete i den världsomfattande vägorganisationen PIARC, så är vi långt ifrån att behandla nödvändiga frågor som finansieringslösning, val av teknik och korridorsval på den internationella beslutsnivån som skulle behövas för att få till stånd en gemensam plan. Det pågår dock initiativ, bland annat att gemensamt utreda förutsättningarna för en elvägskorridor mellan Rotterdam och Budapest (ECOR) där ett flertal aktörer deltar och delvis finansieras av Tyskland.

1.2 Syfte

Rapporten syftar till att ta fram ett planeringsunderlag som ska fungera som beslutsunderlag för en eventuell framtida utbyggnad av elvägar. Det innebär att den bland annat behöver inkludera en beskrivning av elvägars roll i ett framtida elvägssystem och de samhällsekonomiska konsekvenser som en utbyggnad av elvägar skulle medföra. Det innebär mer konkret en redovisning av förutsättningarna för en elvägsutbyggnad, exempelvis vilka kostnader, nyttor och risker som är förknippade med en utbyggnad.

1.3 Avgränsningar

Utgångspunkten i uppdraget är att elvägar tidigast kan finnas på plats i mindre omfattning från år 2035 och i en större omfattning omkring år 2040 i Sverige, enligt rådande planeringsförutsättningar för större infrastrukturåtgärder. Projektet har valt att bortse från att analysera hinder för elektrifiering av transportsektorn

fram till 2040 då majoriteten sannolikt åtgärdats och de som finns kvar existerar oavsett om en elväg är etablerat år 2040 eller inte. Analysen avgränsas till att fokusera på de för- och nackdelar elväg kan ha jämfört med andra nollutsläppstekniker.

Den huvudsakliga målgruppen som förväntas använda elvägar är energikrävande tunga transporter med krav på långa räckvidder med en stor andel av sin körsträcka på utpekat vägnät. Det har främst tolkats som fjärrlastbilar eller tunga lastbilar med släp. Anledningen är att dessa transporter vanligtvis kräver stora batterier eller andra lösningar som kan lagra stora mängder energi ombord på fordonet. Även andra typer av transporter som bussar och regionala transporter med stor andel av körsträcka på elvägsnätet kan också vara en målgrupp och ingår därför i analysen.

I dagsläget är det inte beslutat vilken elvägsteknologi som kan bli aktuell för en elvägsutbyggnad. Teknikvalet är bland annat beroende av hur övriga länder i EU väljer att göra. Personbilar kan med rätt utformning använda elvägsnätet, men detta kräver att en elvägsteknik väljs som möjliggör användning. Personbilar eller andra lätta fordon inkluderas inte i huvudanalysen främst eftersom bedömningen är att räckvidden i framtida batterier kommer vara tillräcklig för de flesta resor. Det innebär inte att vi utesluter en användning av elvägen från dessa fordonsegment i framtiden, utan snarare att bedömningen i nuläget är att dessa segment skulle bidra till ett marginellt användande av elvägar. I den kvalitativa analysen ingår ett resonemang om detta.

När det gäller ombyggnad (konvertering) av befintliga eldrivna tunga lastbilar till att även kunna använda elväg finns en del problematik kring fordonstekniska frågeställningar inklusive garantier när det gäller att bygga om befintliga fordon från att enbart kunna använda stationär laddning till att även kunna använda dynamisk laddning. Om det finns en lönsam marknad för konvertering av befintliga fordon så kommer sannolikt dessa frågeställningar att lösas sig. I analysen har vi hanterat det genom att utgå från att elvägarna uppnår sin fulla nyttjandegrad från första dagen.

Trafikverket är medvetna om att det finns behov av regelverksförändringar för att elvägsinfrastrukturen ska kunna etableras och nyttjas på det statliga vägnätet. Trafikverket har valt att inte gå in på det i denna rapport med motivering att de behoven har rapporterats till regeringen i ett tidigare uppdrag⁵. Inom ramen för detta uppdrag kommer det inte heller redovisas tekniska aspekter eller fördelar och nackdelar hos olika elvägstekniker.

⁵ Statens Offentliga Utredningar. (2021). Regler för statliga elvägar. SOU 2021:73.

2 Utbyggnadsalternativ

Fördelarna med dynamisk laddning är att det går att ladda fordonet under färd vilket bland annat ger en ökad flexibilitet för när fordonet behöver ladda och var föraren behöver stanna för rast och vila. Det kan även påverka transporteffektivitet, behovet av stationär laddinfrastruktur, markåtkomst, batterikapacitet i fordonet, lastkapacitet och fordonskostnad. I vilken utsträckning som elvägar kommer att bidra till de möjliga effekterna som beskrivits ovan och hur en framtida efterfrågan på en elväg ser ut under de förutsättningarna bedöms i kapitel 4 och 5.

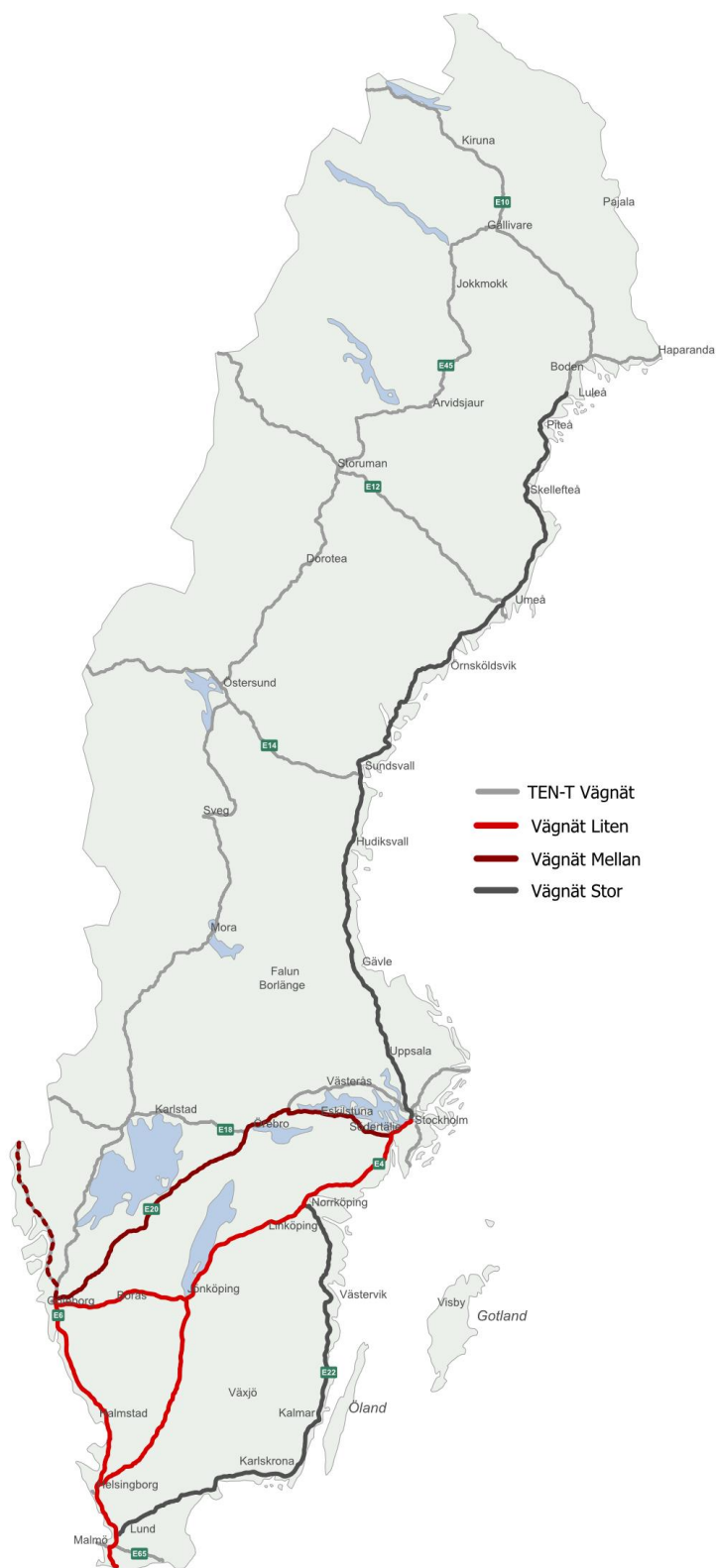
För att fordonsägaren ska vara villig att investera i ett elvägsfordon behöver denna känna sig trygg med att majoriteten av de framtida transporterna kan genomföras på ett tillförlitligt sätt med uppnådd räckvidd. Denna upplevda trygghet beror både av elvägens och den stationära laddningens utbyggnadstakt.

Nedan redovisas huvudsakligen tre olika utbyggnadsalternativ för godstrafiken och ett för persontrafik. En utbyggnad skulle också kunna inkludera vissa viktiga stråk som ligger utanför de utpekade vägnäten nedan om marginalnyttan av att inkludera dem är större än marginalkostnaden. Det kan i praktiken tillkomma kortare vägsträckor även utanför huvudstråken om det finns behov av det för att nå till större terminaler eller hamnar.

Elvägssystemet behöver vid en första utbyggnad prioriteras till ett utvalt nätverk. De stråk som föreslås i detta utvalda nätverk presenteras i Vägnät Liten. Det lilla vägnätet sammanbinder storstäderna Malmö, Göteborg och Stockholm via E6 Trelleborg-Göteborg, E4 Helsingborg-Stockholm, samt Rv40 Göteborg-Jönköping. Se en mer fördjupade beskrivning under avsnitt 2.1.

I en något större utbyggnad av ett elvägssystem bedöms det vara lämpligt att utgå från det lilla nätverket och utvidga med anslutande stråk. Detta mellanstora vägnät kan liknas den så kallade storstadstriangeln mellan Stockholm, Malmö och Göteborg. De tillkommande stråken är E6 Göteborg- Svinesund samt E20 Göteborg-Stockholm. Vägnät Mellan inkluderar därmed E6 Trelleborg-Svinesund, E4 Helsingborg-Stockholm, E20 Göteborg-Stockholm, samt Riksväg 40 Göteborg-Jönköping. I Figur 2 nedan har E6 Göteborg-Svinesund en streckad linje då en utbyggnad för detta stråk förutsätter att Norge har ett utbyggt elvägssystem på sin sida av landsgränsen. Se en mer fördjupade beskrivning under avsnitt 2.2.

Vid en större utbyggnad av ett elvägssystem föreslås att alla stråk från Vägnät Mellan samt E22 Burlöv-Norrköping och E4 Stockholm-Luleå ingår. Se en mer fördjupade beskrivning under avsnitt 2.3.



Figur 2 Tre aktuella vägnät. Vägnät Liten (röd), Mellan (röd+mörkröd) och Stor (röd+mörkröd+mörkgrå).

2.1 Vägnät Liten

Det mindre vägnätet representerar de mest trafikerade stråken med tung trafik på TEN-T nätet. Det sammanbinder de tre största städerna med en mindre triangel mellan Stockholm, Göteborg och Malmö. Vägnätet omfattar 990 kilometer. De sträckor som inkluderas är E6 Trelleborg-Göteborg, E4 Helsingborg-Stockholm samt Rv40 Göteborg-Jönköping.

Vägnätet innehåller större godsstråk som har betydelse för gränsöverskridande transporter, både för import och export. Godsstråket sträcker sig till och från Göteborgs respektive Jönköpingstrakten ut mot Öresundsbron och hamnarna i södra Sverige. Det internationella import- och exportgodslödet gör stråken till en intressant elvägskorridor ut mot Europa. I framtiden kan import- och exportvolymerna via väg komma att öka bland annat med anledning av Fehmarn Belt-förbindelsen mellan Danmark och Tyskland.

I Tabell 1 nedan presenteras en uppskattning av trafikflödet mätt i årsmedeldygnstrafik (ÅDT) för tung trafik på respektive stråk för Vägnät Liten. Mätningen är baserad på 2019 års mätdata. ÅDT tung anger hur många tunga fordon som har passerat mätpunkten. Det går inte att urskilja om ett fordon har färdats hela sträckan eller endast en delsträcka. Det går inte heller att avgöra hur många gånger ett enskilt fordon har passerat samma mätpunkt under ett dygn. Vissa lätta men långa fordon kan felaktigt ha klassificerats som tunga. Förenklingar i avläsningen har varit nödvändig då sträckorna har en stor mängd mätpunkter. Det har gjorts slumpmässiga nedslag för mätpunkter längst sträckorna. Resultatet som presenteras för ÅDT tung ska därmed tas som en indikation för vilken trafikmängd ett stråk kan ha.

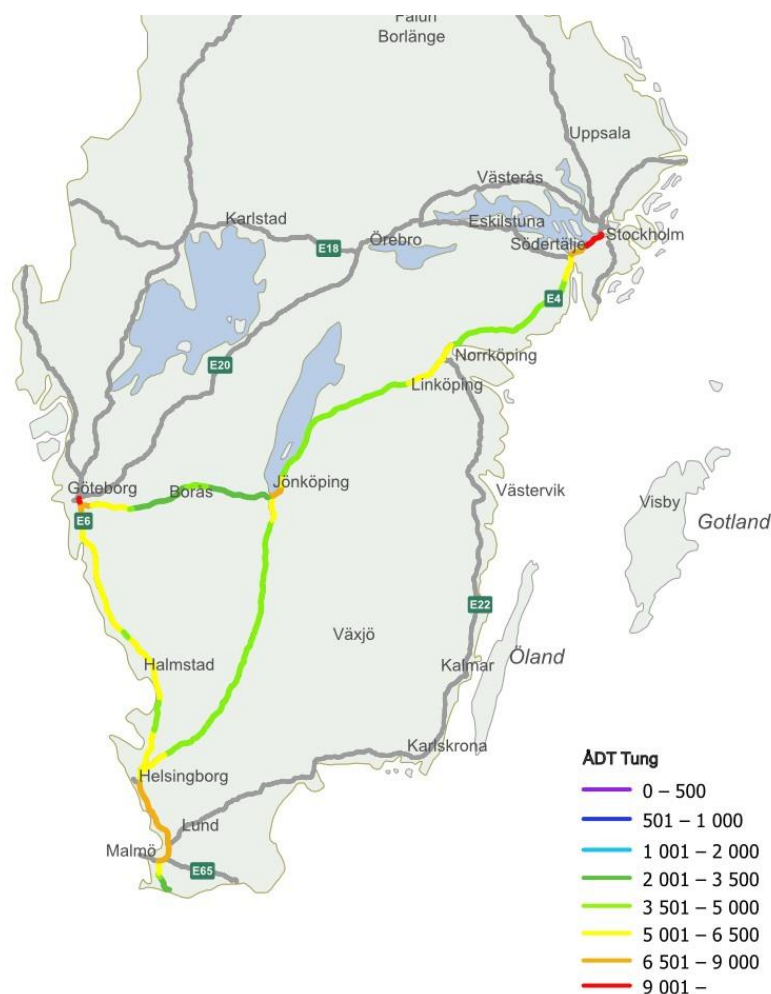
Vägnät Liten bedöms i genomsnitt ha ungefär 4 940 tunga fordon per årsmedeldygn år 2019, varav 55 procent bedöms vara med tunga fordon med släp. Denna nivå inkluderar dock en viss mängd lätta fordon. Med viss justering för detta samt utveckling av trafiken enligt basprognos 2024 kan en rimlig nivå för Vägnät Liten för kalkylperioden 2040–2070 (se kapitel 5) uppgå till ca 6 000 ÅDT tung. Det bör dock noteras att det finns många osäkerheter kring utvecklingen av tung trafik.

Tabell 1 Uppskattat antal tunga fordon per årsmedeldygn för respektive stråk år 2019.

	Sträcka	Medelvärde ÅDT tung	Medelvärde ÅDT tung med släp
E4 Malmö-Stockholm	616 km	5 170	3 000
E6 Malmö-Göteborg	278 km	6 250	3 590
E6 Malmö-Trelleborg	25 km	3 820	2 120
Rv40 Göteborg - Jönköping	140 km	3 090	1 570
Totalt Vägnät Liten	987 km	4 940	2 740

Sträckan E6 Malmö-Helsingborg ingår både i stråket Malmö-Stockholm och Malmö-Göteborg. Den totala sträckan som anges för det lilla vägnätet i tabellen ovan är därmed kortare än summan för sträckan för alla stråk. Samma sak gäller för kommande tabeller för Vägnät Mellan och Vägnät Stor, där fler stråk överlappar varandra.

Figur 3 nedan visar hur antalet tunga fordon per årsmedeldygn (ÅDT tung) varierar för Vägnät Liten för mätåret 2019. Det är som störst trafikflöde för tunga lastbilar vid storstäderna och som ökar ju närmre stadskärnan man kommer. Trafikflödet ökar även i anslutning till andra städer så som Norrköping, Linköping, Jönköping, Varberg, Halmstad och Helsingborg, samt där det finns viktiga anslutande noder.



Figur 3 Vägnät Liten. Färgerna beskriver hur ÅDT tung varierar på vägnätet.

E6 Trelleborg – Göteborg

E6 är en av de mest trafikerade vägarna med tung trafik på TEN-T vägnätet. Trafikmängden mellan Malmö till Göteborg uppskattas till i genomsnitt 6 250 tunga fordon per årsmedeldygn och mellan Trelleborg och Malmö ungefär 3 820. Det är i anslutning till de större städerna som de högsta volymerna uppmätts. Sträckan däremellan har något lägre trafikmängd, men utmärkande för stråket är att trafikmängden behåller en relativt jämn nivå. Lastbilar med släp bedöms stå för strax under 60 procent för stråket.

Utmed stråket finns städer så som Helsingborg, Landskrona, Halmstad, Falkenberg, Varberg, Kungsbacka och Mölndal som alla utgör viktiga målpunkter för transporter, både för lätt och tung trafik. I anslutning till E6 finns hamnar i Trelleborg, Malmö, Helsingborg, Varberg och Göteborg. Stora godsflöden via hamnarna finns exempelvis via Helsingborg–Helsingör, Malmö- Tyskland, Göteborg–Belgien och Trelleborg-Tyskland/Polen. En särskilt viktig funktion i utrikeshandeln har Göteborgs hamn. Trelleborgs hamn är Sveriges största lastbilshamn.

Mängden godsexport och import som trafikerar E6 är stor. Av de lastbilar som passerar gränsen mot Norge vid Svinesundsbron uppges att 20 procent går på E6 genom Skåne. Ungefär hälften av lastbilstransporterna på E6 i Hallands län är genomgående trafik, s.k. transittrafik. Andelen transittrafik på E6 vid Trelleborg uppges vara stor. Det som karaktäriserar flödet längs E6 genom Skåne är att det är diversifierat med flera olika aktörers transporter. Det finns en omfattande terminal och logistikverksamhet koncentrerad till området längs med E6:ans större södra orter Malmö, Landskrona, och Helsingborg som utgör start och målpunkter för godstransporter. Godset från Skåne transporteras främst till Västra Götaland, Halland, Stockholm och Kronobergs län. Gods som lossas i Skåne kommer främst ifrån Kronoberg, Västra Götaland, Halland och Jönköpings län.

E4 Helsingborg – Stockholm

En intressant nod längs E4 mellan Helsingborg och Stockholm är Jönköping där ett flertal aktörer har etablerat terminaler och logistik-hubbar. Det har bidragit till en större mängd godstransporter i regionen. Jönköping har ett strategiskt bra läge för godstransporter p.g.a. järnvägsanslutning till stambanan i Nässjö samt anslutningen till E4:an.

Stråket mellan Malmö och Stockholm är ett av de mest trafikerade med tung trafik på TEN-T vägnätet i Sverige. Trafikmängden uppskattas till i genomsnitt 5 170 tunga fordon per årsmedeldygn på stråket. Mellan Malmö och Jönköping uppskattas ÅDT tung till i genomsnitt 5 230 tunga fordon per årsmedeldygn. Mellan Jönköping och Stockholm 5 260 tunga fordon per årsmedeldygn. Trafikmängden varierar längst sträckan, med högre trafikmängd runt större städer och noder, lägre däremellan. Lastbilar med släp bedöms stå för strax under 60 procent för stråket.

Rv40 Göteborg-Jönköping

Riksväg 40 mellan Göteborg och Jönköping passerar bland annat Landvetter, Borås och Ulricehamn. Den knyter samman Stockholm och Göteborg via Jönköping. Godstransporterna på sträckan genereras till stor del av Göteborgs hamn och logistikcenter i Jönköpings området. Riksväg 40 har särskild betydelse för näringslivets transporter samt nationell och internationell tillgänglighet.

Mellan Ulricehamn och Jönköping är det ungefär 40 kilometer där antalet körfält varierar mellan ett eller två. Denna sträcka är den enda som inte har två körfält i vardera riktningen på det lilla vägnätet.

Trafikmängden uppskattas till i genomsnitt 3 090 tunga fordon per årsmedeldygn. Mellan Landvetter och Göteborg uppmäts en högre trafikmängd än på andra delar. Lastbilar med släp bedöms stå för strax över 50 procent för stråket. Även om Riksväg 40 inte har lika stort trafikflöde som resterande utpekade stråk på Vägnät Liten så anses den vara av möjliggörande karaktär att binda samman Göteborg och Stockholm.

2.2 Vägnät Mellan

Det mellanstora vägnätet är en utvidgning av Vägnät Liten. Det kan liknas en stor triangel där Stockholm, Göteborg och Malmö nu binds samman även med stråket E20 Göteborg-Stockholm. Vägnätet inkluderar hela E6:an, d.v.s. även sträckan mellan Göteborg och norska gränsen. En utbyggnad för denna tillkommande sträcka förutsätter att Norge har ett utbyggt elvägssystem på sin sida av landsgränsen. Vägnätet omfattar totalt 1 600 kilometer.

Vägnät Mellan täcker stora delar av Sveriges stora export och importstråk som har stor betydelse för gränsöverskridande transporter på väg. Det ena exportstråket riktar sig till och från Göteborgs och Jönköpingstrakten ut mot Öresundsbron och hamnarna i södra Sverige till Danmark, Tyskland och Polen. Det andra riktar sig till och från södra Norge vid Svinesund.

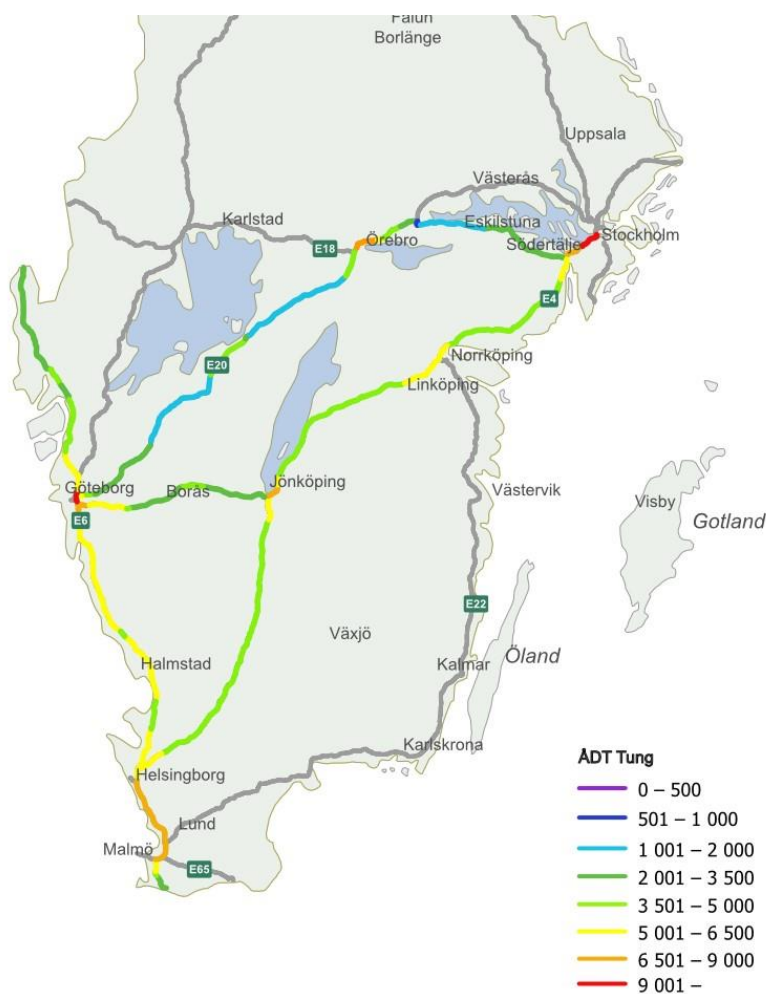
De tillkommande sträckorna kännetecknas av tung trafik, men inte lika stora mängder som i Vägnät Liten. Vägnät Mellan bedöms i genomsnitt ha ungefär 4 170 tunga fordon per årsmedeldygn år 2019, varav strax över 50 procent bedöms vara med släp. Denna nivå inkluderar dock en viss mängd lätta fordon. Med viss justering för detta samt utveckling av trafiken enligt basprognos 2024 kan en rimlig nivå för Vägnät Mellan för kalkylperioden 2040–2070 uppgå till ca 5 000 ÅDT tung. Det bör dock noteras att det finns många osäkerheter kring utvecklingen av tung trafik.

Tabell 2 nedan visar en uppskattning av trafikflödet mätt i årsmedeldygnstrafik (ÅDT) för tung trafik på respektive stråk för Vägnät Mellan baserat på 2019 års mätdata.

Tabell 2 Uppskattat antal tunga fordon per årsmedeldygn för respektive stråk år 2019.

Sträcka		Medelvärde ÅDT tung	Medelvärde ÅDT tung med släp
E6 Malmö-Göteborg	278 km	6 250	3 590
E4 Malmö-Stockholm	616 km	5 170	3 000
E6 Malmö-Trelleborg	25 km	3 820	2 120
E6 Göteborg- Svinesund	176 km	3 700	2 000
E20 Göteborg-Stockholm	472 km	3 190	1 560
Rv40 Göteborg - Jönköping	140 km	3 090	1 570
Totalt Vagnät Mellan	1 602 km	4 170	2 250

Figur 4 nedan visar hur antalet tunga fordon per årsmedeldygn (ÅDT tung) förändras över Vagnät Mellan för mätåret 2019. Precis som för det lilla vägnätet så är det i anslutning till städer och transportnoder som nivåerna stiger.



Figur 4 Vagnät Mellan. Färgerna beskriver hur ÅDT tung varierar på vägnätet.

E6 Göteborg – Svinesund

Sträckan tillhör E6 och har en viktig betydelse för transportflöden till och från Norge, både för import- och exportflöden. Ungefär 20 procent av de lastbilar som passerar gränsen mot Norge vid Svinesundsbron går på E6 genom Skåne. Sträckan kännetecknas av tung trafik där den genomsnittliga trafikmängden har uppmätts till ungefär 3 700 tunga fordon per årsmedeldygn. Längst sträckan finns hamnar så som Göteborgs hamn och Brofjorden.

E20 Göteborg-Stockholm

Denna sträcka utgörs av E20 mellan Göteborg och Stockholm via Eskilstuna. Elvägpiloten mellan Hallsberg-Örebro ingår i denna sträcka. Trafikmängden uppskattas till i genomsnitt 3 190 tunga fordon per årsmedeldygn där lastbilar med släp bedöms stå för strax under 50 procent. Trafikmängderna för tungt gods är som störst i anslutning till Göteborg, Örebro, Södertälje och Stockholm.

2.3 Vägnät Stor

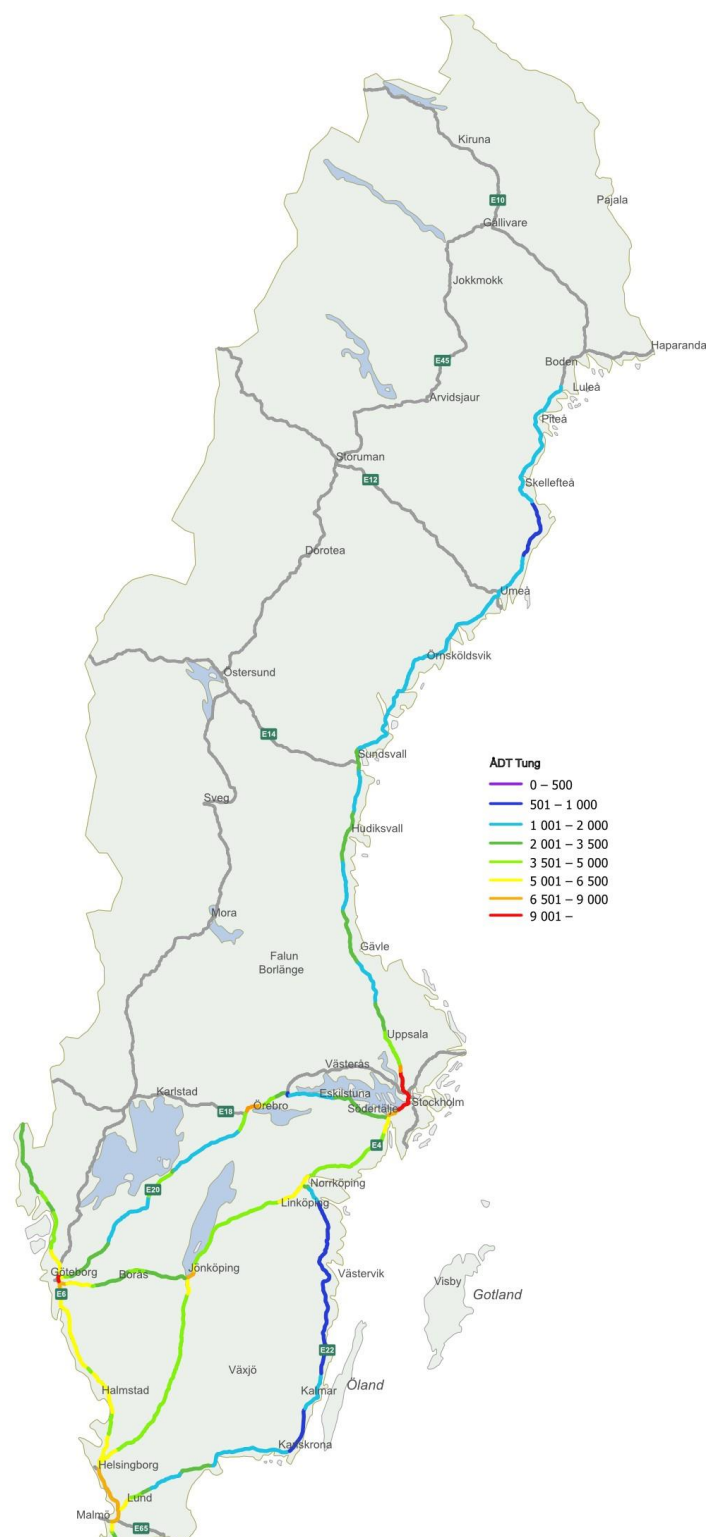
Det stora vägnätet inkluderar utöver sträckor i Vägnät Mellan även ostkusten via E22 Lund-Norrköping samt norra Sverige via E4 Stockholm-Luleå. Vägnätet uppgår till totalt 3010 kilometer. De tillkommande sträckorna har markant lägre trafikmängder än vad stråken har på Vägnät Liten och Mellan.

Vägnät Stor bedöms i genomsnitt ha ungefär 3 060 tunga fordon per årsmedeldygn, varav strax över 50 procent bedöms vara med släp. Denna nivå inkluderar dock en viss mängd lätta fordon. Med viss justering för detta samt utveckling av trafiken enligt basprognos 2024 kan en rimlig nivå för Vägnät Stor för kalkylperioden 2040–2070 uppgå till ca 4 000 ÅDT tung. Det bör dock noteras att det finns många osäkerheter kring utvecklingen av tung trafik. Tabell 3 nedan visar en uppskattning av trafikflödet mätt i årsmedeldygnstrafik för tung trafik på respektive stråk för Vägnät Stor baserat på 2019 års mätdata.

Tabell 3 Uppskattat antal tunga fordon per årsmedeldygn för respektive sträcka år 2019.

	Sträcka	Medelvärde ÅDT tung	Medelvärde ÅDT tung med släp
E6 Malmö-Göteborg	278 km	6 250	3 590
E4 Malmö-Stockholm	616 km	5 170	3 000
E6 Malmö-Trelleborg	25 km	3 820	2 120
E6 Göteborg- Svinesund	176 km	3 700	2 000
E20 Göteborg-Stockholm	472 km	3 190	1 560
Rv40 Göteborg - Jönköping	140 km	3 090	1 570
E4 Stockholm-Luleå	897 km	1 910	890
E22 Lund-Norrköping	511 km	1 330	700
Totalt Vägnät Stor	3 010 km	3 060	1 610

Figur 5 nedan visar hur antalet tunga fordon per årsmedeldygn (ÅDT tung) förändras för vägnät stor för mätåret 2019.



Figur 5 Vägnät Stor. Färgerna beskriver hur ÅDT tung varierar på vägnätet.

2.4 Vagnät Personresor

Ur ett nationellt perspektiv skulle en betydande elvägsutbyggnad på exempelvis TEN-T vagnätet kunna skapa en trygghet för fordonsinnehavaren att laddning kan genomföras på ett tillförlitligt sätt, både för lätt och tung trafik. Det skulle kunna bidra till att både regionala bussresor och långväga personresor får incitament att nyttja elvägen och minskar sitt batteriberoende. Det skulle dock sannolikt krävas ett större vagnät för att kunna uppnå de effekterna över hela landet. Figur 6 nedan illustrerar TEN-T vagnätets omfattning. TEN-T vagnätet är 3 800 kilometer och sträcker sig över hela landet.



Figur 6 TEN-T vagnätet.

Den totala andelen längre personresor är relativt liten i förhållande till det totala trafikarbetet för persontransporter. Tabell 4 nedan presenterar en uppskattning av antal personer per år som reser mellan storstadsområden i Sverige. Observera att en långväga personresa inte avser antal fordon. För resor mellan Stockholm och Göteborg finns två alternativa färdvägar, där körvägen via Jönköping normalt är snabbare än vägen via Örebro. Det går inte att avläsa i tabellen nedan hur fördelningen mellan dessa alternativa stråk mellan Göteborg och Stockholm fördelar sig. Det finns en andel av de längre personresorna som är av kommersiell karaktär, framförallt i form av tjänsteresor.

Tabell 4 Långväga personresor med bil år 2019 och 2022.⁶

	Långväga personresor per dygn 2019	Långväga personresor per dygn 2022
Stockholm – Göteborg	2 178	2 100
Stockholm – Malmö	949	800
Göteborg – Malmö	2 100	2 000

Med Sveriges trafikmängder är bedömningen att det inte är motiverat med en sådan omfattande utbyggnad. Detta vägnät är inte i fokus för nedan analys och kommer därmed inte att fördjupas ytterligare.

2.5 Dimensionering av ett framtida elvägssystem

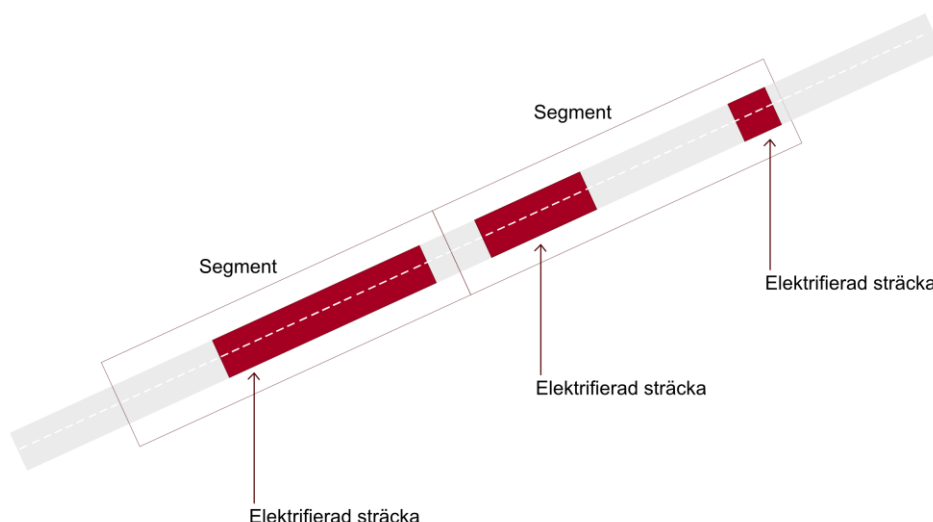
En grundläggande tanke för en utbyggnad är att elvägen kommer fungera som en möjlig räckviddsförlängare eller möjlighet för laddning under färd för att kunna fullgöra sina transporter effektivt. Utgångspunkten är att elvägar är en del av ett elektrifierat vägtransportsystem där det finns möjlighet att ladda både publikt stationärt och dynamiskt.

Det innebär att dimensioneringen av elvägsinfrastrukturen kommer att vara indelad i segment med möjlighet till dynamisk laddning och segment utan dynamisk laddning över ett större stråk. Strategin för dimensioneringen av elvägen gällande vilken överföringskapacitet olika delar kommer ha är både stråkbaserat och mer lokalt områdesbaserat med hänsyn till trafikmängd och en mängd andra faktorer. Den baseras i princip på ett tänk där en transport över en längre sträcka, t.ex. Stockholm – Malmö, ska kunna göras så att fordonet (primärt lastbilen) har samma laddningsnivå på batteriet vid slutmålet som det hade vid starten av transporten.

Dimensioneringsstrategin innebär i praktiken att ett stråk med elväg kommer att vara relativt jämnt segmenterat med möjlighet att ladda dynamiskt på cirka 40–60 procent av stråket initialt. Stråket kommer att vara uppdelat i olika segment, där

⁶ Jernbanedirektoratet, Trafikverket. (2022). Möjlighetsstudie Oslo–Stockholm. TRV 2022/72849.

den elektrifierade andelen av de olika segmenten kan variera, se Figur 7 nedan. De enskilda segmentens längd och kapacitet att förse fordonen med elkraft beror bland annat på hur efterfrågan och behovet av energi ser ut på de aktuella sträckorna. Det kan exempelvis finnas behov av en högre överföringskapacitet och längd på segmenten vid höga trafikvolym, kuperad terräng och i anslutning till avtagsvägar till anslutningsvägar till större hamnar och terminaler.



Figur 7 Illustration av ett stråk som är uppdelat i flera segment, där segmenten har en anpassad andel elektrifierad sträcka.

2.6 Möjlig utbyggnadstakt

Än så länge finns inga formella beslut fattade i Sverige eller andra europeiska länder om någon utbyggnad av elvägar. Den möjliga utbyggnadstakten för en svensk elväg påverkas av huruvida Sverige ska påbörja planeringen av en elvägsutbyggnad innan andra europeiska länder har fattat formella beslut om att bygga elvägar, eller om Sverige ska invänta andra länder för ett EU-gemensamt beslut.

I rapporten Beslut och processer som krävs för en svensk elvägsutbyggnad⁷ har WSP analyserat vilka möjligheter och risker som kommer till följd av att Sverige inväntar andra länder respektive om Sverige inte inväntar andra. Rapporten redovisar även en principiellt kronologisk tidplan för de olika delarna som behöver etableras vid en storskalig utbyggnad.

Det finns möjliga nyttor med att gå före övriga Europa som man genom att invänta dessa länder troligtvis går miste om, då tiden är en viktig faktor. Om Sverige skulle gå först skulle det innebära en tidigare drifttagning av elvägen, med ett formellt

⁷ WSP. (2024). Beslut och processer som krävs för en svensk elvägsutbyggnad.

beslut om finansiering i nationell plan år 2026. Att invänta övriga Europa innebär troligtvis att beslutet kan tas först fyra år senare. Potentiella samhällsnyttor och klimatnyttor som förväntas från elvägar kan realiseras i större utsträckning ju tidigare en driftsättning sker. Att inte invänta andra länder innebär även att Sverige blir ett föregångsland både vad det gäller att ta steget mot en större utbyggnad och i vilket teknikval som blir den ledande elvägstekniken.

Trots att det skulle bidra till fler positiva effekter att etablera elvägar i ett tidigt skede så anses den ekonomiska risken och osäkerheterna kring den framtida nyttjandegraden vara för stor. Trafikverket gör därför bedömningen att det inte är ett rimligt alternativ att Sverige satsar på elvägar innan andra länder har fattat några formella beslut. En viktig anledning är att tekniken blir dyrare för den som går först och bär utvecklingskostnaderna. Det skulle sannolikt påverka både investeringskostnaderna och de framtida drift- och underhållskostnaderna om Sverige skulle gå först i en större utbyggnad.

I detta skede är det svårt att veta hur stor utbyggnaden av elvägar kommer bli och vilken nyttjandegrad elvägen kan komma att få. Det finns betydande risker med att göra sådana omfattande infrastruktursatsningar när det inte finns etablerade och väl utvecklade marknadsmässiga förutsättningar hos de olika parterna inom ramen för ett elvägssystem. Det finns en risk att Sverige skulle bli ensamma i Europa med elvägar om andra länder bestämmer sig för att inte satsa på elvägar alls, eller i begränsad skala. En stor del av den tunga trafiken i Sverige är utländska fordon, och om det inte finns elvägar i andra länder kommer sannolikt inte de utländska fordonen vara utrustade med mottagare för att använda elvägarna, vilket skulle reducera användandet och påverka samhällsnyttan negativt.

Trafikverkets utgångspunkt är därför att en elvägsutbyggnad i Sverige sker tillsammans med andra europeiska länder. Det innebär att Sverige inväntar andra länders beslut för att maximera synergieffekterna vid utbyggnaden av elvägar. Det bidrar till en minskad risk för att olönsamma investeringar genomförs och skapar möjlighet för att ett framtida elvägssystem får en högre användning eftersom en relativt stor andel av den tunga trafiken på det aktuella vägnätet är av internationell karaktär. En senare elvägsutbyggnad innebär att utbyggnaden av stationär laddinfrastruktur kommer bli mer omfattande. Ju mer utbyggd den stationära laddinfrastrukturen är, desto mindre blir klimatnyttorna vid en elvägsutbyggnad och därmed den samhällsekonomiska lönsamheten med elvägar.

Utifrån ovan kan ett formellt beslut om finansiering i nationell plan som tidigast ske år 2030 när Sverige inväntar andra länder. En planläggningsprocess förväntas pågå mellan år 2030–2033, med en upphandlingsperiod år 2032–2033. Det innebär att en första utbyggnad kan startas upp år 2033–2034. Att uppskatta byggtiden för en elvägsutbyggnad är i detta tidiga skede väldigt osäkert och påverkas av olika faktorer exempelvis tillgång till resurser och kapacitet i elnätet. Utbyggnadstakten

antas vara långsammare för Vägnät Liten än för Mellan och Stor eftersom man kan dra nytta av lärdomar från den första vägnätsutbyggnaden.

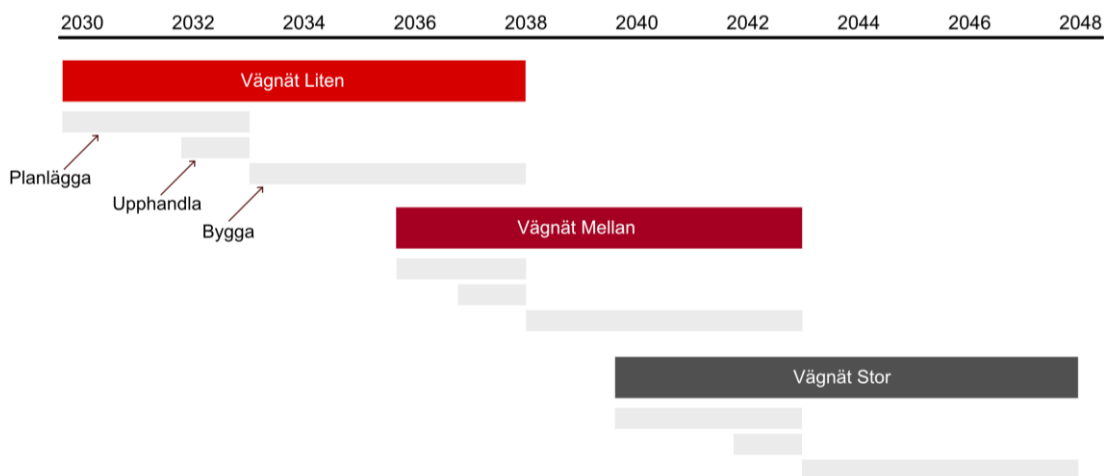
Den totala sträckan för Vägnät Liten är ungefär 990 kilometer, men den elektrifierade sträckan av vägnätet är kortare. Hur många kilometer elväg på stråket som förväntas byggas ut beror på bland annat topografi, batterikapacitet och kraftöverföring, men bedöms uppskattningsvis vara ungefär 40–60 procent av vägnätet. Vägnät Liten antas ha en byggtid på fem år med möjlig byggstart år 2033. Det ger ett uppskattat färdigställande år 2038.

Vid en beslutad fortsatt utbyggnad av Vägnät Mellan antas byggstarten vara efter det lilla vägnätets färdigställande, d.v.s. som tidigast påbörjas någon gång år 2038–2039. Det förutsätter att planläggning och upphandling för byggande av Vägnät Mellan sker parallellt med byggandet av Vägnät Liten. De tillkommande sträckorna för ett mellanstort vägnät är ungefär 610 kilometer, d.v.s. två tredjedelar av sträckan för det lilla. En byggperiod av Vägnät Mellan antas ta fem år vilket ger ett uppskattat färdigställande någon gång år 2043–2044.

Det skulle medföra att om det stora vägnätet beslutas att det ska byggas ut, samt att planläggning och upphandling kan ske parallellt med utbyggandet av Vägnät Mellan, så kan byggstarten av det stora vägnätet ske som tidigast år 2044. De kompletterande sträckorna för Vägnät Stor uppgår till ungefär 1 410 kilometer.

En viktig förutsättning för att undvika flaskhalsar vid införandet av elvägar är att noga utreda behovet av elöverföring tidigt och säkerställa att ansökningar om kapacitet lämnas in aktuellt elkraftbolag så fort det är möjligt inom ramen för planeringsprocessen. Det är avgörande eftersom utbyggnaden av kapacitet i elnätet kan ta tid och för att tillgång till elöverföring är en förutsättning för elvägars drift.

Figur 8 nedan presenterar en principskiss för en utbyggnadsplan för respektive vägnät. Tidsplanen ska tas som en indikation för möjlig utbyggnadstakt då det finns stora osäkerheter i detta tidiga skede.



Figur 8 Principskiss för en möjlig utbyggnadsplan för respektive vägnät.

3 Utgångspunkter för analysen

Konsekvensanalysen är baserat på ett jämförelsealternativ utan elväg som jämförs med två utredningsalternativ med olika storlek på en framtida elvägsutbyggnad. Jämförelsealternativet redovisas nedan i avsnitt 3.1 och utredningsalternativen i avsnitt 3.2.

Konsekvensanalysen gäller tidsperioden från år 2040 till 2070. Anledningen till att utgå från år 2040 är att Trafikverket bedömer att en första sträckning med elväg kan tas i drift tidigast omkring 2035–2040, och att det dröjer ytterligare några år innan det finns ett mer heltäckande system på plats, se avsnitt 2.6.

3.1 Jämförelsealternativ

Basprognos 2024 med dess underliggande förutsättningar om samhällsutvecklingen⁸ används som jämförelsealternativ i denna rapport. Basprognosen används för alla investeringsobjekt i nationell plan och det bedöms därför vara logiskt att även elvägar analyseras med detta jämförelsealternativ. I basprognosen finns ett antagande om tunga lastbilers fördelning på diesel- respektive nollutsläppsdrift, där nollutsläppsdrift avser både de som drivs med el på olika sätt och de som drivs med vätgas (för användning i bränslecell alternativt direkt i förbränningsmotor)⁹. I basprognosen ingår elväg endast i den utsträckning som det finns beslut om i nationell plan, d.v.s. sträckan Örebro-Hallsberg.

Utvecklingen av nollutsläppsteknologier i basprognos 2024 utgår från den skärpning av EU:s koldioxidförordning som innebär att fordonstillverkarna behöver klara 90 procent reduktion av koldioxidutsläppen i nyförsäljningen till år 2040 jämfört med motsvarande nivå 2019. Försäljningen av lastbilar i Sverige antas gå mot 100 procent nollutsläpplastbilar år 2040, d.v.s. något snabbare än genomsnittet i EU vilket beror på att Sverige antas ligga i framkant i omställningen i ett EU-perspektiv. Detta dels för att Sverige har två stora lastbilstillverkare med uttalade ambitioner om att ställa om, dels för att Sverige redan idag har styrmedel på plats för att skynda på introduktionen både genom stöd för fordon och laddinfrastruktur. För tunga lastbilar antas därför att samtliga nyregistrerade fordon drivs av el eller andra nollutsläppstekniker från och med år 2040.

⁸ Trafikverket. (2024). Prognos för godstransporter 2045: Trafikverkets Basprognoser 2024. TRV 2021/7267.

⁹ Trafikverket. (2024). PM Förutsättningar för fordon, drivmedel och körkostnader i Basprognos 2024. TRV 2021/7267.

3.2 Utredningsalternativ 1 och 2

Två utredningsalternativ analyseras; Utredningsalternativ 1 som är ett scenario där elvägar byggts ut enligt Vägnät Liten samt Utredningsalternativ 2 där elvägar byggts ut enligt Vägnät Mellan. I båda fallen utgår vi från att en utbyggnadsplan för elvägar sker parallellt med en utbyggnad i resten av EU. Vi kommer inte att analysera Vägnät Stor eller alternativet där Sverige tar beslut om att bygga elvägar före andra europeiska länder och formulerar därför inga sådana utredningsalternativ.

Syftet med elväg och därmed utredningsalternativen 1 och 2 är inte främst att bidra till klimatmålen, utan att möjliggöra elektrifiering med en annan resurs- och kostnadspåverkan än vad som antas i basprognos 2024 (fordon som främst nyttjar stationär laddning). Detta eftersom elvägssystem förväntas vara på plats från år 2040.

Den valda elvägstekniken (konduktiv luftledning, markburen konduktiv eller induktiv teknik) påverkar vilka fordon som kan använda elvägen och därmed den framtida totala användningen av fordonsflottan. Vid exempelvis tekniklösningen med luftledning är användandet begränsat till tung trafik och bussar, medan övriga tekniker ger möjlighet även för lätt trafik att använda en framtida elväg. Även om konduktiv luftledning utesluter lätta fordon så kommer den stora majoriteten av transportererna med lätta fordon sannolikt kunna genomföras med hemmaladdning.

Utredningsalternativ 2 (Vägnät Mellan) är cirka 600 kilometer längre än utredningsalternativ 1 (Vägnät Liten). Detta innebär att fler fordon kommer att använda elvägen i utredningsalternativ 2, både för att upptagningsområdet blir större och för att nyttjandegraden bör öka ju större elvägsnätet blir.

4 Kostnader och nyttor med elväg

I detta kapitel redovisas först kostnader för investering samt för drift och underhåll av elvägarna. Därefter presenteras kostnader och nyttor för användarna av elvägen. Detta är sedan indata till analysen som redovisas i kapitel 5. Kostnaderna som redovisas uttrycks i 2019 års prinsnivå enligt principerna i ASEK 8.0.

4.1 Kostnader för byggande, drift och underhåll av elvägar

Kostnader för en etablering av elvägar består både av investeringskostnader och tillkommande kostnader för drift och underhåll av såväl elvägsanläggningen som väganläggningen. Elvägar är i ett tidigt utvecklingsstadium vilket gör att det inte finns några större etableringar av elvägar i världen, utan det är främst testanläggningar och demonstrationsprojekt som det finns erfarenheter ifrån. Bristen på empiriskt kunskapsunderlag, särskilt gällande drift och underhåll, gör att osäkerheterna blir stora gällande bedömningen av framtida kostnader vid en elvägsutbyggnad. Bedömningen av de framtida kostnaderna i detta uppdrag grundar sig därför på en kombination av ett flertal underlag, exempelvis erfarenheter från liknande anläggningar, kostnaderna för test- och demonstrationsanläggningar, framtida marknadsutvecklingen och prognoser från experter och tillverkare.

I det tidigare regeringsuppdraget “Analysera förutsättningar och planera för utbyggnad av elvägar”¹⁰ utgick kostnadsuppskattningarna för investeringarna främst från expertbedömningar som i sin tur utgick från intervjuer med elvägstillverkarna gällande designen av framtida anläggningar och prognoser över framtida material och produktionskostnader. Bedömningen i det tidigare regeringsuppdraget var att de långsiktiga investeringskostnaderna förväntades hamna i intervallet 10–20 miljoner kronor per dubbelriktad kilometer elväg. I den kostnadsuppskattningen var det stora variation i elektrifieringsgraden, d.v.s. hur stor del av en sträcka som antas elektrifieras. Utan hänsyn till elektrifieringsgrad skulle det innebära ett intervall på mellan 15–35 miljoner kronor.

Kostnadsunderlaget i det tidigare regeringsuppdraget var något underskattat då ökad kunskap visat att exempelvis kostnader för installation av fiber och tillkommande vägutrustning var lågt räknat. Att prognosticera kostnaden för byggande av en elväg per kilometer är svårt då det finns många faktorer som påverkar och det inte finns en gemensam samsyn på vad begreppet kostnad för en elväg ska inkludera.

¹⁰ Trafikverket. (2021). Analysera förutsättningar och planera för utbyggnad av elvägar. TRV 2020/113361.

Trafikverkets bedömning är att kostnaden för Trafikverket vid en storskalig etablering av elvägar i 2019 års prisnivå sannolikt kommer ligga inom intervallet 35–45 miljoner kronor per dubbelriktad kilometer elväg vid en storskalig produktion i framtiden. I denna kostnad ingår även andra kostnader utöver elvägsinfrastrukturen exempelvis byggherrekostnader, markåtgärder, vägutrustning och kraftförsörjning.

Vid en elektrifieringsgrad på 50 procent skulle det innebära en investeringskostnad på mellan 17–22 miljarder kronor för att elektrifiera Vägnät Liten med dynamisk laddning. Motsvarande investeringskostnader för Vägnät Mellan som är 1 600 kilometer långt och Vägnät Stor som är ca 3 000 kilometer långt skulle vara 28–36 miljarder kronor respektive 52,5–67,5 miljarder kronor. Dessa kostnader skulle kunna reduceras om en mer flexibel tidplan användes där exempelvis etableringen kan genomföras när andra underhållsåtgärder genomförs. Det gäller framförallt för de konduktiva markbundna och induktiva teknologierna.

Bedömningen av de framtida drift- och underhållskostnaderna är osäkra då det företrädesvis enbart finns underlag från kortvariga demoprojekt att utgå ifrån. Dessa har inte heller varit fullt implementerade i Trafikverkets operativa miljö och erfarenheterna därifrån blir därför inte helt representativa. I rapporten ”2035 Joint Impact Assessment of Greenhouse Gas Reducing Pathways for EU Road Transport”¹¹ redovisas bedömda kostnader från elvägsleverantörer om 2–4 procent årligen av investeringskostnaden. Detta ligger även i linje med vad Trafikverket gör för bedömning genom att nyttja underlag från andra komplexa anläggningar.

4.2 Kostnader och nyttor för användarna av elvägen

För en fordonsägare är den totala kostnadsbilden det viktigaste för om de kommer att investera i ett elvägsfordon och nyttja en eventuell framtida elväg.

Investeringskostnaden påverkas exempelvis av vilken batterikapacitet som behövs i lastbilen och hur stora de extra kostnaderna för en mottagare för el från elvägen kan bli. Vid en eventuell europeisk utbyggnad av elvägar antas att det finns en etablerad fordonsmarknad för elvägar och att elenergimottagarna är en komponent som är integrerad i fordonen vid leverans om så önskas.

Kostnaderna kommer säkerligen att variera mellan olika tekniker. Den önskade batterikapaciteten kommer sannolikt främst att påverkas av hur fordonet är tänkt att användas, d.v.s. körmönstret på och i anslutning till elvägen, och eventuell påverkan på andrahandsvärdet. Ju mer el som fordonet kan nyttja från elvägen desto mindre batterikapacitet behövs, men ju mindre batterikapacitet desto svårare kan det bli att sälja fordonet på en andrahandsmarknad, vilket ger motsatt effekt. Här följer en genomgång av relevanta parametrar kopplat till kostnader och nyttor

¹¹ Rogstadius, J., Alaküla, M., Plötz, P., Márquez-Fernández, F., Nordin, L. (2024). 2035 Joint Impact Assessment of Greenhouse Gas Reducing Pathways for EU Road Transport.

med elväg ur ett användarperspektiv som mot slutet av detta avsnitt landar i en sammantagen bild av en möjlig nyttjandegrad av elväg.

4.2.1 Batteristorlek

Vilken batterikapacitet en tung lastbil behöver ha beror på en rad faktorer. För denna analys har vi utgått från att batteriet behöver ha en tillräcklig kapacitet för att klara alla resor utan att förlora i körtid. I realiteten är det dock inte så enkelt. Enskilda lastbilar kan användas till en rad olika uppdrag vilket påverkar valet av batteristorlek. ICCT¹² har exempelvis analyserat tre klasser av tunga lastbilar (fjärrlastbilar, regional distribution och lokal distribution). För fjärrlastbilarna har de identifierat tre olika körfall:

- Fordon som dagligen återkommer till samma destination (depå) och antas ha en daglig körsträcka på upp till 500 kilometer
- Fordon som dagligen återkommer till samma destination och antas ha en daglig körsträcka på upp till 800 kilometer
- Fordon som inte återvänder till samma destination varje dag och antas ha en daglig körsträcka på upp till 1 000 kilometer

För att klara dessa körsträckor bedömer ICCT, baserat på fordonens energieffektivitet och dagliga körsträcka, att de behöver ha ett batteri på 405, 680 eller 870 kWh installerad batterikapacitet för respektive körfall enligt ovan.

En alternativ metod för att beräkna nödvändig batterikapacitet är att utgå från teoretiskt maximal körtid, genomsnittlig hastighet, genomsnittlig energianvändning per kilometer och hur stor andel av batterikapaciteten som är användbar i likhet med metoden som beskrivs av Börjesson och Proost (2024)¹³. Den teoretiskt maximala körtiden kan bedömas utifrån regelverket för kör- och vilotider och uppgår till 4,5 timmar. Enligt Börjesson och Proost är den genomsnittliga hastigheten för en tung lastbil 65–75 km/h beroende på körfall.

För räkneexemplet i denna rapport används den högre siffran. Den genomsnittliga energianvändningen för en tung lastbil är mellan 1,47 kWh/km och 2,04 kWh/km för en lastbil med en totalvikt på 40 respektive 60 ton enligt ASEK 8.0¹⁴. Med antagandet att 62 procent av fjärrtrafiken i Sverige genomförs med lastbilar med en totalvikt av 60 ton blir den genomsnittliga energianvändningen 1,82 kWh/km.

¹² Basma, H., & Rodríguez, F. (2023). A total cost of ownership – comparison of truck decarbonization pathways in Europe. ICCT working paper 2023-28.

¹³ Börjesson, M., & Proost, S. (2024). Costs and Benefits of E-Roads versus Battery Trucks Under Uncertainty. VTI Working Paper 2024:3.

¹⁴ Trafikverket. (2024). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn ASEK 8.0. Kalkylbilaga, tabell 8.6. (Notering: ASEK antar samma energianvändning för 2019 som för 2045)

Eftersom ASEK 8.0 inte har någon energieffektivisering för tunga ellastbilar mellan 2019 och 2045 har ICCT:s antagande om energieffektivisering mellan 2023 och 2040 använts för att beräkna det lägre värdet i intervallet, en effektivisering på 25 procent, vilket resulterar i en genomsnittlig energianvändning av 1,37 kWh/km.

Börjesson och Proost (2024) anger även att den kvarvarande kapaciteten i batteriet uppgår till 20 procent, det vill säga skillnaden mellan användbar energi i batteriet och installerad batterikapacitet i fordonet. Detta ger att den installerade batterikapaciteten i en tung lastbil för fjärrtransport behöver uppgå till minst 600 kWh installerad batterikapacitet varav 500 kWh utgör användbar energi.

$$4,5 \text{ timmar} \times 75 \text{ km/timme} \times 1,37 \text{ kWh/km} \times (1 + 20\%) \approx 600 \text{ kWh}$$

Detta är samma batteristorlek som Raghavan et al har antagit i en analys över metallbehov för elektromobilitetsomställningen i Sverige¹⁵. Det kan vara rimligt att ha både större eller mindre batterikapacitet beroende på hur fordonet används och vilka aspekter som vägs in i affärsmodellen, vilket exempelvis beskrivs i Börjesson och Proost (2024) samt Karlsson och Grauers (2023)¹⁶.

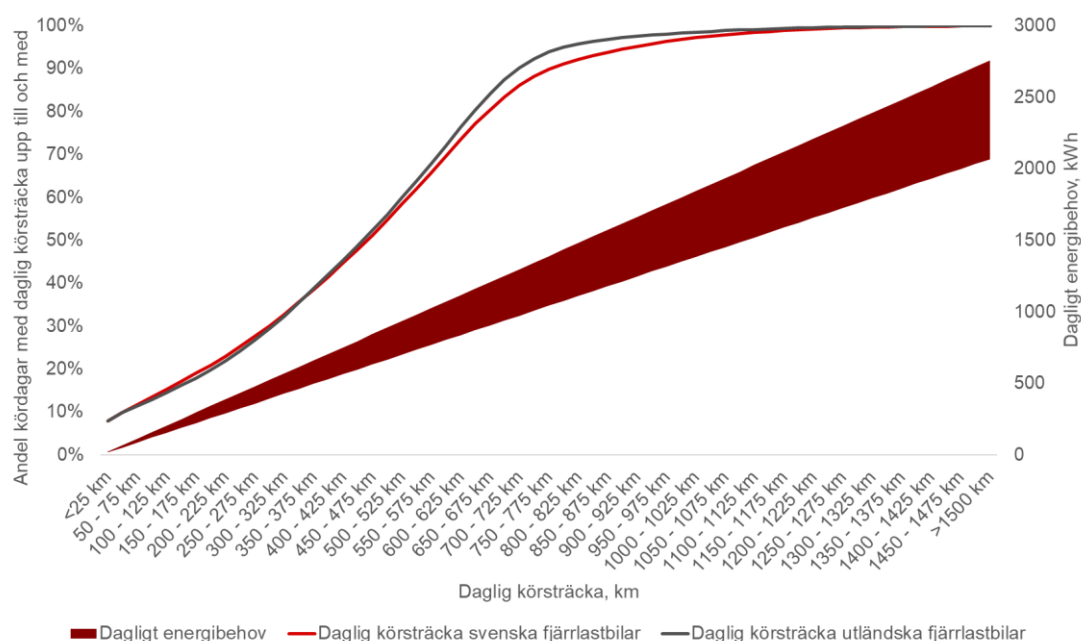
Dessa aspekter kan påverka den totala ekonomin för ett batterielektriskt fordon och hanteras genom att batteristorleken i analysen varierar mellan 405 och 870 kWh med ett grundantagande på 600 kWh.

I Figur 9 nedan visas en fördelning av daglig körsträcka för svenska respektive utländska fjärrlastbilar baserat på data från regeringsuppdraget om stationär laddning av tunga fordon från 2021¹⁷ samt bedömd daglig energianvändning. Den dagliga energianvändningen beror på hur energieffektiva fordonen antas vara. Det högre värdet i det redovisade intervallet för dagligt energibehov motsvarar antagandet i ASEK 8.0 medan det lägre motsvarar 25 procents effektivisering i enlighet med av som angivits av ICCT.

¹⁵ Raghavan, S., Nordelöf, A., Ljunggren, M., Arvidsson, R. (2023). Metal requirements for road-based electromobility transitions in Sweden. *Resources, Conservation & Recycling* 190

¹⁶ Karlsson, Johannes; Grauers, Anders. (2023). Case study of cost-effective electrification of long distance line-haul trucks. *Energies*.

¹⁷ Trafikverket. (2021). Behov av laddinfrastruktur för snabbladdning av tunga fordon längs större vägar. TRV 2020/113354.



Figur 9 Fördelning av daglig körsträcka och motsvarande energibehov.

För att bedöma hur de dagliga körsträckorna kan påverka behovet av batteristorlek görs ett förenklat resonemang nedan. En av förenklingarna är att den erforderliga batterikapaciteten antas motsvara hälften av energibehovet för att klara den dagliga körsträckan under förutsättning att det finns möjlighet att ladda fordonet två gånger per dygn (en gång över dygnsvila och en gång under dagen) och att energibehovet är jämt fördelat över dessa två tillfällen. I den efterföljande samhällsekonomiska kalkylen i kapitel 5 är grundantagandet 600 kWh, men en känslighetsanalys görs för den högre nivån 870 kWh.

Tabell 5. Bedömd andel av dagliga körsträckor som kan genomföras med en viss batterikapacitet.

Installerad batterikapacitet	Daglig körsträcka	Andel av samtliga dagliga körsträckor
405 kWh	450–600 km	48–72%
600 kWh	650–875 km	77–97%
870 kWh	975–1 275 km	96–100%

I Tabell 5 ovan redovisas hur stor andel av de dagliga körsträckorna med samtliga studerade fjärrlastbilar som kan genomföras av ett enskilt fordon med en viss batteristorlek. I praktiken är det osannolikt att alla enskilda fordon har hela detta spann i daglig körsträcka. En genomsnittlig batteristorlek på 600 kWh (motsvarar 500 kWh användbar energi) i hela flottan innebär att vissa fordon kan ha mindre batteri och att andra fordon har större batteri, men att denna genomsnittliga

batteristorlek skulle klara av att genomföra 77–97 procent av alla kördagar med fjärrlastbilar i Sverige genom att kompletteringsladda en gång under arbetsdagen. För att klara de resterande 3–23 procenten av kördagarna behövs minst en ytterligare laddning. Denna laddning skulle kunna ske i samband med förarbyte eftersom den dagliga körsträckan är längre än vad som är möjligt att köra per dag med samma förare enligt reglerna för kör- och vilotider.

På motsvarande sätt kan erforderlig batteristorlek beräknas för tunga fordon i lokal och regional distribution. Enligt data från uppkopplade tunga lastbilar motsvarar en genomsnittlig daglig körsträckan för tunga lastbilar i regional distribution 300 kilometer¹⁸. Detta motsvarar två tredjedelar av alla registrerade kördagar. Med en genomsnittlig förbrukning på 0,9 till 1,131 kWh/km¹⁹ för lastbilar med en totalvikt på 16 respektive 24 ton i kombination med en energieffektivisering på 25 procent till år 2040 (0,8 kWh/km) och 20 procent reserv i batteriet så behöver den installerade batterikapaciteten uppgå till cirka 300 kWh. Med denna batterikapacitet kan två tredjedelar av kördagarna klaras med enbart depåladdning. För resterande dagar krävs någon form av kompletteringsladdning, antingen publikt eller semi-publikt. ICCT²⁰ har antagit att tunga lastbilar i regional och lokal distribution behöver ha en batteristorlek på 200–280 kWh, d.v.s. något lägre än vad som beräknats enligt ovan. Det är dock svårt att avgöra var gränsen går mellan regional distribution och fjärrtransport som dagligen återkommer till samma destination. I den samhällsekonomiska kalkylen i kapitel 5 används 300 kWh som grundantagande och sedan görs en känslighetsanalys med den högre delen i intervallet, 405 kWh.

För tunga lastbilar som använder både stationär och dynamisk laddning kan ett liknande resonemang som för tunga lastbilar som enbart laddas stationärt användas, men med en stor skillnad. När lastbilen får ström från elvägen används inte batterikapaciteten för att skapa räckvidd. I ett första skede vid en elvägsutbyggnad när vägnätet för elvägar inte är så stort kommer det inte bli någon större skillnad på batteristorlekarna i det fallet. När en större utbyggnad av elvägar skett blir det sannolikt effekter på batteristorleken.

Det som bestämmer batterikapaciteten blir då den räckvidd som önskas utanför elvägen. I studier från exempelvis Börjesson och Proost (2024), Rogstadius et al

¹⁸ Trafikverket. (2021). Behov av laddinfrastruktur för snabbladdning av tunga fordon längs större vägar. TRV 2020/113354.

¹⁹ Trafikverket. (2024). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn ASEK 8.0. Kalkylbilaga, tabell 8.6.

²⁰ Basma, H., & Rodríguez, F. (2023). A total cost of ownership – comparison of truck decarbonization pathways in Europe. ICCT working paper 2023-28.

(2024)²¹ och Rogstadius (2022)²² har 70 procent minskad batterikapacitet jämfört med en lastbil som enbart laddat stationärt använts. Gemensamt för dessa studier är att de har utgått från data över enskilda godsörelser. Detta visar hur godset rör sig men tar inte hänsyn till hur fordonet rör sig över tid. Scania har angett att en lastbil som använder både stationär och dynamisk laddning kan minska batterikapaciteten i ett intervall mellan 30 och 50 procent²³.

En tung lastbil som laddar både stationärt och dynamiskt behöver ha en minsta batterikapacitet eller räckvidd för att kunna hantera redundans och flexibilitet. Exempelvis behöver lastbilen sannolikt klara av att elvägen av någon anledning inte kan leverera el till fordonet eller att trafiken måste ledas om via en väg som saknar elförsörjning. Eftersom avståndet mellan två publika laddningspunkter längs med TEN-T vägnätet inte får överstiga 60 respektive 100 kilometer (beroende på trafikflöde och del av TEN-T vägnätet) antas att den minsta acceptabla räckvidden för en tung lastbil som laddar både stationärt och dynamiskt behöver uppgå till minst 100 kilometer. Detta motsvarar 70 procent mindre batterikapacitet jämfört med en tung lastbil som enbart laddar stationärt (med antagande om en batteristorlek på 600 kWh i en lastbil som enbart laddar stationärt).

Ju längre körsträcka fordonet behöver köra utanför elvägen desto högre batterikapacitet kommer krävas för att inte tappa i teoretiskt maximal körsträcka. Vilken denna batterikapacitet är beror på en rad faktorer så som längden av de enskilda körsträckorna utan tillgång till dynamisk laddning samt hur frekventa dessa körningar är. Utifrån de kördata som redovisats i det tidigare regeringsuppdraget att analysera förutsättningar och planera för en utbyggnad av elvägar, kan antaganden göras om rimlig batterikapacitet för tunga lastbilar som använder både stationär och dynamisk laddning.

För tunga lastbilar som har mindre än 50 procent av den årliga körsträckan utanför ett tänkt elvägsnät antas att batterikapaciteten behöver vara lika stor som för en tung lastbil som enbart använder stationär laddning. Det saknas tillförlitliga data kring maximal daglig körsträcka för enskilda lastbilar utanför ett tänkt elvägsnät. Antagandet ovan bygger på att fordonens prestanda baseras på vilket vägnät majoriteten av trafikarbetet utförs på. Baserat på detta är det möjligt att beräkna en relativ batteristorlek enligt en linjär förändring från att en tung lastbil som kör minst 90 procent av sin årliga körsträcka på elvägsnätet har 70 procent mindre batterikapacitet till att en tung lastbil som kör mindre än 50 procent av sin årliga körsträcka på elvägsnätet har lika stort batteri som motsvarande fordon som enbart laddar stationärt. Genom att vikta andelen fordon samt andelen av trafikarbetet

²¹ Rogstadius, J., Alaküla, M., Plötz, P., Márquez-Fernández, F., Nordin, L. (2024). 2035 Joint Impact Assessment of Greenhouse Gas Reducing Pathways for EU Road Transport.

²² RISE. (2022). Interaktionseffekter mellan batterielektriska lastbilar, elvägar och statisk laddinfrastruktur: Resultat från högupplöst simulering av godstransporter på det svenska vägnätet under perioden 2020–2050. 2022:110.

²³ WSP. (2024). Förutsättningar för elvägar i Sverige.

med fjärrlastbilar kan en genomsnittlig minskning av batterikapaciteten beräknas för en större grupp av fordon. Det viktade genomsnittet landar på cirka 30 procent mindre batterikapacitet i en fjärrlastbil som kan ladda både stationärt och dynamiskt jämfört med en fjärrlastbil som enbart kan ladda stationärt, vilket är inom det intervall som Scania anger.

I början av en utbyggnad skulle man kunna förvänta sig en lägre minskning av batteristorleken och sedan en högre minskning i takt med att elväg blir en etablerad teknik, men vi utgår från 30 procent som ett genomsnitt. För tunga lastbilar i distribution samt entreprenadlastbilar kommer den genomsnittliga minskningen av batterikapacitet att vara mindre eftersom fordonen överlag har en mindre andel av sin årliga körsträcka på Vägnät Liten och Mellan. Detta innebär att en elvägslastbil i genomsnitt får lägre investeringskostnader och eventuellt lite högre lastkapacitet (se avsnitt 4.2.3 samt 4.2.5) jämfört med batterielektriska fordon som laddar stationärt.

4.2.2 Kostnad för stationär laddning och laddmönster

Elpriset utgår från grundantaganden i ASEK 8.0, d.v.s. de principer och kalkylvärden som Trafikverkets samhällsekonomiska nyttokostnadsanalyser baseras på. För år 2045 är elpriset 108 öre per kWh inklusive skatt. Denna ökar marginellt under perioden fram till 2065 till 110 öre. Vi avrundar detta till ett konstant elpris på 110 öre/kWh för kalkylperioden 2040–2070.

Elvägsfordon (ERSV) och batterielektriska fordon (BEV) antas ha samma förbrukning per kilometer, vilket innebär att de har samma behov av el. Det kan uppstå skillnader i elpris beroende på när på dygnet fordonet laddar. En BEV kommer kunna ladda större mängd energi under natten eftersom den jämfört med ERSV bedöms ha större genomsnittlig batterikapacitet (enligt resonemang i tidigare avsnitt 4.2.1) Eftersom det generellt är lägre elpriser under natten skulle den rena elkostnaden för att ladda en BEV kunna komma att bli något lägre än för ERSV (när övrig kostnad för laddinfrastruktur exkluderas). I analysen förenklas detta dock och utgångspunkten är att den rena elkostnaden är samma för både BEV och ERSV.

Utöver den rena elkostnaden antas en kostnad för laddinfrastrukturen. Denna utgår från Börjesson (2024) som i sin tur utgår från ICCT (2021) med Trafikverkets bearbetning. I Tabell 6 redovisas antagen laddinfrastrukturkostnad, som ska tolkas som laddoperatörens kostnader för investeringen och reinvestering i den fysiska laddplatsen, drift och underhåll av denna samt en vinstmarginal.

Tabell 6. Antagen laddeffekt samt laddinfrastrukturkostnad (exklusive kostnad för el) för depåladdning, semi-publik laddning respektive publik laddning.

	Depå	Semi-publik	Publik
Antagen effekt, kW	100	350	1 000
Laddinfrastrukturkostnad exkl el, kr/kWh	0,5*	1,75**	3,0*

* Källa Börjesson och Proost (2024).

** Samma antagna kostnad per kW som depåladdning.

Fördelningen mellan olika former av stationär laddning och laddning längs med elvägen redovisas i Tabell 7 och Tabell 8. Laddmönstret kommer sannolikt bero på den relativa tillgången på infrastruktur där fordonen verkar och hur den relativa prisbildningen ser ut beroende på laddning. Det bedöms troligt att även en elvägslastbil kommer ladda i depå när det finns möjlighet till detta. Anledningen är framförallt att stationär depåladdning antas vara den billigaste lösningen för att ladda fordon och används för att ladda batteriet fullt under natten när så är möjligt. Det bedöms även troligt att elvägslastbilar kommer använda andra typer av stationär laddning om behov uppstår. För BEV finns ett antaget laddmönster i förutsättningarna till ASEK 8.o. För laddmönstret för ERSV har resonemanget varit att om depåladdning kan täcka 60 procent av en BEVs körsträcka i fjärrtrafik och en ERSV i snitt har 70 procent av batteristorleken av en BEV, bör depåladdning kunna täcka 70 procent av 60 procent, d.v.s. 42 procent. Antagandet för hur mycket av laddbehovet som kan täckas av semipublik och publik laddning följer liknande fördelning som BEV. Detta landar i ett antagande om att en ERSV i genomsnitt laddar omkring 40 procent av elen på elväg och 60 procent stationärt.

Tabell 7. Antagen fördelning av laddning fjärrtrafik.

Fördelning av laddning	Depå-laddning	Semi-publik laddning	Publik laddning	Elvägs-laddning
BEV	60%	30%	10%	
ERSV	42%	10%	5%	43%

Tabell 8. Antagen fördelning av laddning lokal och regional trafik.

Fördelning av laddning	Depå-laddning	Semi-publik laddning	Publik laddning	Elvägs-laddning
BEV	80%	15%	5%	
ERSV	56%	5%	0%	39%

I Tabell 9 redovisas kostnaden för laddinfrastruktur per kWh utifrån ovan antaganden om laddmönster och kostnad för laddinfrastruktur. Skillnaden mellan

BEV och ERSV motsvarar kostnadsbesparingen som ett transportföretag möter vid övergång från BEV till ERSV. I och med att en övergång till ERSV skulle dämpa efterfrågan på stationär publik laddinfrastruktur kommer investeringsvolymen i laddinfrastruktur minska. Det är relativt svårt att analysera hur laddinfrastrukturbehovet kommer förändras mellan jämförelsealternativ och utredningsalternativ, i och med att ett större elvägssystem kan komma på plats först år 2040 då en stor del av den stationära laddningen redan förväntas vara utbyggd. Däremot kan det hända att kostnaden för drift och reinvesteringar minskar.

Det bör noteras att elkostnaden på 1,10 kr/kWh tillkommer till kostnaderna i tabellen nedan. Det bör också noteras att kostnaden för att använda elvägen, s.k. brukaravgiften, tillkommer för ERSV, se vidare under avsnitt 4.2.7.

Tabell 9. Genomsnittlig kostnad för laddinfrastruktur (exkl elkostnad) för BEV respektive ERSV, samt skillnaden i kostnad för laddinfrastruktur vid övergång till ERSV.

	Fjärrtrafik	Lokal/regional distributionstrafik
BEV, kr/kWh	1,13	0,81
ERSV, kr/kWh	0,54	0,37
Förändrad kostnad för stationär laddning, kr/kWh	0,59	0,45

4.2.3 Kostnad för anskaffning av fordon

Vad gäller fordonsanskaffningskostnad är det i princip fyra kostnader som är centrala; grundkostnad för fordonet exklusive batteri, merkostnad för batteri, merkostnad för kraft och styrelektronik samt merkostnad för elvägsanpassning. Nedan redovisas anskaffningskostnader för lastbilar i fjärrtrafik respektive distributionstrafik.

Fjärrtrafik

För diesellastbilar i fjärrtrafik är utgångspunkten en anskaffningskostnad enligt ASEK 8.0, där vi tar genomsnittskostnaden för tung lastbil med släp med en totalvikt på 40 respektive 60 ton. Enligt uppgifter från fordonsindustrin är merkostnaden för BEV ungefär 100 procent i nuläget, där ungefär 40 procent av merkostnaden uppskattas komma från kraftelektronik och 60 procent från batterier²⁴. ERSV antas i genomsnitt ha 70 procent mindre batteristorlek jämfört en BEV, se avsnitt 4.2.1. Kraftelektroniken antas uppgå till samma kostnad för båda teknikerna. För elvägar tillkommer en elvägsanpassning av fordonet som

²⁴ Personlig kommunikation med representant från fordonsindustrin

uppskattas kosta cirka 5 000–7 500 EUR i nuläget²⁵. Här utgår vi från mitten av detta spann, vilket omräknat till SEK blir ungefär 62 500 kronor. Tabell 10 nedan redovisar de antagna anskaffningskostnaderna för diesellastbil, BEV samt ERSV år 2025.

Tabell 10. Antagna anskaffningskostnader år 2025.

Anskaffningskostnad 2025	Diesellastbil	BEV	ERSV
Lastbil exkl batteri, kr	2 721 968	2 721 968	2 721 968
Batteri, kr	0	1 633 181	1 143 227
Kraft/styreelektronik, kr	0	1 088 787	1 088 787
Elvägsanpassning, kr	0	0	62 500
Totalt, kr	2 721 968	5 443 936	5 016 482
Anskaffning jmf diesellastbil		100%	84%

Utgångspunkten är att batteripriserna sjunker över tid. År 2023 låg batteripriserna på 140 USD/kWh. IEA²⁶ bedömer att priserna kan minska med 40 procent till år 2030, vilket innebär en nivå på 84 USD/kWh. Vi har dessvärre inte identifierat någon prognos för batteriprisutvecklingen som sträcker sig efter 2030, men gör antagandet att priserna sjunker ytterligare 2 procent per år efter 2030. Detta innebär en genomsnittlig batterikostnad under kalkylperioden 2040–2070 på 51 USD/kWh. Med en batterikapacitet på 600 kWh för en genomsnittlig BEV (se avsnitt 4.2.1) skulle merkostnaden uppgå till cirka 300 000 kronor per lastbil under perioden 2040–2070, se Tabell 11 nedan.

Tabell 11. Antagande om batterikostnad och batterikapacitet i BEV för kalkylperioden 2040–2070.

Antagande 2040–2070 fjärrtrafik	BEV
Batterikostnad, USD/kWh	51
Valutakurs, kr/USD	10
Batteristorlek fjärrtrafik, kWh	600
Merkostnad till följd av batteri för fjärrtrafik, kr/lastbil	304 146

Vi utgår från att kraft- och styreelektronik samt elvägsanpassning följer samma relativa utveckling som för batteriet, d.v.s. 2 procent per år. Sannolikt är detta något optimistiskt, men antagandet påverkar inte resultaten annat än marginellt i och med att det är en kostnadspost som antas vara samma för både BEV och ERSV.

²⁵ Rogstadius, J., Alaküla, M., Plötz, P., Márquez-Fernández, F., Nordin, L. (2024). 2035 Joint Impact Assessment of Greenhouse Gas Reducing Pathways for EU Road Transport.

²⁶ IEA. (2024) Batteries and Secure Energy Transitions.

Lastbilen exklusive batteri antas ligga kvar på samma kostnadsnivå som år 2025. Detta resulterar i att anskaffningskostnaderna för en ERSV är omkring 2 procent lägre än anskaffningskostnaden för en BEV under kalkylperioden 2040–2070, se Tabell 12 nedan.

Tabell 12. Antagande om anskaffningskostnader år 2040–2070 lastbilar i fjärrtrafik

Anskaffningskostnad 2040–2070 fjärrtrafik	BEV	ERSV
Lastbil exkl. batteri, kr	2 721 968	2 721 968
Batteri, kr	304 146	212 902
Kraft/styreelektronik, kr	202 764	202 764
Elvägsanpassning, kr	0	11 639
Totalt, kr	3 228 879	3 149 274
Anskaffning ERSV jmf BEV		-2%

I de kalkyler som följer i kapitel 5 är det skillnaden i anskaffningskostnad, eller snarare skillnad i kostnad för värdeminskning och kapitalbindning, som används och denna uttrycks i kr per fordonskilometer. Anskaffningskostnaden för BEV blir med ovan antaganden samt förutsättningar enligt ASEK 8.0 omkring 4,1 kr/fkm²⁷ och motsvarande för ERSV 4,0 kr/fkm, d.v.s. 2 % lägre.

Lokal och regional distributionstrafik

För lokal och regional trafik är utgångspunkten genomsnittskostnaden för tung lastbil med släp med en totalvikt på 16 respektive 24 ton. För batterierna utgår vi från samma pris på 51 USD/kWh med ett genomsnittligt batteri på 300 kWh. Det innebär en batterikostnad på ungefär 150 000 kronor per lastbil för kalkylperioden 2040–2070, se Tabell 13 nedan.

Tabell 13. Antagande om batterikostnad och batterikapacitet i BEV för kalkylperioden 2040–2070.

Antagande 2040–2070 lokal och regional distributionstrafik	BEV
Batterikostnad, USD/kWh	51
Valutakurs, kr/USD	10
Batteristorlek distributionstrafik, kWh	300
Merkostnad till följd av batteri för distributionstrafik, kr/lastbil	152 073

För kraft- och styreelektronik samt elvägsanpassning görs en nedskalning av kostnaderna proportionerligt med batteristorleken, d.v.s. distributionslastbilarna

²⁷ fkm=fordonskilometer.

antas ha en halverad kostnad för dessa poster jämfört med fjärrlastbilarna. Detta resulterar sammantaget i att anskaffningskostnaderna för en ERSV är omkring 2 procent lägre än anskaffningskostnaden för en BEV under kalkylperioden 2040–2070. I de kalkyler som följer i kapitel 5 är anskaffningskostnaden (värdeminskning och kapitalbindning) per kilometer 4,2 kr/fkm och motsvarande för ERSV 4,1 kr/fkm, d.v.s. 2 procent lägre. Se Tabell 14 nedan.

Tabell 14. Antagande om anskaffningskostnader år 2040–2070 lastbilar i distributionstrafik

Anskaffningskostnad 2040–2070 lokal och regional distributionstrafik	BEV	ERSV
Lastbil exkl. batteri, kr	1 575 753	1 575 753
Batteri, kr	152 073	106 451
Kraft/styrellektronik, kr	101 382	101 382
Elvägsanpassning, kr	0	11 639
Totalt, kr	1 829 208	1 795 226
Anskaffning ERSV jämfört BEV		-2%

4.2.4 Körtid

Hur elektrifieringen påverkar en tung lastbils möjliga körtid beror bland annat på storleken på energilagret ombord på fordonet, hur fordonet används och tillgången till infrastruktur för drivmedel, exempelvis stationär eller dynamisk laddning.

För batteridrivna tunga lastbilar som enbart använder stationär laddning påverkas maximal körtid av vilken räckvidd som batterier har per laddning samt tillgången till laddning. För tunga lastbilar i fjärrtrafik som kör enligt kör- och vilotiderna är det rimligt att utgå från en räckvidd som motsvarar minst 4,5 timmar körning. Idag finns inga fjärrlastbilar med så lång räckvidd tillgängliga på marknaden, men bland annat Volvo har aviserat att de kommer lansera en lastbil med 600 kilometers räckvidd under 2025²⁸. Under 2025 förväntas den nya standarden för megawattladdning (MCS) att tas i drift. Redan med de laddeffekter som aviseras för 2025 med MCS kommer en fjärrlastbil kunna laddas för 4,5 timmar körning på under 45 minuter, d.v.s. inom den lagstadgade kör- och vilotiden. Fram till år 2040 bör tekniken kunna utvecklas ytterligare och byggas ut.

Om det uppstår kö vid en publik laddningspunkt eller om tidpunkten för den obligatoriska vilan inträffar vid en plats där det inte finns tillgång till laddning, kan det påverka den teoretiskt maximala körtiden. Även om lastbilen används i flerskift kan väntetider för laddning uppstå. Riskerna för köbildning beror på hur tillgången och efterfrågan varierar över tid och kan påverkas genom att bygga ut mer kapacitet

²⁸ Volvo Lastvagnar. (2024). *Genombrott: Volvo kommer lansera ellastbil med 600 km i räckvidd*. Hämtat 2024-11-20 från <https://www.volvotrucks.se/sv-se/news/press-releases/2024/sep/breakthrough-volvo-to-launch-electric-truck-with-600-km-range.html>

eller att styra efterfrågan till andra tidpunkter. Enligt förordning (EU) 2023/1804 om infrastruktur för alternativa drivmedel (AFIR) måste det finnas en publik laddningspool dedikerat för tunga fordon längs med TEN-T stomvägnät med ett maximalt avstånd mellan dem på 60 kilometer. I praktiken kommer laddningspoolerna sannolikt stå tätare än så, speciellt längs högtrafikerade delar av vägnätet där vi kan förvänta oss att efterfrågan på laddning är större. Påverkan på körtid vid förarbyte och vid flerskift beror dels på vilka pauser som är inplanerade i logistikupplägget, dels på hur vanligt förekommande det är med denna typ av logistikupplägg.

Detta innebär att majoriteten av körningarna med batteridrivna tunga fordon som enbart använder stationär laddning bör kunna genomföras utan att det har en negativ påverkan på den teoretiskt maximala körtiden.

För batteridrivna tunga lastbilar som använder stationär och dynamisk laddning påverkas körtiden av delvis andra faktorer än för tunga lastbilar som enbart nyttjar stationär laddning. När körning sker på en sträcka med dynamisk laddning begränsas den teoretiskt maximala körtiden enbart av regelverket för kör- och vilotider, teknologin i sig sätter inga begränsningar i möjlig körsträcka. När körning sker på en sträcka utan dynamisk laddning påverkas den teoretiskt maximala körtiden av samma faktorer som för en tung lastbil som enbart använder stationär laddning. Påverkan på den teoretiskt maximala körtiden kommer därmed bero av andel körning på vägar med tillgång till dynamisk laddning, vilken räckvidd fordonet har vid körning utan tillgång till dynamisk laddning och hur körmönstret ser ut vid körning utan tillgång till dynamisk laddning. En köpare av en elvägslastbil borde i sitt val av batteristorlek ta hänsyn till hur fordonet kommer köras och säkerställa att batteristorleken är tillräcklig för den körning som antas ske utanför elvägsnätet. Utgångspunkten för denna analys är därmed att elvägslastbilarna har ett tillräckligt stort batteripack för körning utan tillgång till dynamisk laddning. Detta innebär att majoriteten av körningarna med batteridrivna tunga fordon som använder både stationär och dynamisk laddning kan genomföras utan att det har en negativ påverkan på den teoretiskt maximala körtiden.

I en framtid med högre grad av förarlöst framförande av fordon kan resonemanget angående nödvändiga kör- och vilostopp komma att förändras. Om inga vilotidsregler längre påkallar lagstadgade stopp, skulle det sannolikt medföra att körtiden skiljer mer mellan fordon som laddar sitt batteri under färd på en elväg jämfört med stationärt under stillastående.

4.2.5 Lastkapacitet

I detta perspektiv analyseras hur batterielektriska fordon påverkar lastkapacitet enbart utifrån batteriernas vikt. Hög vikt på batterier kan minska hur tungt fordonsekipaget kan lastas, men har ingen påverkan på tillgänglig lastvolym då batterierna inte monteras i utrymmet för last. Hur batterielektriska fordon påverkar

lastkapaciteten beror därmed av mängden viktbegränsade transporter i transportsystemet. Till detta kommer även att den pågående revideringen av direktiv 96/53/EC om lastbilsars mått och vikt har föreslagit att eldrivna lastbilar kan få väga upp till fyra ton mer än motsvarande variant med förbränningsmotor. Även om utfallet av denna revidering är osäker i dagsläget, har den ingen betydande påverkan på denna analys eftersom både lastbilar som enbart använder stationär laddning och lastbilar som använder både stationär och dynamisk laddning är eldrivna lastbilar.

Från Trafikanalys publikation Lastbilstrafik 2023²⁹ delas trafiken in i 20 olika varugrupper. För varje varugrupp redovisas data över antal transporter, körda kilometer (trafikarbete), transportarbete och transporterad godsmängd. Genom att jämföra trafikarbete med transporterad godsmängd kan varugrupper med relativt sett stor andel av transporterad godsmängd i förhållande till genomfört trafikarbete identifieras. De varugrupper som identifieras genom denna metod är framförallt:

- Malm, andra produkter från utvinning (inklusive jord, sten och sand)
- Produkter från jordbruk, skogsbruk och fiske
- Trä och varor av trä och kork (exkl. möbler), massa, papper och pappersvaror, trycksaker
- Stenkols- och raffinerade petroleumprodukter
- Andra icke-metalliska mineraliska produkter

Dessa grupper står för 25 procent av det samlade inrikes trafikarbetet med svenska lastbilar och 40 procent av det samlade inrikes transportarbetet med svenska lastbilar. Detta stämmer även väl med uppskattningar från Scania och AB Volvo rörande andel viktbaserat gods. Scania anger att viktbegränsade transporter är vanligast inom applikationerna tippbilar, bulk, timmer, flis, drickabilar och tankbilar³⁰. Dessa applikationer skiljer sig något från Trafikanalys varugrupper. Det är rimligt att anta att dessa överlappar med varugrupperna ovan med undantag för drickabilar som sannolikt förekommer inom varugruppen Livsmedel, drycker och tobak. Majoriteten av transporterna inom varugrupperna ovan har sannolikt en betydande andel av sin körsträcka utanför det vägnät som ingår i de tänkta elvägsnäten Liten och Mellan.

Av det totala trafik- och transportarbetet som sker på svenska vägar sker en del med svenska lastbilar och en del med utländska lastbilar. Enligt Trafikanalys statistik utgör utländska lastbilar cirka 25 procent, både räknat som trafik- och transportarbetet med tunga lastbilar i Sverige. Sannolikt är andelen utländska

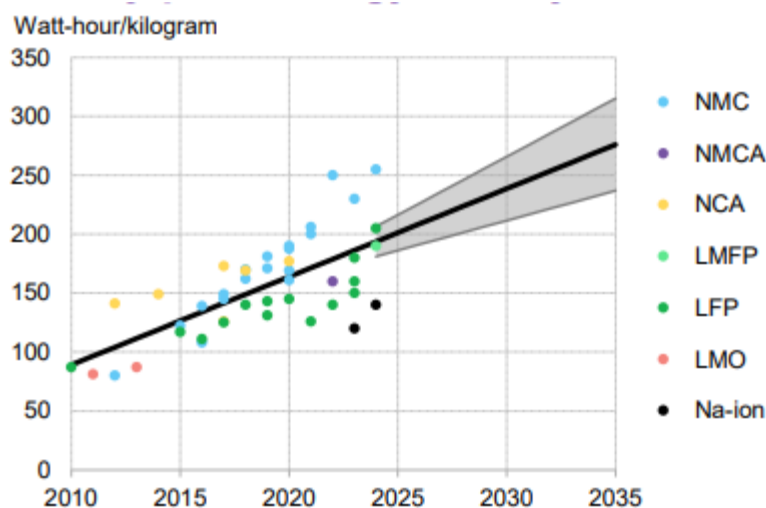
²⁹ Trafikanalys (2024). Lastbilstrafik 2023.

³⁰ WSP. (2024). Analys av högre lastbilsvikter som klimatstyrmedel. TRV 2024/125728.

lastbilar i Sverige ojämnt fördelat över vägnätet med en fokusering längs med TEN-T vägnätet. Vägnät Liten och Mellan täcker stora delar av Sveriges import och exportstråk på väg (se avsnitt 2.1 och 2.2) till/från Göteborgs- eller Jönköpingstrakten både ner mot Öresundsbron och hamnar i södra Sverige, samt upp mot södra Norge. Baserat på mätningar av årsmedeldygnstrafik (ÅDT) så går det att anta att runt hälften av trafikarbetet med tunga lastbilar sker på TEN-T vägnätet. Om all utländsk trafik sker längs med TEN-T vägnätet skulle detta kunna utgöra upp till 50 procent av trafik- och transportarbetet längs med TEN-T vägnätet. Enligt data från Trafikanalys är den utländska lastbilstrafiken i Sverige främst kopplad till varugrupper, som enligt analysen ovan inte bedöms som viktbegränsad. Om 25 procent av det samlade inrikes trafikarbetet med svenska lastbilar och 40 procent av det samlade inrikes transportarbetet med svenska lastbilar och 50 procent av ÅDT tung på Vägnät Liten och Mellan utgörs av svenska lastbilar leder detta till att drygt 10 procent av trafikarbetet och 20 procent av transportarbetet på vägnät som ingår i de tänkta elvägsnäten Liten och Mellan är att betrakta som viktbegränsade.

Majoriteten av de viktbegränsade transporterna i Sverige är kopplade till varugrupper som transporteras på en stor del av det svenska vägnätet och mellan olika punkter, så som rundvirkestransporter samt entreprenadtransporter (jord, sten och sand). Detta innebär att skillnaden i lastkapacitet är låg mellan tunga lastbilar, längs med de tänkta elvägsnäten, som enbart laddar stationärt och de som laddar både stationärt och dynamiskt. Detta innebär att någon enstaka procent av de lastbilar som kan ladda dynamiskt, och som har mindre batterimängd än lastbilar som enbart laddar stationärt, kan ha högre lastkapacitet.

För att göra en uppskattning av lastkapacitetsnyttan till den följande samhällsekonomiska kalkylen görs en kvantifiering av ovan resonemang. Utgångspunkten för batterivikten under perioden 2040–2070 baseras på utvecklingen enligt Bloomberg, se Figur 10 nedan, och uppskattas till omkring 300 Wh per kg batteri.



Source: BloombergNEF. Note: NMC = nickel manganese cobalt oxide; NMCA = nickel manganese cobalt aluminum oxide; NCA = nickel cobalt aluminum oxide; LFP = lithium iron phosphate; LMFP = lithium manganese iron phosphate; LMO = lithium manganese oxide; Na-ion = sodium ion.

Figur 10 Energidensitet i olika typer av batterikemier samt skattning till 2035 med 95 procent konfidensintervall. ³¹

För en fjärrlastbil med 600 kWh batteri innebär detta en batterivikt på 2 ton. För en ERSV, som antas ha 30 procent mindre batteri enligt avsnitt 4.2.1, blir batterivikten således 1,4 ton. För att räkna ut på ett ungefär vad en övergång från BEV till ERSV kan innebära i ökad lastkapacitet utgår vi från två lastbilstyper, en 44 tons lastbil som får representera en fjärrlastbil och en 18 tons lastbil som får representera en lastbil i lokal och regional distribution. I Tabell 15 nedan redovisas beräkningen och den resulterande lastkapacitetsförändringen vid en övergång från BEV till ERSV, som uppskattas till i storleksordningen 2–3 procent.

Lastkapacitetsvinsten uppstår endast för den delen av lastbilarna som är viktbegränsade. Denna andel uppskattas vara drygt 10 procent av trafikarbetet längs TEN-T vägnätet enligt resonemang ovan. En stor del av dessa lastbilar är timmer- och entreprenadbilar som har en stor andel av sitt trafikarbete utanför TEN-T vägnätet och därmed lämpar sig sämre för övergång till elväg. Exakt hur stor del detta handlar om vet vi dock inte. För att ändå kunna illustrera storleksordningen antas att hälften av dessa är sådana transporter som kan vara aktuella för överflyttning till elväg och att alla dessa faktiskt flyttar över till elvägstekniken, d.v.s. omkring 6 procent av alla lastbilar längs TEN-T är viktbegränsade lastbilar som flyttar över till elväg. Med ett antagande om en nyttjandegrad på cirka 20 procent i genomsnitt (se avsnitt 4.2.8) skulle det innebära att omkring $6/20 = 30$ procent av de lastbilar som nyttjar elvägen också

³¹ Bloomberg NEF, Smart Freight Center, Ministry of infrastructure and watermanagement of the Netherlands. (2024). Zero-Emission Commercial Vehicles – The time is now.

drar fördelar av lastkapacitetsökningen. Vi utgår därmed ifrån att 30 procent av lastbilarna som nyttjar elvägen får en lastkapacitetsökning enligt Tabell 15.

Tabell 15. Beräkning av lastkapacitetsförlust för en lastbil i fjärrtrafik respektive distributionstrafik.

	Fjärrtrafik	Lokal/regional distributionstrafik
Maxvikt, kg	44 000	18 000
Batterivikt BEV, kg	2 000	1 000
Batterivikt ERSV, kg	1 400	700
Fordonsvikt med dieseldrivlina, kg	14 000	6 000
Fordonsvikt med BEV, kg	16 000	7 000
Fordonsvikt med ERSV, kg	15 400	6 700
Lastvikt BEV, kg	28 600	11 000
Lastvikt ERSV, kg	28 000	11 300
Lastkapacitetsförlust	2,1%	2,7%

Detta leder i sin tur till en förändrad totalkostnad i utredningsalternativet för en genomsnittlig fordonskilometer med ERSV till följd av att samma mängd gods kan transporteras mer effektivt, se Tabell 16.

Tabell 16. Antagna totalkostnader för BEV kontra ERSV samt förändrad totalkostnad (i genomsnitt) vid övergång från BEV till ERSV.

	Fjärrtrafik	Lokal/regional distributionstrafik
BEV, kr/fkm	22,20	20,85
ERSV, kr/fkm	22,02	20,71
Förändrad totalkostnad vid övergång från BEV till ERSV, kr/fkm	0,18	0,13

4.2.6 Markåtgång

Alla typer av nyetablering kommer att öka behovet av mark lokalt. Detta gäller speciellt under perioder där både det befintliga systemet och de nya systemen existerar parallellt. Detta påverkas bland annat av i vilken grad nya anläggningar behöver tillkomma som tar mark i anspråk eller om utbudet inom befintliga anläggningar kan ökas eller justeras över tid. Nedan beskrivs effekterna av åtgången av mark för stationär och dynamisk laddning, där kostnaderna för markåtgången återspeglas i investeringskostnaderna för respektive infrastruktur.

Både internationella och inhemska fjärrtransporter efterfrågar rast- och laddningsmöjligheter på strategiska platser i vägnätet. Utifrån den internationella trafikens behov bör dessa finnas på ett avstånd på upp till 4,5 timmar (cirka 30 mil) från ankomst till Sverige³². Då en stor del av internationella transporter ankommer via samma orter och städer från vilka även en hel del inrikes fjärrtrafik utgår, sammanfaller därmed i någorlunda grad lämpliga lokaliseringar av rast- och laddningsplatser för båda typerna av långväga lastbilstrafik. I enlighet med resonemanget om körtider ovan är tiden som lastbilarna behöver stå stilla oberoende av teknik, utan begränsas av regelverket för kör- och vilotider. Detta innebär därmed att varken stationär eller dynamisk laddning kräver något ökat markbehov till följd av behovet att stanna för att ladda.

Däremot har respektive lösning för framdrift av fordonen olika påverkan på både markbehov och logistiksystemet. För tunga lastbilar som enbart använder stationär laddning kommer markbehovet att öka genom att befintliga platser för uppställning och parkering av fordonsekipage också behöver utrustas med en laddningspunkt. Markbehovet för själva laddningspunkten beror på dess design, men har generellt ett relativt lågt markbehov, medan centralt belägna kraft- och styrenheter inklusive transformatorer kan kräva mer mark.

Den stora markpåverkan kommer sannolikt av att de fordon som idag väljer att stanna på andra platser än uppställningsplatser eller parkeringsområden i ökad omfattning kommer behöva söka sig till mer lämpliga platser för att stanna. Alternativt behöver det finnas laddningsmöjligheter på de platser där de stannar idag. Stationär laddning leder inte direkt till ett ökat markbehov annat än plats för kraftelektronik, men accelererar den befintliga utmaningen med lämpliga platser för uppställning samt trygga och säkra parkeringsområden.

Enligt den nyligen beslutade TEN-T förordningen (EU) 2024/1679 kommer samtliga medlemsstater att behöva säkerställa till år 2050 att rastplatser finns tillgängliga med ett avstånd på högst 100 kilometer mellan varandra längs med hela TEN-T vägnätet. Längs med TEN-T stomnät och det utvidgade stomnätet ska motsvarande rastplatser finnas tillgängliga till senast år 2040 och med ett högsta avstånd om 60 kilometer. Vidare ska medlemsstaterna senast den 31 december 2040 säkerställa utbyggnad av trygga och säkra parkeringsområden utmed vägarna i stomnätet och det utvidgade stomnätet, eller inom ett köravstånd på 3 kilometer från närmaste avfart från vägen på det transeuropeiska transportnätet, med ett avstånd på i genomsnitt 150 kilometer mellan två sådana områden, som har tillräckligt parkeringsutrymme för nyttofordon och uppfyller kraven i artikel 8a.1 i förordning (EG) nr 561/2006.

³² Under förutsättning att den teoretiska maximala körtiden börjar räknas från och med att fordonet passerar gränsen eller hämtar upp gods vid denna punkt.

Utbyggnaden av dynamisk laddning skulle kunna minska på efterfrågan av stationär laddning vilket kan resultera i att centralt belägna kraft- och styrenheter inklusive transformatorer kan göras mindre. På motsvarande sätt som att stationär laddning behöver ha kraft- och reglerutrustning i anslutning till etableringen av laddningspunkterna/laddningspoolerna, behöver dynamisk laddning ha kraft- och reglerutrustning längs med elvägen. Beroende på design kommer markbehovet att variera.

Lokalt kan det förekomma stora skillnader i markbehov beroende på stationär och dynamisk laddning, men sett över hela transportsystemet bedöms skillnaderna vara små i jämförelse med osäkerheterna i exempelvis design, efterfrågan och det generella behovet av rastplatser samt trygga och säkra parkeringsområden.

Vidare antas att den stationära laddningen behöver vara utbyggd för att klara majoriteten av trafikarbetet med tunga lastbilar till år 2040. Detta betyder att det inte kommer vara någon skillnad i markbehov för stationär laddning mellan jämförelsealternativet och utredningsalternativen.

4.2.7 Brukaravgift

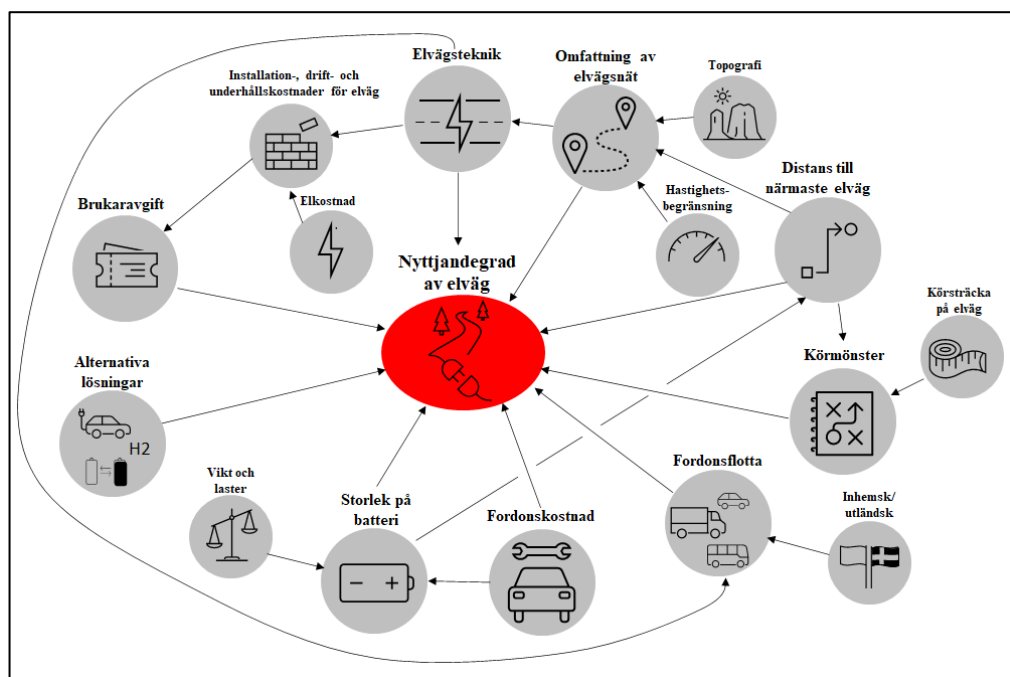
Brukaravgiften anger hur mycket fordonsägaren får betala för att använda elvägen för att ladda fordonet. Transportstyrelsen rapporterade i november 2022 ett förslag till regeringen om vad som skulle kunna ingå i ett system för att ta in brukaravgiften och hur det skulle byggas upp med olika ansvarsförhållanden³³. Brukaravgiften är tänkt att innefatta kostnaderna för drift och underhåll av elvägen, samt kostnaderna för el. Det finns olika principer för hur brukaravgifterna ska tas ut från fordonsägaren. Principerna tillämpas för liknande anläggningar och situationer där det är långsiktiga investeringar med stora systemkostnader över tid, men med färre brukare i en första fas. Exempelvis har järnvägen använt sig av marginalkostnadsprincipen där brukaren får betala för det marginella slitaget användandet antas bidra till.

Om det är ekonomiskt fördelaktigt att investera i en mottagare på fordonet och ladda på elvägen i förhållande till statisk publik laddning, så kommer fordonen att ladda på elvägen. Brukaravgiften kommer därför sannolikt att ha en betydande påverkan på den framtida användningen om elvägar byggs ut i Sverige. För uppskattning av drift- och underhållskostnaden (och därmed även brukaravgiften) se avsnitt 4.1.

³³ Transportstyrelsen. (2022). Förslag till avgiftssystem för statliga elvägar. TSG 2022-3082.

4.2.8 Nyttjandegrad på elväg

Enligt en studie från Statens väg- och transportinstitut (2022) gällande användningen av, eller efterfrågan på, elvägar framkommer det att en mängd olika faktorer påverkar hur stort ett framtida användande blir. Figur 11 nedan visualiserar en mängd faktorer som påverkar nyttjandegraden för elvägar. De faktorer som redovisas har olika grad av påverkan och i många fall även en inbördes relation till varandra.³⁴



Figur 11 Faktorer som påverkar nyttjandegraden av elväg.

Det individuella fordonet behöver ha en minsta körsträcka på elväg för att det ska bli lönsamt för åkerierna att investera i en elvägslastbil. Det är främst fjärrlastbilar och till viss del regionala transporter som förväntas ha ett frekvent körmönster på de delar av vägsystemet där elvägen byggs.

I Tabell 17 redovisas andelen av körsträckan för tung trafik på vägnäten från det tidigare regeringsuppdraget "Analysera förutsättningar och planera för en utbyggnad av elvägar"³⁵. Vägnät 1 representerar stråket mellan Malmö och Stockholm. Vägnät 2 motsvarar Vägnät Mellan som redovisats i avsnitt 2.2, men med undantag från att Vägnät 2 även inkluderar sträckorna Rv 50 Hallsberg-Mjölby samt Rv 51 Örebro-Norrköping. Vägnät 3 är i princip likställt med Vägnät Stor, se mer detaljerad beskrivning i avsnitt 2.3. Det framgår av Tabell 17 att det

³⁴ VTI. (2022). Nyttjandegrad elväg – Omvärldsanalys och faktorer som påverkar nyttjandegraden av elvägar. 2022/0230-9.1.

³⁵ Trafikverket. (2021). Analysera förutsättningar och planera för utbyggnad av elvägar. TRV 2020/113361.

krävs en viss storlek på ett elvägssystem för att fordonen ska få en betydande del av sin körsträcka på elvägen. När storleken på elvägssystemet växer så ökar även möjligheterna att ladda på elvägen även för körning utanför elvägen, vilket har inverkan på efterfrågan av att nyttja elvägen.

Tabell 17 Andel av tung trafik som kör minst en viss andel av körsträckan på aktuellt vägnät.

	Enhet	Vägnät 1	Vägnät 2	Vägnät 3
Mer än 40 % av körsträckan på vägnät	Andel av fordon som kör på vägnät	6	23	31
Mer än 50 % av körsträckan på vägnät	Andel av fordon som kör på vägnät	4	15	20
Mer än 60 % av körsträckan på vägnät	Andel av fordon som kör på vägnät	2	9	12

I det tidigare regeringsuppdraget om behov av laddinfrastruktur för tunga fordon³⁶ redovisades kategorin ”frekvent med svenska lastbilar” som utgör 25 procent av det totala antalet fjärrlastbilar. Hälften av dessa har mer än 50 procent av sin körsträcka på Vägnät 2. Fjärrlastbilar skulle kunna likställas med ÅDT tung lastbil med släp. Med en europeisk elvägsutbyggnad bör även utländska lastbilar ha liknande förutsättningar som svenska lastbilar. Kombinerar dessa data skulle vi kunna göra antagandet att 12,5 procent³⁷ av ÅDT tung med släp i motorvägstriangeln har ett användningssätt som innebär att de både har minst 200 kördagar per år någonstans på aktuellt vägnät och att de tillbringar minst 50 procent av sin årliga körsträcka på aktuellt vägnät.

Fjärrlastbilarna bedöms stå för basen av de framtida användarna av en elväg. Det tillkommer sedan även lokal- och regional godstrafik samt viss busstrafik som i olika utsträckning kommer nyttja elvägen beroende på de faktorer som tidigare beskrivits. I detta uppdrag är bedömningen att nyttjandet kommer ligga inom intervallet 15–25 procent i enlighet med Tabell 17, där vi i analysen utgår från att 20 procent i genomsnitt kommer nyttja elvägen.³⁸

Ju större elvägsnätet är, ju fler fordon kommer att genomföra någon del av sina transporter på vägnätet. I absoluta termer kommer det generellt öka användningen ju större vägnätet är, men den marginella ökningen per ökad längdmeter avtar vid en viss storlek, och i relation till trafikvolym. Det framgår i Tabell 17 ovan att

³⁶ Trafikverket. (2021). Behov av laddinfrastruktur för snabbbladdning av tunga fordon längs större vägar. TRV 2020/113354.

³⁷ 25 procent av 50 procent

³⁸ Trafikverket. (2021). Analysera förutsättningar och planera för utbyggnad av elvägar. TRV 2020/113361.

andelen fordon med en större andel körsträcka på elvägen ökar med storleken på elvägsnätet.

En annan viktig parameter i sammanhanget är distans till elvägen från viktiga terminaler och regionala stråk, vilket bland annat påverkar den behövda storleken på batteriet i fordonen och hur mycket räckvidd dessa har för att köra utanför elvägssystemet.

5 Sammantagen analys av elvägar

Analysen fokuserar på det långsiktiga perspektivet bortom år 2040 i och med att det är runt då som en elväg tidigast kan komma att vara på plats i större skala. Analysen har förenklats något genom att inte ta hänsyn till infasningsskedet av nya fordon i flottan. Vi antar att hela flottan har möjlighet att nyttja elvägen direkt från år 2040. Detta bidrar till en överskattad nyttjandegrad under de första åren då elvägskompatibla fordon successivt kommer fasas in i flottan. I och med att kalkylperioden är 30 år får det relativt begränsad betydelse för den samhällsekonomiska kalkylen. Genom att göra denna förenkling kan vi också fånga att den utländska fordonsflottan skulle kunna ställa om tidigare än den inhemska flottan om vi har en situation där elväg funnits i drift under en längre tid i närliggande länder.

Den huvudsakliga förändringen i transportsystemet i utredningsalternativ 1 och 2 är att en viss andel av nollutsläppsteknikslastbilarna i jämförelsealternativet flyttas över från tekniker som kräver stationär laddning eller tankning till elvägskompatibla lastbilar. Det blir alltså inte fler fordon med nollutsläppsteknik i utredningsalternativet jämfört med jämförelsealternativet, utan en överflyttning mellan nollutsläppstekniker. Skillnaden mellan utredningsalternativ 1 och 2 är storleken på elvägssystemet. Effekterna är främst att fler fordonsägare får en ökad andel körsträcka på och i närheten av elvägen och kan känna sig trygga med att ett fordon med lägre batterikapacitet klarar transportuppgifterna.

Att bygga elväg bedöms bara i liten grad påverka behovet av stationär laddning. Det antas att icke-publik laddinfrastruktur behövs i samma storleksordning oavsett om elväg etableras eller inte. Efterfrågan på den publika laddningen kommer att påverkas av att elväg byggs utefter de mest trafikerade vägarna, sannolikt sker det i form av ett minskat behov av kapacitet vid laddningsstationer.

Den samhällsekonomiska analysen innehåller såväl kvalitativa som kvantitativa effekter vid en etablering av elvägar som relateras till de kostnader som det medför att etablera elvägar i Sverige.

5.1 Samhällsekonomisk kalkyl för en typsträcka

5.1.1 Grundanalys

För att kvantifiera nyttorna och kostnaderna för elväg har en samhällsekonomisk kalkyl för en typsträcka genomförts. Typsträckan avser inte en specifik geografisk sträcka utan ska ses som en genomsnittlig vägsträcka någonstans inom Vägnät Liten. Sträckan antas vara 60 kilometer lång, vilket exempelvis motsvarar sträckan Malmö-Helsingborg eller Göteborg-Borås.

Årsdygnstrafiken för tunga transporter antas uppgå till 6 000 som genomsnitt längs sträckan. Detta skulle kunna vara en rimlig trafikvolym för en genomsnittlig sträcka inom Vägnät Liten i en framtid där trafiken ökat från dagens nivå enligt Basprognos 2024³⁹. På sträckan antas att fördelningen 55 procent fjärrtransport respektive 45 procent lokal och regional distributionstrafik gäller i genomsnitt, enligt fördelningen i kapitel 2 för Vägnät Liten. Sträckan antas elektrifieras till 50 procent, vilket är en bedömning av vad som kan vara en rimlig elektrifieringsandel utifrån en ÅDT tung på 6 000 (se även avsnitt 2.1). Det innebär alltså att 50 procent av sträckan antas vara täckt av elväg. Vidare antas att nyttjandegraden är 20 procent enligt resonemang i avsnitt 4.2.8. Tabell 18 nedan redovisar trafikarbetet för typsträckan uppdelat på tung trafik, lokal och regional distributionstrafik samt fjärrtrafik.

Tabell 18. Trafikarbete, miljoner fkm/år, för typsträckan baserat på ÅDT 6 000 och en nyttjandegrad på 20 procent.

	Tung trafik	Lokal/regional distributionstrafik	Fjärrtrafik
Totalt på sträckan, miljoner fkm	131	59	72
varav elvägsnyttjande	26	12	14

Vad gäller förutsättningar kring kostnader för infrastrukturen, fordon och laddinfrastruktur är utgångspunkterna enligt kapitel 4, men de återges även kort här. Alla poster i kalkylen har diskonterats till 2028 års nivå men i 2019 års penningvärde. Detta är i linje med hur Trafikverket redovisar kostnader för andra objekt i pågående arbete med nästa nationella plan för transportinfrastrukturen. Kalkylperioden har satts till 30 år med start år 2040 och slut 2070.

Redovisning av ingående poster:

- Investeringskostnaden antas uppgå till 40 miljoner kronor per kilometer och byggnationen sker år 2040. Sträckan är 60 kilometer lång och elektrifieringsandelen är 50 procent, vilket innebär att investeringskostnaden blir 1,2 miljarder kronor. Detta motsvarar 794 miljoner kronor i diskonterat nuvärde.
- Brukaravgiften är satt så att den fullt ut täcker drift- och underhållskostnaderna. Detta innebär att tre poster i kalkylen får samma värde; dels utgift för staten för drift- och underhållskostnader, dels kostnad

³⁹ ÅDT tung för nuläget har dock justerats något i och med att Trafikverkets mätningar överskattar andelen ÅDT tung.

för transportföretagen och dels budgetintäkt till staten. Drift- och underhållskostnaden uppgår till 3 procent av investeringskostnaden per år, d.v.s. drygt 43 miljoner kronor per år vilket motsvarar 462 miljoner kronor i diskonterat nuvärde för perioden 2040–2070.

- Minskade kostnader för stationär laddning baseras på en beräkning av kostnader för laddning för BEV kontra ERSV enligt avsnitt 4.2.2 och uppgår till 0,59 kronor per kWh för lokal och regional distribution och 0,45 kronor per kWh för fjärrtransport som multiplicerat med energianvändning (kWh/km) och trafikarbete (km) ger ett diskonterat nuvärde på 408 miljoner kronor.
- ”Minskade kostnader övrigt” inkluderar nytta i form av minskade kostnader för värdeminskning och kapitalbindning (avsnitt 4.2.3) samt ökad lastkapacitet (avsnitt 4.2.5). Totalt sett uppgår denna post till 0,26 kronor per fordonskilometer för lokal och regional distribution och 0,23 kronor per fordonskilometer för fjärrtransport. Multiplicerat med trafikarbetet ger detta ett diskonterat nuvärde på 165 miljoner kronor.
- Skattefinansieringskostnaden uppgår till 20 procent av skillnaden mellan statens utgifter och statens budgetintäkter, vilket här ger 159 miljoner kronor.

Resultatet redovisas i Tabell 19. Utgifterna uppgår sammantaget till omkring 1,26 miljarder i nuvärdesjusterade termer.

Effekterna för transportföretagen är sammantaget positiva där nyttorna av minskad laddinfrastruktur och övriga nyttor överstiger brukaravgiften. På nedersta raden i tabellen redovisas nettot för transportföretagen, som alltså är summan av de tre posterna för transportföretagen. I denna kalkyl kan noteras att brukaravgiften och minskad kostnad för laddinfrastruktur nästan tar ut vartannat. Detta innebär att företagen i praktiken inte kommer ha någon förändrad kostnad för laddning vid övergång till ERSV i och med att nyttan av att inte behöva använda stationär publik laddinfrastruktur kompenseras av kostnaden för brukaravgiften.

Totalt sett är dock de samhällsekonomiska kostnaderna större än nyttorna. Vi får en nettonuvärdeskvot på omkring -0,7. Det bör noteras att nyttorna i form av minskade kostnader för utbyggnad av stationär laddinfrastruktur sannolikt är något överskattade. Det som händer i analysen när ERSV ersätter BEV är att efterfrågan på stationär laddning minskar och att investeringsvolymen i laddinfrastruktur därmed minskar. Det är relativt svårt att analysera hur behovet av laddinfrastruktur kommer förändras mellan jämförelsealternativ och utredningsalternativ. I och med att ett större elvägssystem kan komma på plats först år 2040, kommer en stor del av den stationära laddningen redan vara utbyggd. Däremot kan det hända att kostnaden för drift och reinvesteringar minskar.

Tabell 19. Sammanställning av samhällsekonomisk kalkyl för en typsträcka, miljoner kronor.

Nuvärde	
-Investeringskostnad	-794
-Drift- och underhållskostnader	-462
Summa utgifter	-1 256
Effekter för transportföretag	
-Brukaravgift	-462
-Minskade kostnader för stationär laddinfrastruktur	408
-Övriga kostnader	165
Budgeteffekter	
-Brukaravgift	462
Externa/indirekta effekter	
-Skattefinansieringskostnad	-159
Summa effekter	414
Nettonuvärde	-842
Nettonuvärdeskvot	-0,67
Företagsekonomisk kalkyl	111

5.1.2 Känslighetskalkyler och Monte Carlo-simulering

I och med den stora osäkerhet som finns kring parametrarna i beräkningen har ett antal känslighetskalkyler gjorts. Eftersom grundanalysen visar att typsträckan är olönsam så redovisas här ett antal antaganden som samtliga ökar lönsamheten för elväg. I den efterföljande Monte Carlo-simuleringen är dock utgångspunkten ett normalfördelat spann där grundanalysens värde är i mitten och sedan är spannet likformat, d.v.s. samma absoluta förändring både uppåt och nedåt.

Genomförda känslighetsanalyser:

- Relativ batteristorlek: ERSV antas ha en batteristorlek som i genomsnitt motsvarar 30 procent av batteristorleken hos en BEV (istället för grundanalysens 70 procent)
- Absolut batteristorlek: Batteristorlek för BEV i fjärrtrafik antas vara 870 kWh (istället för grundanalysens 600 kWh) och för lokal och regional distribution 405 (istället för 300 kWh). Batteriet i en ERSV antas uppgå till 70 procent av denna nivå, d.v.s. samma antagande som i grundanalysen.
- Högre nyttjandegrad: Nyttjandegraden antas vara 50 procent (istället för grundanalysens 20 procent)

- Lägre investeringskostnad: Investeringskostnaden antas uppgå till 20 miljoner kronor per kilometer (istället för grundanalysens 40 miljoner kronor)
- Lägre DoU: Drift- och underhållskostnaden uppgår till 1 procent (istället för grundanalysens 3 procent)
- Högre batteripriser: Batterikostnaden ligger kvar på aktuell prisnivå (cirka 140 USD/kWh) för att illustrera en situation där batteriprisutvecklingen går långsammare än förväntat (istället för grundanalysens 51 USD/kWh).

I Tabell 20 nedan sammanfattas dessa känslighetsanalyser. Analysen är mycket känslig för parametern årsmedeldygnstrafik för tunga fordon (ÅDT tung). Ju högre ÅDT tung desto mindre olönsam blir investeringen. Brytpunkten vid vilken ÅDT tung där elvägssträckan blir lönsam är cirka 15 000. Detta tyder på att sträckor som har hög ÅDT tung, exempelvis sträckan Malmö-Helsingborg som utmärker sig i hög ÅDT tung, skulle bli mindre olönsam än sträckor med lägre ÅDT tung. Däremot är det viktigt att komma ihåg att antagandet om nyttjandegraden bygger på att det finns ett större system, d.v.s. om enbart sträckorna med relativt hög ÅDT tung byggs, exempelvis Malmö-Helsingborg, kommer det bli svårt att samtidigt nå upp till en nyttjandegrad på 20 procent, då den bygger på att det finns ett större system.

Det skulle således krävas hög ÅDT tung, alternativt hög nyttjandegrad, för att investeringen ska bli lönsam. En nyttjandegrad på 50 procent, som är den enda känslighetsanalysen som visar positivt tecken, är ett mycket högt antagande med de vägnät som diskuteras. Dessutom blir det sannolikt svårt att klara en så hög nyttjandegrad i kombination med att övriga beräkningsförutsättningar bibehålls. Ett exempel kan vara att om elvägsanpassningen av fordon blir kostnadsmässigt konkurrenskraftig kommer många transportföretag att anpassa sina fordon och därmed skulle nyttjandegraden på elvägen bli högre och användas även av fordon som inte har så hög andel av sin körsträcka på sträckan. Den typen av trafik kommer däremot inte kunna åtnjuta lika höga vinster i form av mindre batteribehov eller lastkapacitet, i och med trafik med en lägre andel av sin körsträcka på elväg inte kan ha väsentligt mindre batteri än en BEV för att klara sitt köruppdrag.

Tabell 20 Sammanställning av samhällsekonomiska känslighetskalkyler för en typsträcka på Vagnät Liten.

	Grund- analys	Relativ batteri- storlek	Absolut batteri- storlek	Nyttja- ndegrad 50%	Lägre inv.- kostnad	Lägre DoU	Högre batteri- priser
-Investerings- kostnad	-794	-794	-794	-794	-397	-794	-794
-Drift- och underhålls- kostnader	-462	-462	-462	-462	-462	-154	-462
Summa utgifter	-1 256	-1 256	-1 256	-1 256	-859	-948	-1256
Effekter för transport- företag							
-Brukaravgift	-462	-462	-462	-462	-462	-154	-462
- Minskade kostnader för stationär ladd- infrastruktur	408	458	408	1 020	408	408	408
-Övriga kostnader	165	284	188	412	165	165	263
Budget- effekter							
-Brukaravgift	462	462	462	462	462	154	462
Externa/ indirekta effekter							
Skatte- finansierings- kostnad	-159	-159	-159	-159	-79	-159	-159
Summa effekter	414	583	437	1273	493	414	512
Nettonuvärde	-842	-673	-819	17	-366	-534	-744
Netto- nuvärdeskvot	-0,67	-0,54	-0,65	0,01	-0,43	-0,56	-0,59
Företags- ekonomisk kalkyl	111	280	134	970	111	419	209

Utöver känslighetskalkylerna ovan har en Monte Carlo-simulering genomförts för att bättre ta hänsyn till flera osäkerheter samtidigt. Principen är att för var och en av de viktigaste variablerna i kalkylen (som t.ex. investeringskostnad, driftskostnad och batterikostnad) antas ett osäkerhetsintervall, och baserat på dessa beräknas ett

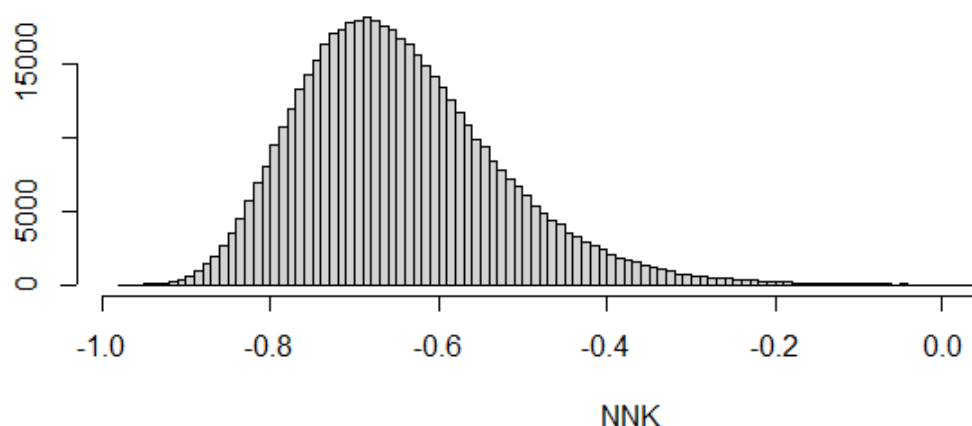
totalt osäkerhetsintervall för hela kalkylutfallet.⁴⁰ Därmed får man en bättre uppfattning om osäkerheten i hela beräkningen, eftersom man får ett realistiskt intervall för hela utfallet (givet realistiska bedömningar av osäkerhetsintervallen i de underliggande variablerna).

Tabell 21. Antagna osäkerhetsintervall för några av de viktigaste variablerna i den samhällsekonomiska kalkylen.

	Minsta värde	Medelvärde	Största värde
Investeringskostnad, mkr/km	20	40	60
DoU-kostnad, mkr/km/år	0,4	1,2	2
Kostnad för publik snabbbladdning (exkl. elkostnad), kr/kWh	1,5	3	4,5
Nyttjandegrad	10%	20%	30%
Batterikostnad*, USD/kWh	30	50	70
Batteristorlek för ERSV relativt BEV*	90%	70%	50%

*Batterikostnad och relativ batteristorlek slås ihop i Monte Carlo-simuleringen, d.v.s. kostnad och batteribesparing samvarierar mot sina extremer vilket skapar ett ännu större utfallsrum.

Baserat på intervallen i Tabell 21 har ett samlat osäkerhetsintervall beräknats. Det illustreras i Figur 12, som visar spridningen av nettonuvärdeskvoten (NNK), d.v.s. nettosamhällsnyttan dividerat med investeringskostnaden. För att investeringen ska vara samhällsekonomiska lönsam ska NNK vara större än noll – då överstiger de totala samhällsnyttorna de totala kostnaderna.



Figur 12. Resultat av Monte Carlo-simuleringen.

⁴⁰ Beräkningen görs genom att slumpmässigt dra en uppsättning variabler från de angivna fördelningarna, och upprepa detta ett stort antal gånger, t.ex. (som här) en halv miljon upprepningar. De underliggande variablerna har antagits vara triangelfördelade mellan de angivna min- och max-värdena.

Figur 12 visar att sannolikheten att NNK ska vara större än noll är i princip obefintlig, givet antagandena i Tabell 21. Konfidensintervallet (90%) för NNK är (-0.81, -0.43), d.v.s. med 95 procent sannolikhet är NNK lägre än -0.43.

5.2 Analys för utredningsalternativ 1 och 2

I kalkylen för typsträckan ovan har beräkningar gjorts för en specifik sträcka. Dock har inte någon samhällsekonomisk kalkyl gjorts för något av utredningsalternativen/vägnäten. Anledningen till detta är att vi bedömt att beräkningsverktyget inte lämpar sig för att analysera ett större system. Vi kan dock ändå använda resultaten för typsträckan för att resonera om den samhällsekonomiska lönsamheten av en utbyggnad enligt utredningsalternativ 1 eller 2.

Kostnader och nyttor för olika delsträckor kommer skilja sig åt och därmed även slutsatsen om nettonuvärde. När man går från en genomsnittlig sträcka inom utredningsalternativ 1 (Vägnät Liten) till motsvarande inom utredningsalternativ 2 (Vägnät Mellan) sjunker ÅDT tung. Kostnaden per kilometer för utbyggnad av elvägsinfrastruktur antas däremot vara oberoende av genomsnittlig ÅDT tung för de aktuella vägnäten. Detta skulle innebära att den samhällsekonomiska lönsamheten riskerar att sjunka ytterligare vid analys av Vägnät Mellan.

Samtidigt bör nyttjandegraden öka ju större andel av vägnätet som täcks av elväg. Däremot är det tveksamt om den kan bli så mycket högre än 20–25 procent i och med lastbilarnas körmönster. En högre nyttjandegrad skulle dock som vi kan se ovan i känslighetsanalyserna innebära en mindre olönsam kalkyl.

En större utbyggnad av elvägar kommer sannolikt ha effekt på, och vara beroende av, andra nollutsläppstekniker och hur de utvecklas. Det kan exempelvis handla om att kostnaderna för fordonsanpassning till elväg påverkas av hur stor andel fordon som går över till elväg eller att kostnaden för laddning förändras i takt med att systemet förändras. Utvecklingen kommer gå framåt för samtliga tekniker, såväl elvägar som andra nollutsläppstekniker.

Investeringskostnaden för elvägar är hög medan marginalkostnaden för varje ny användare kan antas vara låg. Det innebär att elvägar kräver större skalbarhet än exempelvis stationär laddning. Det krävs sannolikt en storskalig introduktion av elväg på EU-nivå för att fördelarna med elväg (t.ex. minskade fordonskostnader) ska kunna realiseras fullt ut. Även brukaravgifterna är ett exempel på detta, det krävs att många använder elvägen för att brukaravgifterna ska kunna sänkas.

Utöver effekterna ovan samt de som tagits hänsyn till i den kvantitativa analysen finns ytterligare effekter som inte tagits hänsyn till eftersom att det saknas tillräcklig kunskap om dem. Dessa effekter är exempelvis:

- Vägslitage – elvägen kan innebära ändrat vägslitage i form av spårbildning i och med att ellastbilarna på elvägen kör i samma läge på vägbanan.
- Trafikolyckor – luftledning kan ge begränsad sikt, skena i vägbanan kan ge försämrad trafiksäkerhet för tvåhjuliga fordon.
- Buller – effekten torde vara marginell eftersom majoriteten av lastbilar är eldrivna både i jämförelsealternativet och utredningsalternativen.
- Partiklar – stora slitagepartiklar kan öka om luftledning väljs som teknik i och med att slitage uppkommer på luftledningens strömskenor och strömvtagare.

De nämnda effekterna är dock sannolikt relativt begränsade i sammanhanget.

5.3 Ej kvantifierade effekter

Det finns också ett antal ej kvantifierade effekter såsom påverkan på landskapsbild och djurliv samt elektromagnetiska fält som är svåra att hantera beräkningsmässigt. Dessa resoneras om här kvalitativt.

5.3.1 Landskap och djurliv

Uppförandet av ny infrastruktur för elvägar innebär ett intrång i landskapet, både fysiskt och visuellt, inte minst om det blir aktuellt med elvägar med luftledning. Hur stort detta intrång blir beror dels på den valda tekniken, dels på vilken hänsyn som tas vid planering och utformning. Detta inkluderar även den infrastruktur som behövs för att koppla samman elvägen med det allmänna eldistributionsnätet.

Transformatorstationerna, som behövs oavsett elvägsteknik, placeras längs med vägen. Vid planering av elvägar behöver därför hänsyn tas till var transformatorstationen ska placeras i förhållande till befintlig väganläggning, vilken utformning den ska ha, på vilken mark den ska placeras samt hur åtkomst via servicevägar till transformatorstationen ska säkerställas.

Elvägar som bygger på konduktiv teknik med luftledning påverkar landskapsbilden dels utifrån ett trafikantperspektiv, dels för närboende och friluftsliv. De stolpar som sätts upp är främst utformade för att kunna motstå krockvåld utan att strömförande ledningar landar på vägbanan.

Fåglar kan påverkas av luftledningen. Detta är ett område där det finns förhållandevis mycket studerat internationellt (kraftnät, järnväg mm). Vid utformning av luftledningar bör hänsyn tas för att minimera påverkan på fåglar.

Elvägar kan även medföra positiva effekter på naturmiljön, exempelvis genom att energiförsörja viltvarningssystem. Dock är detta nyttjande beroende av hur elvägen definieras juridiskt.

För elvägar som bygger på konduktiv teknik med skenor i vägbanan samt på induktiv teknik är påverkan på landskapsbilden betydligt mindre än för luftledning. Dock behövs även här transformatorskåp och servicevägar.

Resonemanget ovan indikerar att hur stort det intrång ett utredningsalternativ innebär i landskapet beror på vilken teknik som väljs; den konduktiva lösningen med luftledning kommer ha större negativ påverkan än övriga lösningar, såväl konduktiva som induktiv.

5.3.2 Elektromagnetiska fält

En elväg kan ge upphov till elektromagnetiska fält. Dessa finns naturligt i vår omgivning men genereras också av mänskligt framställda källor såsom röntgenstrålar, kraftledningar, TV-antennar, radiostationer, basstationer för mobiltelefoner.⁴¹ Vid induktiv teknik i ett utredningsalternativ sker överföring genom elektromagnetiska fält i vägkroppen. Fälten är starkast i närheten av källan och minskar snabbt vid längre avstånd från källan.

De elektromagnetiska fält som uppstår när fordonet elförsörjs kan påverka vissa djurarter, främst vattenlevande djur. Vid eventuell framtida planering av byggande av elväg bör således hänsyn tas till vilka delar av vägsträckningen som behöver vara utrustad med teknik för dynamisk överföring och vilka delar som bör vara fria från denna teknik och därmed fria från elektromagnetiska fält.

Problemen med elektromagnetiska fält i samhällsekonomiskt avseende är huruvida det påverkar människor och djur, och kan värderas kvantitativt eller kvalitativt. Konsensus på EU-nivå är att det saknas samband som visar att elektromagnetiska fält orsakar fysiska och psykiska besvär, eller att de orsakar t.ex. cancer, hjärntumör, leukemi, Alzheimers. Utan vetenskapligt fastlagda orsakssamband borde inte förekomsten av elektromagnetiska fält längs vägarna leda till några tillkommande samhällsekonomiska kostnader vid investeringar i elvägar.

5.4 Klimat- och resursmässiga konsekvenser

Elektrifieringen i samhället kommer innebära kraftigt minskade utsläpp från transportsystemet. Däremot kan klimatpåverkan från produktion av fordonen och infrastruktur öka som konsekvens av elektrifieringen. Detta avsnitt avser att ge en uppskattning på konsekvenserna av elvägar utifrån ett klimat- och resursperspektiv, i första hand fokuserat på skillnaderna mellan jämförelsealternativet och utredningsalternativen, d.v.s. skillnaden mellan två fordonsflottor som har i princip samma andel nollutsläppstekniker men med olika fördelning mellan teknikerna.

⁴¹ WHO. (2024). Electromagnetic fields. Hämtat 2024-11-20 från WHO: https://www.who.int/health-topics/electromagnetic-fields#tab=tab_1

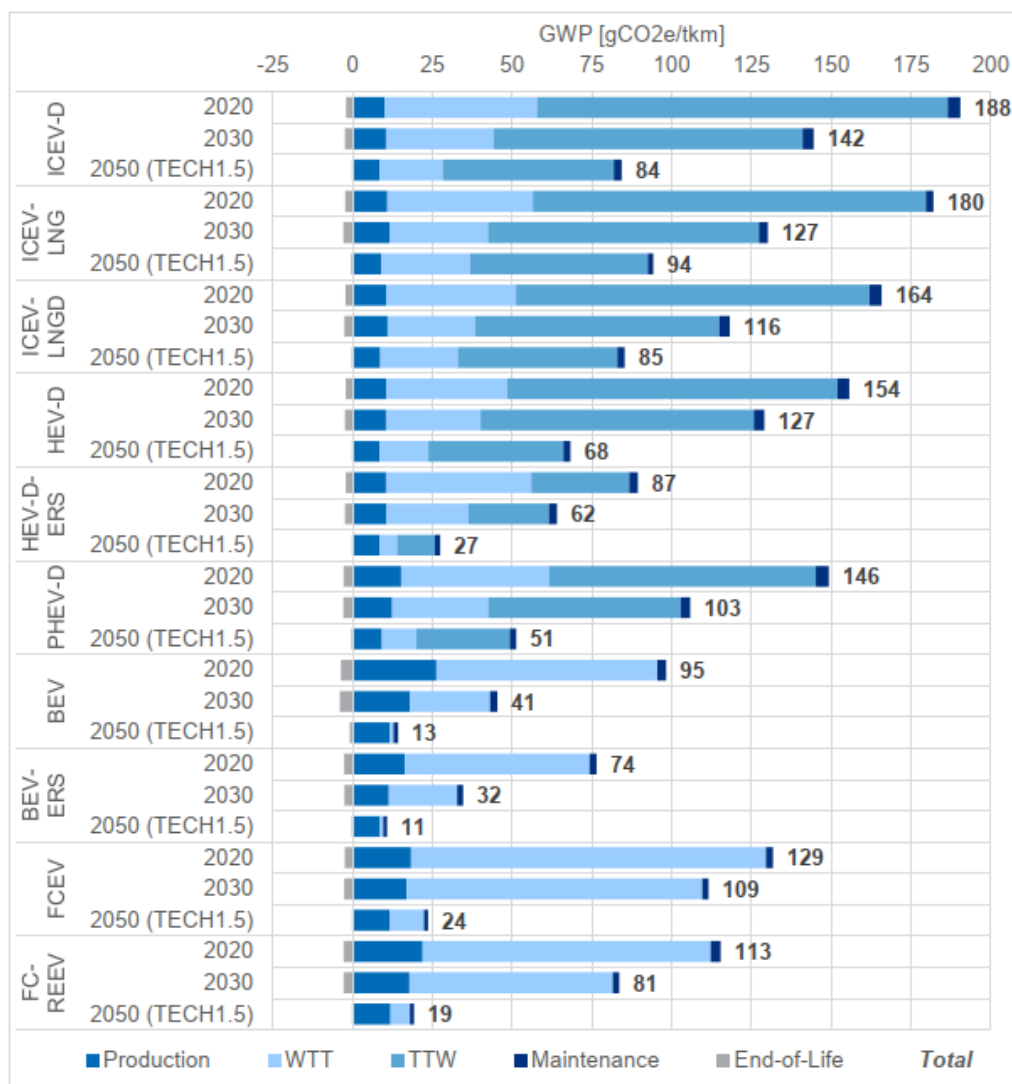
Som underlag till utredningen har Trafikverket låtit WSP ta fram underlag gällande livscykelutsläpp kopplat till olika elektrifieringstekniker. Utgångspunkten är framförallt EU Kommissionens Generaldirektorat för klimatåtgärder, DG Climas, analyser, som är den enda av rapporterna som identifierats som har tidsperspektivet år 2040 och framåt. I Figur 13 nedan redovisas livscykelutsläppen för tunga lastbilar (40 tons maxvikt) för olika årtal, olika teknologier samt fördelat på var i kedjan utsläppen sker.

Det bör noteras att utsläppen från elproduktionen (som ingår i posten WTT, Well-To-Tank) motsvarar ett EU-perspektiv. En motsvarande jämförelse med svensk elmix hade visat på betydligt lägre nivåer på WTT-utsläppen redan idag för samtliga nollutsläppstekniker. Över tid minskar utsläppen från elproduktionen även i ett EU-perspektiv, och det syns tydligt i figuren hur utsläppen från WTT minskar fram till år 2050. I och med att BEV och ERSV har liknande förbrukning per kilometer skiljer sig dock inte denna posten mellan dessa två tekniker.

Däremot skiljer sig utsläppen från fordonsproduktionen mellan BEV och ERSV till följd av att ERSV antas ha ett mindre batteri än BEV. Produktionsutsläppen minskar över tid i absoluta tal, men dess relativa andel av utsläppen ökar i takt med att WTT-utsläppen minskar. En annan skillnad mellan BEV och ERSV är utsläppen från byggande av infrastruktur, som dock inte ingår i DG Climas rapport.

Den övergripande slutsatsen som kan dras av DG Climas resultat är att mot år 2050 är alla nollutsläppstekniker (d.v.s. BEV, BEV-ERS, FCEV samt FC-REEV) nere på låga nivåer.

Figure 5.69: Summary of breakdown of overall lifecycle GWP impacts for Articulated Lorries (40t GVW, Box Body) for different powertrain types (Baseline scenario for 2020 and 2050, Tech1.5 scenario for 2050)



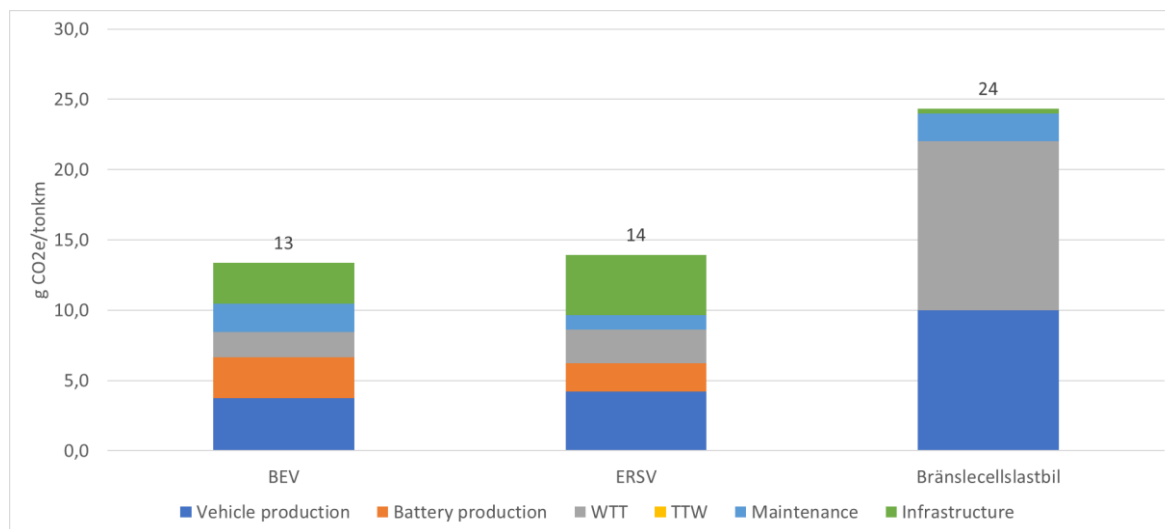
Figur 13 Sammanfattning av olika lastbilstypers påverkan över hela livscykeln (CO₂/tkm)

Genom att utgå från DG Climas grundresultat har sedan WSP brutit ner komponenterna för att möjliggöra känslighetsanalyser där t.ex. livscykelprestandan för el och batterier, batteristorlek samt trafikmängd (ÅDT) kan varieras. Utsläpp från infrastrukturen ingår inte i DG Climas rapport, utan har hämtats från annat underlag⁴² Utsläppen från byggande av elvägsinfrastrukturen slås ut på antalet tonkilometer som nyttjar elvägen och posten blir därför starkt beroende av antagen nyttjandegrad.

I Figur 14 nedan redovisas ett scenario som så nära som möjligt illustrerar förutsättningarna i utredningsalternativet i den här rapporten. Vi utgår från svensk elmix och har justerat antaganden för elväg så att utsläppen för infrastrukturen

⁴² Söderström, E., & Bengtsson, E. (2022). Life Cycle Assessment of Electric Road Systems.

motsvarar en nyttjandegrad på omkring 20 procent samt batteristorlek för ERSV som motsvarar 70 procent av batteriet i en BEV. Vi ser då att utsläppen för BEV och ERSV är i princip på samma nivå, medan bränslecellslastbilar ligger på en något högre nivå (dock bör noteras att jämfört med dagens nivåer på utsläpp från tunga lastbilar är skillnaderna mellan nollutsläppsteknikerna mycket små).



Figur 14 Koldioxidutsläpp för olika typer av lastbilar ur ett livscykelperspektiv år 2050.

Även i känslighetsanalyser där elmix, utsläpp från batteriproduktion och relativ batteristorlek mellan BEV och ERS varierar kvarstår den huvudsakliga slutsatsen att skillnaderna mellan teknikerna är mycket små i ett 2050-perspektiv. Om elvägen får låg nyttjandegrad blir elväg ett sämre alternativ, men med utgångspunkt i att nyttjandegraden kan vara minst omkring 20 procent på elvägsnätet är det mycket jämnt mellan teknikerna.

Det bör noteras att det är mycket osäkert att bedöma livscykelutsläppen i det tidsperspektiv som det handlar om här. Om EU:s klimatmål om klimatneutralitet år 2050 realiseras genom att ramverken följer EU-målet ner mot noll kommer det leda till en kraftig utsläppsminskning inom samtliga sektorer i samhället, men det är svårt att i nuläget bedöma den relativa takten mellan olika sektorer (t.ex. om utsläppen från fordonsproduktion kommer minska snabbare eller långsammare än utsläppen från byggande av infrastruktur).

Elvägar kan också bidra till minskat resursbehov. I en studie⁴³ har metallbehovet vid olika tekniska lösningar analyserats utifrån fyra så kallade "cornerstone" scenarion. I korthet innebär detta vad som skulle hända om alla agerade på ett och samma sätt och beskriver en form av ytterlighet. I alternativet med elvägar är det

⁴³ Raghavan, S., Nordelöf, A., Ljunggren, M., Arvidsson, R. (2023). Metal requirements for road-based electromobility transitions in Sweden. Resources, Conservation & Recycling 190.

framförallt påverkan från personbilar som får betydelse, eftersom de har antagit att 5 miljoner personbilar totalt sett minskar batteribehovet med 225 000 000 kWh. Av den totala minskningen av batterier i elvägsscenarioet kommer nästan 92 procent från personbilar och de resterande 8 procenten från tunga lastbilar. Trafikverket har utifrån denna studie räknat på vad skillnaden i resurser i form av metaller skulle kunna innebära för utredningsalternativen i denna rapport jämfört med jämförelsealternativet, d.v.s. där endast tunga fordon och dessutom endast en viss andel av de tunga fordonen nyttjar elväg. Analysen visar att skillnaden mellan utredningsalternativen och jämförelsealternativet blir maximalt 0,2 procent, d.v.s. den totala transportsektorns behov av metaller minskar med 0,2 procent. Ser vi även på långsiktig knapphet så är det tydligt att det är samma tre metaller som står för den största knappheten både för stationär och dynamisk laddning (guld, palladium och koppar). Det finns alltså en skillnad i metallbehov, men den är mycket liten. Om vi hade haft en viss andel vätgaslastbilar i jämförelsealternativet hade skillnaden i metallbehov blivit något större, men fortfarande liten.

Med hänsyn taget till de ovan redovisade studierna, i denna utredning bedömda utbyggnad och nyttjande av elväg samt till osäkerheterna i både teknologernas utveckling och i materialåtgång är det inte möjligt att visa på några betydande skillnader i konsekvenser för klimat och resursanvändning mellan jämförelse- och utredningsalternativ.

5.5 Konsekvenser för näringsliv och hushåll

Den samhällsekonomiska kalkylen för elvägar är starkt beroende av höga trafikflöden för att vara lönsam och de företagsekonomiska effekterna blir mer positiva ju större del av körsträckan som går på elvägen. Följaktligen kommer en eventuell utbyggnad av elvägar sannolikt att ske längs med stråk med höga trafikflöden, vilket innebär ett fokus på södra Sverige. Det innebär att nytta från elvägen framförallt kommer gynna transporter i södra Sverige.

Elvägar bedöms gynna näringslivet i och med att grundanalysen visar positiv företagsekonomisk kalkyl. Kostnaden i form av brukaravgift bedöms inte överstiga nyttorna i form av lägre investeringskostnader till följd av det mindre batteriet samt högre lastkapacitet för de viktbegränsade transporterna. Incitamenten att investera i elvägsteknik samt nyttja elvägen kommer sannolikt i hög grad bero på brukaravgiften.

Konsekvenserna för hushållen blir försumbara med den typen av utformning vi analyserar här. Om en elvägsteknik väljs som är kompatibel med att personbilar kan nyttja elvägen så kan det finnas nytta även för persontrafiken. Räckvidden hos en elbil kommer vara tillräcklig för de flesta personbilsresor och det är endast ett litet segment med långväga personresor som skulle gynnas av att använda elvägen som räckviddsförlängning. Det kan dock finnas andra skäl att använda elvägen, såsom

flexibilitet och pris för laddning. Det kan även finnas kommersiella drivkrafter, exempelvis för taxibilar, men är då främst en näringslivsfråga.

För att köpare av personbilar ska välja ett mindre batteri i bilen på grund av att det finns ett elvägsnät, kommer det sannolikt krävas ett relativt stort utbyggt elvägsnät. Det personbilsnät som beskrivits i avsnitt 2.4 är cirka 3 800 kilometer stort, vilket skulle ge en utbyggnadskostnad på över 60 miljarder kronor⁴⁴. Det anses inte som ett rimligt alternativ med dagens förutsättningar även om det potentiellt skulle kunna bidra till mindre batterier och lägre fordonskostnader. Exempelvis skulle det kunna bidra med en viss minskning av resurser i form av olika kritiska metaller, omkring 10 procents minskning av det totala metallbehovet för transportsektorn om nyttjandegraden var 100 procent för alla fordon. En elektrifiering av personbilar bedöms därför ge ett marginellt nyttotillskott vid en eventuell framtida utbyggnad av elvägar då de redan idag klarar de flesta transportupplägg.

⁴⁴ Om delar av detta endast har fokus på personbilar kan det bli något lägre kostnad då det sannolikt inte finns samma behov av elektrifieringsgrad.

6 Osäkerhetsbedömning

Med osäkerhetsbedömning avses en bedömning av hur olika osäkerheter påverkar slutsatserna i denna rapport, framförallt skillnaderna mellan jämförelsealternativet och utredningsalternativen.

6.1 Automatisering

Elvägar skulle kunna bli mer kostnadseffektiva jämfört med stationär laddning om möjligheterna till fullt automatiserade fordon skulle kunna användas i vägtransportsystemet. Förarkostnaden är en betydande del av kostnaden för godstransporterna på väg och möjligheterna att ladda dynamiskt skulle bidra till att kör- och vilotider inte behöver hanteras och att fordonet kan verka under längre tid för att genomföra sina transporter. Om de genomförs på en elväg finns det även en potential att ha mindre batterier beroende på transportuppgiften. En introduktion av fullt automatiserade fordon kommer sannolikt ske stegvis för olika delar av vägtransportsystemet, där starten sker i de minst komplexa trafikmiljöerna. Mindre flottor av automatiserade fordon för godstransporter förväntas bli bland de första kommersiella tillämpningarna av automatiserade fordon.

Tidigare förhoppningar om en snabb introduktion av fullt automatiserade fordon i vägtransportsystemet har dock dämpats, och det är osäkert om, och när, tekniken kan få ett genomslag i den komplexa vägmiljön. Det återstår flera utmaningar innan introduktion i större skala är möjlig, bland annat kring trafikering i högre hastigheter och hanteringen av oförutsedda situationer eller hinder. För en bred implementering behöver många aspekter hanteras, såsom ansvarsfrågor kring säkerhet, försäkringsaspekter, och vem som ansvar för godset. En annan förutsättning är en stabil uppkoppling och digitalisering av information. För att skapa förutsättningar för automatiserade fordon krävs även anpassningar av dagens regelverk.⁴⁵

Möjligheterna att framföra fullt automatiserade fordon på det svenska vägnätet eller på delar av det skulle vara gynnsamt för elvägar. Det finns dock många återstående utmaningar innan det finns realiserbara koncept för bred implementering. Bedömningen är därför att det ligger relativt långt fram i tiden innan fullt ut automatiserade fordon är realiserbart på stora delar av vägtransportsystemet i Sverige.

⁴⁵ Trafikverket. (2024). Elektrifiering, Digitalisering och automatisering i vägtransportsystemet. 2024:008.

6.2 Vätgas och andra nollutsläppstekniker

I denna rapport ligger fokus på tidsperspektivet bortom år 2040, då nästintill alla lastbilar i nyförsäljningen (i synnerhet för de segment som är särskilt lämpliga för elvägsdrift) kommer utgöras av någon form av nollutsläppsteknik. Kostnadsbilden för nollutsläppsteknikerna baseras på batterielektriska fordon, vilket beror på att de finns på marknaden redan idag. Det är därmed enklare att bedöma kostnadsutvecklingen för batterielektriska lastbilar jämfört med olika vätgaslösningar, för vilka osäkerheterna kring både teknik och kostnader är större. De olika teknologier för eldrivna lastbilar har även olika energieffektivitet, där stationär och dynamisk laddning har den högsta energieffektiviteten och vätgas den lägsta⁴⁶. Detta kan påverka den totala ägandekostnaden för fordonet eftersom drivmedelskostnaden utgör en betydande andel av de totala ägandekostnaderna.

Detta innebär inte att resultaten i denna rapport faller om det i framtiden blir en mix av flera olika nollutsläppstekniker i flottan. Om det exempelvis i framtiden finns en betydande andel vätgas (antingen i förbränningsmotor eller i bränslecell) på marknaden innebär det att vätgasteknikerna har hamnat i totalkostnadsparitet med batterielektriska lastbilar i vissa segment av marknaden trots att energieffektiviteten för ett vätgassystem är lägre. Om denna nivå ligger som i grundanalysen ovan, eller högre alternativt lägre än denna nivå spelar egentligen mindre roll - poängen är att nollutsläppsteknikerna måste hamna i relativ kostnadsparitet (i enskilda segment) för att flera tekniker ska kunna samexistera. För att belysa ett scenario där kostnadsnivån ligger högre än i grundanalysen har ett känslighetsfall gjorts med aktuell prisnivå på batteripriser (istället för en minskning av batteripriser över tid). Detta illustrerar alltså ett scenario där kostnadsbilden för nollutsläppsteknikerna ligger högre än i grundscenariot, oavsett vilken nollutsläppsteknik det än handlar om. I detta känslighetsfall blir elvägar något mindre samhällsekonomisk olönsamt, men skillnaden är relativt liten jämfört med grundanalysen.

Utöver den rena fordonskostnaden skulle andra förutsättningar i transportsektorn kunna förändras om det i framtiden finns en viss andel vätgasdrivna fordon i flottan. Exempelvis skulle sannolikt inte den stationära laddinfrastrukturen byggas ut i samma utsträckning som i vår grundanalys ovan om antalet batterielektriska fordon blir lägre än i den analysen. Detta kommer sannolikt påverka elvägar negativt i och med att det försämrar förutsättningarna även för elvägslastbilarna (som också kommer gynnas av att det finns tillgänglig stationär laddning).

6.3 EU:s regelverk om CO2-krav

En annan osäkerhet i analyserna gäller grundförutsättningen att EU:s CO2-krav på fordonstillverkarna ligger fast fram till år 2040 och att det därmed nästintill endast

⁴⁶ ITF. (2022). Decarbonising Europe's trucks -How to minimise cost uncertainty.

kommer finnas nollutsläppsfordon i nyförsäljningen vid den perioden som elvägssystemet kan finnas i större skala. Det finns en risk att omställningen till nollutsläppstekniker inte går så snabbt och att det fortsatt kommer finnas en andel lastbilar som drivs av diesel (alternativt biodrivmedel som inte klassas som nollutsläppstekniker i CO₂-regelverket) i nyförsäljningen även år 2040, vilket då samtidigt innebär att nollutsläppsteknikerna har en mindre andel av försäljningen än i grundanalysen ovan.

Vad blir då konsekvensen av detta utifrån ett elvägsperspektiv? Sannolikt blir det en liknande situation som i fallet med vätgas ovan. Dels att vi får en lägre andel batterielektriska fordon (BEV och ERSV) i flottan till följd av kostnadsbilden, vars effekter kan illustreras genom känslighetsanalysen med högre batterikostnader. Dels innebär färre batterielektriska fordon att laddinfrastrukturen byggs ut i mindre skala vilket är negativt för både BEV och ERSV.

6.4 Infrastruktur för alternativa drivmedel - AFIR

Förordning (EU) 2023/1804 som beslutades den 13 september 2023 ställer vissa krav på obligatorisk utbyggnad av infrastruktur för alternativa drivmedel och gemensamma tekniska specifikationer. Majoriteten av kraven på obligatorisk utbyggnad gäller tidsperioden 2025–2030, med något enstaka krav till år 2035. Kommissionens ska senast den 31 december 2026, och vart femte år därefter, se över denna förordning. Som en del i översynen av AFIR ska Kommissionen, senast 31 december 2024, ta fram en rapport om teknisk beredskap och marknadsberedskap för tunga fordon.

Idag finns inga krav på obligatorisk utbyggnad av elvägar i AFIR och en av de preliminära slutsatserna⁴⁷ från rapporten är att det är osannolikt att elvägar kommer att spela en signifikant roll till 2030. Trafikverket delar denna slutsats. Även om mycket kan hända innan 31 december 2026 bedömer Trafikverket att det inte är troligt att AFIR kommer inkludera krav på obligatorisk utbyggnad av elvägar i den kommande revideringen. Vad som händer på längre sikt är svårt att avgöra, men det riskerar att en eventuell utbyggnad av elvägar senareläggs.

6.5 Geopolitik

I en orolig tid kan förutsättningar förändrats snabbt. Exempelvis har globala handelsavtal utmanats, EU har infört en gränsjusteringsmekanism för koldioxid, importtullar för elbilar från Kina, krig i vårt närområde och NATO-medlemskap. När det gäller elektrifieringen av transportsektorn har den stora dominansen av asiatiska företag i värdekedjan för batterier och batterimaterial identifierats som en presumtiv risk då beroendet av dem blir stort. Det är dock svårt att bedöma såväl

⁴⁷ Från den konsult som kommissionen upphandlat för att ta fram ett underlag inför rapporten om tekniska beredskap och marknadsberedskap för tunga fordon

risken och konsekvenserna i nuläget. I och med att elvägar kan föra med sig ett något mindre resursbehov jämfört med batterielektrisk drift kan det finnas fördelar med elvägar ur ett geopolitiskt perspektiv, särskilt vid en större utbyggnad i hela Europa.

Däremot kommer det även med elvägar krävas betydande mängder batterimaterial då både jämförelse- och utredningsalternativet är beroende av stora mängder batterier. Även om utredningsalternativets behov än något mindre skulle även det systemet påverkas av en brist på batterier inom EU. Enligt studien av metallbehov⁴⁸ har de huvudscenarion med stationär respektive dynamisk laddning samma tre metaller som dominerar den långsiktiga knappheten. De geopolitiska svårigheterna kommer därmed behöva hanteras oavsett vilken mix av nollutsläppsteknologier som i slutändan realiseras.

⁴⁸ Raghavan, S., Nordelöf, A., Ljunggren, M., Arvidsson, R. (2023). Metal requirements for road-based electromobility transitions in Sweden. *Resources, Conservation & Recycling* 190.

7 Rekommendationer

Trafikverkets bedömning är att det riskerar att bli för kostsamt för ett litet land som Sverige att vara pionjär och starta en större elvägsutbyggnad i Europa. Det grundar sig på att det både finns infrastrukturrelaterade och marknadsrelaterade risker i förhållande till de nyttor som en utbyggnad skulle kunna generera. De infrastrukturrelaterade riskerna är främst relaterade till val av teknik, kostnader och osäkerheter kring hur framtida drift och underhåll påverkas. Detta är ett område där det säkerligen kommer att genereras mer kunskap och erfarenheter och utveckling de kommande åren. Marknadsriskerna är främst relaterade till att det riskerar att inte bli kostnadseffektivt då det inte finns en mogen marknad med en storskalig produktion både gällande elvägar och fordon som kan ladda under färd på elvägar. Fordonsindustrin har inga uttalade planer på att producera elvägsfordon i större skala, även om det finns signaler från vissa fordonsaktörer att de skulle svara upp mot en eventuell framtida efterfrågan. I analysen har därför utgångspunkten varit att en etablering av ett svenskt elvägssystem är en del av ett större gemensamt europeiskt elvägssystem.

Trafikverket har i detta uppdrag analyserat en utbyggnad av ett elvägsnät på de mer högtrafikerade delarna av det svenska vägnätet. Vägnät Liten bedöms vara de första delarna av det statliga vägnätet som skulle vara aktuellt för utbyggnad. Det omfattar 990 kilometer och prognosticeras ha en genomsnittlig årlig dygnstrafik av tunga fordon på cirka 6 000. Vägnät Mellan är 1 600 kilometer långt och bedöms ha genomsnittlig årlig dygnstrafik av tunga fordon på strax över 5 000. En utökning av vägnätet från Liten till Mellan kommer att bidra till en ökad fordonsflotta som nyttjar elvägen. Men sammantaget kommer det vara en lägre genomsnittlig fordonsflotta på hela elvägssystemet. I ekonomiska termer innebär det att den totala nyttan för elvägssystemet ökar, men att marginalnyttan för varje investerad krona avtar när vi utökar nätet från Liten till Mellan. Kostnaden för utbyggnad av dessa vägnät bedöms vara i storleksordningen 17–22 miljarder kronor för att elektrifiera Vägnät Liten respektive 28–36 miljarder kronor för Vägnät Mellan, vid en 50 procentig elektrifieringsandel.

Konsekvensanalysen visar att det inte finns tillräckligt stora nyttor som tillkommer från elvägarna och att det därför inte är samhällsekonomiskt lönsamt att etablera elvägar i en större omfattning på det statliga vägnätet i Sverige. Den främsta orsaken till resultatet är att de trafikvolymerna som de tunga transporterna genererar på de högst trafikerade delarna av det svenska vägnätet inte är tillräckligt stora för att ett elvägssystem ska bli samhällsekonomiskt lönsamt. En annan orsak är att en etablering av elvägar som tidsmässigt är i drift kring år 2040 endast ger marginella klimatnyttor då stora delar av fordonsflottan sannolikt redan är elektrifierade. De viktigaste faktorerna som har större påverkan på den samhällsekonomiska lönsamheten har varierats i olika känslighetsanalyser för att hantera de osäkerheter

som finns. Utifrån de känslighetsanalyserna är bedömningen att resultatet från konsekvensanalysen är relativt robust.

Rekommendationen från Trafikverket är därför att Sverige i dagsläget inte ska planera för en större utbyggnad av elvägar på det statliga vägnätet under rådande förutsättningar. Den konsekvensanalys som genomförts visar att det inte är samhällsekonomiskt lönsamt även under väldigt gynnsamma förhållanden med antagande om höga nyttjandegrader och relativt låga investeringskostnader. Den slutsatsen ligger även i linje med den nyligen publicerade rapporten från Börjesson och Proost (2024).

Trafikverket bedömning är även att det är för tidigt att fatta beslut om denna typ av storskaliga infrastrukturprojekt med avseende på marknadsmognaden och de kunskaper vi har kring elvägskonceptet ur systemperspektivet och dess roll som en integrerad del av vägtransportsystemet. Det finns framtida osäkerheter som gör att det finns skäl för Sverige att fortsatt följa utvecklingen kring elvägar internationellt och fortsatt bygga kunskap om förutsättningarna skulle förändras i framtiden. En väg framåt för att bygga fortsatt kunskap skulle kunna vara att utreda om det finns möjlighet för mer marknadsorienterade segment för elvägar att etableras i Sverige som kan bidra positivt till klimatomställningen.

Litteraturförteckning

- Basma, H., & Rodríguez, F. (2023). A total cost of ownership – comparison of truck decarbonization pathways in Europe. . *ICCT working paper 2023-28*.
- BloombergNEF, Smart Freight Center, Ministry of infrastructure and watermanagement of the Netherlands. (2024). Zero-Emission Commercial Vehicles – The time is now.
- Börjesson, M., & Proost, S. (2024). Costs and Benefits of E-Roads versus Battery Trucks Under Uncertainty. VTI Working Paper 2024:3. VTI.
- Energimyndigheten, Trafikverket. (2023). *Handlingsprogram för laddinfrastruktur och tankinfrastruktur för vätgas. ER 2023:23*.
- Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI. (2018). *Alternative drive trains and fuels in road freight transport – recommendations for action in Germany*. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI.
- IEA. (2024). *Batteries and Secure Energy Transitions*.
- ITF. (2022). *Decarbonising Europe's trucks - How to minimise cost uncertainty*.
- Jernbanedirektoratet, Trafikverket. (2022). *Möjlighetsstudie Oslo–Stockholm. TRV 2022/72849. 2022:160*.
- Karlsson, Johannes; Grauers, Anders. (2023). Case study of cost-effective electrification of long distance line-haul trucks. *Energies*.
- Movares. (2020). *Verkenning Electric Road*.
- Raghavan, S., Nordelöf, A., Ljunggren, M, & Arvidsson, R. (2023). Metal requirements for road-based electromobility transitions in Sweden. *Resources, Conservation & Recycling* 190.
- Regeringskansliet. (2022). Fastställelse av nationell trafikslagsövergripande plan för transportinfrastrukturen för perioden 2022–2033,. *Regeringsbeslut I 13 I2022-01294 m.fl.*
- RISE. (2022). Interaktionseffekter mellan batterielektriska lastbilar, elvägar och statisk laddinfrastruktur: Resultat från högupplöst simulering av godstransporter på det svenska vägnätet under perioden 2020–2050. RISE 2022:110.
- Rogstadius, J. (2024). *Utilization and Economic-Environmental Impacts of Future Electrical Road System for Heavy Trucks in Sweden.2024:70*. RISE.
- Rogstadius, J., Alaküla, M., Plötz, P., Márquez-Fernández, F., & Nordin, L. (2024). *2035 Joint Impact Assessment of Greenhouse Gas Reducing Pathways for EU Road Transport*. RISE Research Institutes of Sweden.
- Statens Offentliga Utredningar. (2021). *Regler för statliga elvägar. SOU 2021:73*.
- Sundelin, H. L.-C. (2018). Business case for electric road. *7th Transport Research Arena TRA*. Vienna.
- Söderström, E., & Bengtsson, E. (2022). *Life Cycle Assessment of Electric Road Systems*.
- Trafikanalys. (2024). *Lastbilstrafik 2023*.
- Trafikverket. (2020). *Vägunderhåll och kostnader för olika typer av elvägar. TRV 2020/77969. 2020:180*.

- Trafikverket. (2021). *Analysera förutsättningar och planera för utbyggnad av elvägar*. TRV 2020/113361. 2021:013.
- Trafikverket. (2021). *Behov av laddinfrastruktur för snabbladdning av tunga fordon längs större vägar*. TRV 2020/113354. 2021:012.
- Trafikverket. (2024). *Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn ASEK 8.0*. 2024:042.
- Trafikverket. (2024). *Elektrifiering, Digitalisering och automatisering i vägtransportsystemet*. 2024:008.
- Trafikverket. (2024). *PM Förutsättningar för fordon, drivmedel och körkostnader i Basprognos 2024*. TRV 2021/7267.
- Trafikverket. (2024). *Prognos för godstransporter 2045: Trafikverkets Basprognoser 2024*. TRV 2021/7267. 2024:040.
- Transportstyrelsen. (2022). *Förslag till avgiftssystem för statliga elvägar*. TSG 2022-3082.
- Volvo Lastvagnar. (2024). *Genombrott: Volvo kommer lansera ellastbil med 600 km i räckvidd*. Hämtat från Volvo Lastvagnar Pressmeddelande: <https://www.volvotrucks.se/sv-se/news/press-releases/2024/sep/breakthrough-volvo-to-launch-electric-truck-with-600-km-range.html>
- VTI. (2022). *Nyttjandegrad elväg – Omvärldsanalys och faktorer som påverkar nyttjandegraden av elvägar*. 2022/0230-9.1. VTI 1165.
- WHO. (2024). *Electromagnetic fields*. Hämtat från WHO: https://www.who.int/health-topics/electromagnetic-fields#tab=tab_1
- WSP. (2024). *Analys av högre lastbilsvikter som klimatstyrmedel*. TRV 2024/125728.
- WSP. (2024). *Beslut och processer som krävs för en svensk elvägsutbyggnad*.
- WSP. (2024). *Förutsättningar för elvägar i Sverige*.

Trafikverket, 781 89 Borlänge. Besöksadress: Röda vägen 1

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

[trafikverket.se](https://www.trafikverket.se)