

2010-04-30

Stockholm



## Förstudie

# Elektriska vägar - elektrifiering av tunga vägtransporter

---

Sammanställd av: Per Ranch

Beställare:

# Trafikverket och Energimyndigheten

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>SYFTE MED ELEKTRIFIERING AV VÄGAR .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>INLEDNING .....</b>	<b>6</b>
3.1	Allmänt om förstudien .....	6
3.2	Styrgrupp .....	6
3.3	Konsultteam.....	6
3.4	Avgränsningar .....	7
3.5	Historisk överblick och nuvarande status .....	7
<b>4</b>	<b>INFRASTRUKTUR .....</b>	<b>9</b>
4.1	Vilka vägsträckor kan vara aktuella för elektrifierade godstransporter? .....	9
4.2	Vilka investeringar behöver göras för att elektrifiera det aktuella befintliga vägnätet? .....	10
4.3	Vilka regelverk och standarder måste ändras för att elektrifiera vägnätet? .....	11
4.4	Vilka säkerhetsaspekter och utmaningar måste lösas. ....	12
4.5	Elektriska anläggningar i samband med väg .....	15
4.6	Hur påverkar systemet de logistiska aspekterna .....	15
4.7	Placering av kontaktledning/kontaktskena .....	17
4.8	Framtidens kontaktledning/kontaktskena .....	20
<b>5</b>	<b>EKONOMI .....</b>	<b>21</b>
5.1	Vilka kostnader kan förväntas vid utbyggnad av infrastrukturen .....	21
5.2	Vilka kostnader kan förväntas för drift och underhåll? .....	23
5.3	Finansiering .....	23
5.4	Preliminära nettonuvärdeskvoter för aktuella sträckor.....	23
5.5	Vilka immateriella rättigheter (IPR) finns och vem äger dem?.....	24
5.6	En bedömning av sekundära effekter .....	25
5.7	Vilka är tänkbara hinder för att aktörer skall nyttja driftsatt system? .....	25
<b>6</b>	<b>ENERGI, MILJÖ OCH KLIMAT .....</b>	<b>27</b>
6.1	Vilken energianvändning (anspråk på elkraft) följer av en elektrifiering? .....	29
6.2	Finns den energimängden tillgänglig på elmarknaden? .....	29
6.3	Hur fördelar sig primärkällorna för den elen? .....	29
6.4	Miljöanalys .....	30
6.5	Marginalel .....	30
<b>7</b>	<b>FORDON .....</b>	<b>32</b>
7.1	Hur ser tekniken ut .....	32
7.2	Hastigheten med elledning .....	34
7.3	Koppla upp och ner, snabbheten.....	35
7.4	Fordonsekonomi .....	35
7.5	Fordonstyp.....	37

7.6	Fordon övrigt .....	37
<b>8</b>	<b>RESULTAT OCH DISKUSSION .....</b>	<b>38</b>
<b>9</b>	<b>FÖRSLAG TILL AKTIVITETER .....</b>	<b>39</b>
9.1	Hantering av "mindset" .....	39
9.2	Pilotprojekt med fordon.....	39
9.3	Strömavtagare och kontaktledning .....	39
<b>10</b>	<b>KÄLLOR.....</b>	<b>40</b>
<b>11</b>	<b>REFERENSLISTA.....</b>	<b>40</b>



Fotomontage av elektrifiering med befintlig teknik. Fotografi från Scantias hemsida.

# 1 Sammanfattning

Uppdraget avser en förstudie för elektrifiering av vägar av tung och långväga vägtrafik. Det har tre tydliga dimensioner.

## Energieffektivisering

Främst genom att ändra drivsystem från förbränningsmotorer med fossila bränslen till elmotorer som kan drivas med direktel i kombination med en liten förbränningsmotor som i sin tur försörjer elmotorerna med ström (vid terminaler och på vägnät utan kontaktledning).

## Begränsad klimatpåverkan

Lägre energianvändning innebär lägre utsläpp av växthusgaser oavsett bränsle.

## Samhällsekonomi

Genom att utnyttja kapacitet på vägnätet och därmed redan genomförda investeringar kan framtida mobilitetsbehov mötas med mer begränsade infrastrukturinvesteringar.

## Avgränsningar

Förstudien avgränsar sig till långväga och tunga vägtransporter. Lokal distribution inom orter innefattas inte. Fordon ingår inte men behandlas översiktligt för att göra antaganden. Gränsdragningen mellan fordon och infrastruktur ingår. Nya vägar och nya vägtyper beaktas inte.

## Vad kostar det?

Bedömning är att kostnaden blir 10 miljoner kronor per kilometer befintlig väg inklusive vägräcken för att skydda kontaktledningsstolparna vilket även höjer trafiksäkerheten. Elektrifiering av triangeln Göteborg, Malmö och Stockholm blir då mindre än 15 miljarder kronor.

## Vilka samhällsvinster får man?

Om elektrifiering av tung vägtrafik genomförs kan som mest 1400 miljoner liter diesel sparas vilket motsvarar 35% av den nationella förbrukningen inom transportsektorn. Motsvarande reduktion av CO<sub>2</sub> utsläppen bedöms till 4,2 Mton vilket motsvarar 9% av de nationella fossila utsläppen. Elektrifiering av triangeln Göteborg, Malmö och Stockholm minskar utsläppen med 1 Mton, dvs drygt 2% av de nationella fossila utsläppen.

## Finns det någon teknisk akilleshäls eller andra utmaningar?

De största utmaningarna är kravet på fri höjd och trafiksäkerhet. T.ex. viadukter och risken för att kontaktledningar hamnar på vägbanan. Bedömningen är att lösningar kan utvecklas.

## Hur går vi vidare nu?

Förstudien visar att en elektrifiering av delar av det befintliga vägnätet ger stora samhälls- och klimatvinster med relativt små kostnader. Konceptet med elektrifieringen av vägar utmanar vårt "mindset", våra invanda tankemodeller och förhållningssätt. Det är inte vägen som är ett energi- och miljöproblem. Det är förbränningsmotorn som sitter i fordonen som är problemet. Utmaningen är inte teknisk utan hur en samsyn etableras mellan politiker, fordonstillverkare och speditörer. Förstudien föreslår följande aktiviteter på kort sikt:

- Hantering av "mindset"
- Pilotprojekt med fordon
- Utveckling av strömvtagare och kontaktledning/kontaktkena

## Hur går vi vidare sen?

Speditörer av olika slag söker efter fossilfria transporter. Fordonstillverkarna startar inte självmant att ta fram trådfordon utan att förutsättningar tekniskt och ekonomiskt finns d.v.s. att infrastrukturen kommer att fungera. Naturligt är att staten startar det begynnande förloppet med full insyn från fordonsindustrin och framtida leverantörer till elektrisk väginfrastruktur. Liknande system som används med elcertifikat till bl.a. vindkraftsverken kan man tänka sig en form av drivmedelscertifikat, där trådradarna får en intäkt per körda mil med el.

## 2 Syfte med elektrifiering av vägar

Användningen av fossila bränslen kommer att fasas ut oavsett om drivkrafterna är klimatfrågan, minskad tillgång eller politisk instabilitet.

Vårt samhälle är beroende av tillförlitliga och säkra vägtransporter oberoende av om man transporterar gods, mat eller människor. Den investering, både i monetära termer och i miljötermer, samhället har gjort i det befintliga vägnätet utgör samtidigt en enorm tillgång. Att ersätta denna investering med nya system kommer bara att addera till den initiala investeringen och kommer inte att generera miljövinster fort nog.

Syftet med att elektrifiera befintliga vägar för drift av tunga fordon är:

- Eldrift av fordon reducerar effektivt energiförbrukningen.
- Reducerad energiförbrukning minskar klimatpåverkan oavsett hur elen produceras.
- Minskade utsläpp från tunga fordon bidrar till att de nationella klimatmålen uppfylls.
- Det svenska samhällets beroende av fossila drivmedel för transporter av gods, matvaror och människor minskar genom diversifiering av energitillförseln.
- Minskat nationellt fossilberoende minskar de politiska säkerhetsriskerna som uppstår när oljeproduktionen minskar.
- Ett bättre totalt utnyttjande av transportinfrastrukturen. Nuvarande överkapacitet på vägarna och underkapacitet på järnvägarna kan leda till att vägtransporter ersätter en del transporter med tåg. Detta frigör järnvägskapacitet för effektivare och snabbare persontrafik samt minskar kostsam utbyggnad av järnvägssystemet.
- Ett bättre utnyttjande av gjorda investeringar m.a.p. växthusgaser och energi. I ett livscykelperspektiv är miljöbelastningen avsevärd i produktionsfasen. Ca 25 % av den samlade livscykelenergin kan hänföras till produktionskedet och ett liknande förhållande gäller för växthusgaser. Genom att utnyttja befintlig infrastruktur kan miljöbelastningen minska och miljövinsterna blir både större och snabbare.
- Sverige har unika förutsättningar för att kommersialisera projektet. Ledande storföretag med global marknad bedöms kunna samarbeta kring tunga fordon, elkraft, elproduktion och telekommunikation. Genom att leda utvecklingen av elektriska vägar och system har svensk industri en konkurrensfördel när andra länder bygger om sina transport-system. Sverige kan bli ledande inom området vilket kan leda till en ny basindustri och avsevärda exportintäkter.
- När investeringen för infrastrukturen är gjord så är driftkalkylen för elektriska trådfordon mycket fördelaktig vilket bedöms kunna sänka transportkostnaderna.
- Samhället får möjlighet att ta ut de avgifter som behövs för uppbyggnad och underhåll av infrastruktur samt styra avgifterna beroende på tillgång och efterfrågan på energi, ledig kapacitet på vägnätet och samhällets önskemål om när tunga transporter ska ske. "Natt-taxor" kan styra transporter till när energin är billig, "helg-taxor" kan minska tunga transporter när många personbilar är på vägarna och "rusningstids-taxor" kan minska trängseln på vissa vägavsnitt.

## 3 Inledning

### 3.1 Allmänt om förstudien

Förstudiens syfte är att:

- Fungera som ett underlag för fortsatt dialog mellan sakägare och intressenter.
- Identifiera, kategorisera och prioritera frågor.
- Visa på möjligheterna med en elektrifiering av de tunga vägtransporterna
- Att identifiera invändningar
- Identifiera flaskhalsar och föreslå ytterligare studier
- Planera kommande aktiviteter

En förutsättning för att syftet ska nås är att förstudien är lättillgänglig för många, både för specialister och för lekmän. Förstudien försöker att använda ett enkelt och vardagligt språk och försöker att undvika fack och specialuttryck. Förstudien använder mycket bilder för att kommunicera och informera.

Förstudien arbetar i första hand med allmänt tillgänglig information som någorlunda enkelt kan kontrolleras av tredje part.

Förstudien påbörjades den 18 januari 2010 och levererades den 30 april 2010.

### 3.2 Styrgrupp

Förstudien har letts av en styrgrupp som har sammanträtt varje vecka. Styrgruppen har bestått av:

Anders Nordqvist	Idégivare	Svenska Elvägar AB
Harry Frank	Professor	Mälardalens högskola
Per Ranch	Uppdragsansvar	Grontmij

### 3.3 Konsultteam

Förstudien försöker att ta ett så brett perspektiv som möjligt med fokus på samhällsnytta och miljönytta, båda s.k. kollektiva nyttor. Ett antal teknikområden har beaktats och ett antal konsulter har medverkat, samtliga Grontmij:

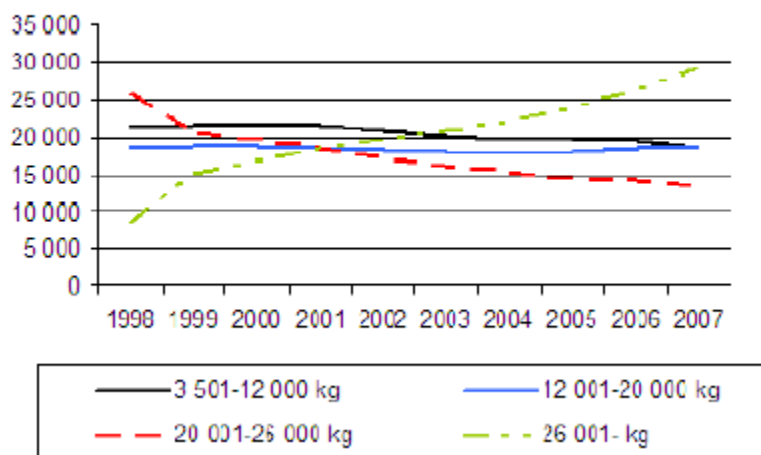
Per Ranch	Projektledning och samordning
Pär Engström	Ombud, granskning
Maria Lennartsson	Energi, miljö, klimat
Mattias Haraldsson	Samhällsekonomi
Carolina Ekelund	Hybridfordon
Hans Norrman	Elförsörjning
Sonja Martin-Löf	Järnvägsfrågor
Jan-Erik Hollander	Trafik, logistik, trafiksäkerhet, regelverk & normer
Ewa Bergwall	Juridik, miljö rätt

### 3.4 Avgränsningar

#### Långväga och tunga vägtransporter

Förstudien avgränsas till långväga och tunga vägtransporter. Med långväga transporter avses fjärrtransport över 100 km. Tung lastbil definieras som fordon med totalvikt över 3.5 ton. Statistik över trafikflöden av tunga lastbilar på vägarna avser således lastbilar över denna vikt. Den här förstudien fokuserar på tunga lastbilar med eller utan släpvagn samt dragbil med semitrailer. Typiska fordonslängder är från 12 meter till 24 meter och eller vikt från 12 ton till 60 ton. Av figuren nedan framgår fördelningen av lastbilar i olika viktklasser över 3,5 ton. Notera den stora ökningen av lastbilar tyngre än 26 ton. En trend är dock att fordonen utnyttjas mer och mer volymmässigt vilket innebär att tyngre fordon används till lättare men skrymmande gods.

**Antal lastbilar per kategori**



Svenska lastbilar i inrikes trafik. Källa: SIKa (2006)<sup>1</sup>

#### Lokal distribution inom orter innefattas inte i förstudien

Lokaldistribution inom orter innefattas inte av förstudien. Gränsdragning mellan fjärrdistribution och lokaldistribution är ofta godsterminaler i utkanter av orter. Terminalfrågor uppmärksammas i förstudien.

I bilagan "Trafik och Logistik" återfinns ett resonemang kring transportkedjor och fjärrdistribution och lokaldistribution.

#### Fordon innefattas inte i förstudien

För att kunna göra antaganden när det gäller systemet så gör vi översiktliga antaganden när det gäller fordon och fordonsutveckling. Gränsdragningen mellan fordon och infrastruktur är i denna förstudien strömvatgaren. Strömvatgaren uppmärksammas i förstudien.

#### Befintlig infrastruktur

Förstudien utgår från att befintlig infrastruktur elektrifieras utan andra åtgärder. Nya vägar och nya vägtyper beaktas inte. Med nya vägtyper avses t.ex. vägar där ett körfält är dedikerat för vissa transporter. Även om detta är en möjlig utveckling så bortser förstudien från denna.

### 3.5 Historisk överblick och nuvarande status

Trådlastbilar har förekommit historiskt men idag finns inga kända system i drift. Intresset för fordon med elförsörjning har ökat under de senaste åren.

Trådlastbilar har historiskt förekommit i tre skeden.

- Innan första världskriget
- I samband med andra världskrigets drivmedelsbrist
- Inom gruvindustrin där truckar använder elektrisk drivning då extra kraft behövs



Innan första världskriget var elektrisk drivning vanlig. Trådlastbilar med både en och flera vagnar existerade. Första världskriget innebar en enorm utveckling av tillförlitliga och kraftfulla förbränningsmotorer för flygplan; elfordonen kunde inte konkurrera och försvann förutom trådbussen. I samband med politisk oro och andra världskriget återkom trådlastbilar. Speciellt intressant är KFs (Kooperativa Förbundets) trådlastbilar i Stockholm som trafikerade sträckan Kvarnholmen - Södra station fram till 1959. Under 1960 talet ersattes många trådfordon med förbränningsmotordrivna fordon.

Inom gruvindustrin används fortfarande bergtruckar där elektriska motorer som får ström via kontaktledning tillför extra kraft vid kraftiga stigningar.

Trådbussen är en nära släkting till trådlastbilen. Det finns i dagsläget mer än 40 000 trådbussar i mer än 350 system över hela världen.

#### Referenser - Sverige

Tankar på elektrifierad lastbilstrafik har funnits i Sverige under 1990 och 2000-talen:

"Men man kan också tänka sig eldrivna långträdare som tar sin ström från en kontaktledning ovanför motorvägen (Hådell, 1996<sup>2</sup> och Steen m.fl., 1997<sup>3</sup>). Då är det bara fordonens längd som skiljer dem från godstågen samt skillnaden i rullmotstånd mellan stålhjul på skenor och gummihjul mot asfalt. Utöver skillnaden i rullmotstånd kommer godstågen vid en sådan jämförelse att ha fördelen av att fördela luftmotståndet på fler ton gods men nackdelen av att vara så tunga att nyttolastfaktorn blir lägre än för lastbilen. Om man sedan tar steget fullt ut och på motorvägar och motorleder tillåter lastbilskombinationer med en total längd på 40-50 meter, minskar skillnaden ytterligare. (Kågeson, 2007<sup>4</sup>)."

#### Referenser - USA och Kanada

I boken *Transport Revolutions – 2025, Moving People and Freight Without Oil*, Earthscan 2008<sup>5</sup> av Richard Gilbert och Anthony Perl skriver författarna: "We make the case in this book that electric vehicles are the most important viable alternative to vehicles moved by internal combustion engines, and that they could quite quickly begin to replace oil-fuelled mobility on land. Their power could come from overhead wires or rails, which can deliver renewable energy in a remarkably efficient manner."

#### Referenser - USA

Vid SAE 2010 World Congress, 13-15 april 2010, presenterade tre forskare vid National Renewable Energy Laboratory (NREL)<sup>6</sup> rapporten "Technology Improvement Pathways to Cost-Effective Vehicle Electrification". I rapporten hävdas att fordon som får el längs vägen, liksom trådbussar och spårvagnar, redan idag är de mest kostnadseffektiva elfordon även jämfört med vanliga bensinbilar och hybridbilar. Denna slutsats baserar de på en reducerad batterikostnad (mindre batteri om el kan tas från extern ledning) och den låga utrustningskostnaden på USD 1000 för "dynamic connection" på bilarna.

De tre forskarna tänker sig i termer av personbilar och lätta SUVs/pickups som kopplas in, men man kan lika gärna börja med dynamiskt kopplade plug-in-bussar och transportfordon.



## 4 INFRASTRUKTUR

Förstudien antar följande när det gäller infrastruktur:

### Definition

Med elektriska vägar avses ett system där i första hand delar av det befintliga vägnätet kompletteras med elektrisk infrastruktur i syfte att överföra elektrisk energi från det nationella elnätet till långväga och tunga transporter under färd.

### Kontaktledning över vägbanan

Förstudien väljer att studera ett system med kontaktledning över vägbanan liknande de som används för trådbussar, elektrifierade spårvagnar och järnvägar.

Ett av förstudiens mål är att bedöma en lösning som baserar sig på känd teknik och som snabbt genererar stora samhällsvinster. Ett snabbt genomförande kräver att tekniken är säkerhetsmässigt accepterad och standardiserad. Kontaktledning ovanför vägbanan kan lätt bedömas m.a.p. kostnader och vinster.

Ett resultat av förstudien är att kontaktledning och strömavtagare måste utvecklas. Detta gäller oavsett var kontaktledningen/kontaktskenan är belägen. Anledningen är att fordonen måste kunna kopplas på och kopplas av under färd. Samtidigt måste framtida utvecklingsmöjligheter och generationsskiften utredas mer utförligt innan en storskalig utbyggnad sker.

### Övrigt

En elektrisk väg ska ha minst samma standard och ge samma upplevelse som en oelektrifierad väg. Det visuella intrycket kommer att förändras men detta behöver inte nödvändigtvis upplevas som en försämring. Belysning och informationstavlor kan förhöja upplevelsen.

En elektrifierad väg kan komma att användas av elektriska personbilar. Den elektriska vägen som den beskrivs i denna förstudien, d.v.s. med elektrisk försörjning ovanifrån, har inte utretts m.a.p. försörjning av elektriska personbilar. Givetvis är strömförsörjning ovanifrån mindre lämpad för personbilar eftersom avståndet kommer att bli mycket stort.

### 4.1 Vilka vägsträckor kan vara aktuella för elektrifierade godstransporter?

Elektrifiering med kontaktledning är en åtgärd som är relativt snabb att genomföra. Å andra sidan går utvecklingen, bl.a. batteritekniken, framåt. Detta innebär att vid en viss tidpunkt i framtiden så är elektrifiering med kontaktledning inte lönsam. När denna tidpunkt infaller är svårt att förutse men bedömningen är att enbart batteridrift av tunga transporter inte kommer att vara möjligt inom en överskådlig framtid.

Förstudien har utgått ifrån att elektrifiering bör ske där de långväga tunga transportererna är som mest markanta och bortsett från vilka godsslag som är aktuella på sträckorna.

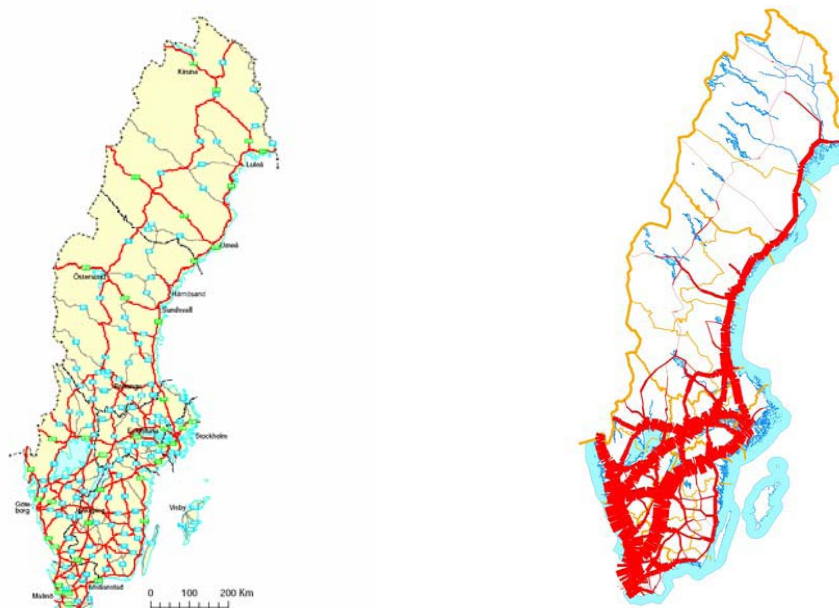
Elektrifiering av vägnätet föreslås ske i tre steg:

- Pilotanläggning
- Prioriterade sträckor
- Huvudvägnätet för långväga gods (HVN)

### Pilotprojekt för elektrifiering av väg

För att utvärdera fördelar och nackdelar med att elektrifiera vägar under verkliga förhållanden föreslås ett pilotprojekt. Detta pilotprojekt bör ske på en sträcka som är representativ för de sträckor som kan vara aktuella i framtiden. Förutom trafikflöde, vägtyp och typen av fraktat gods så är även klimatologiska aspekter viktiga, systemet bör testas

under riktiga vinterförhållanden med avseende på snö och isbildning på kontaktledningar och annan elektrisk apparatur.



Huvudvägnätet för långväga gods (HVN) – T.v. Ett huvudvägnät för långväga godstransporter(2007) T.h. HVN med trafikvolym indikerad av flöden mätta i kton. Källa a: Vägverket b: Vägverket Konsult.<sup>7</sup>

#### **Prioriterade vägsträckor vid elektrifiering**

Bedömningen är att elektrifiering bör påbörjas på de delar av HVN där de långväga tunga transportererna är som mest markant, se figur ovan till höger. Detta inbegriper de s.k. Europavägarna som är traditionella 4-fältiga motorvägar eller 3-fälts "vajerväg". Även breda 2-fältsvägar innefattas, bl.a. på långa sträckor i norra Sverige. En vägtyp som bedöms mycket intressant är "Norrlandsvägar" och "3-fältsvägar". Dessa vägtyper har ofta långa sträckor utan viadukter och trafikplatser vilket innebär färre konflikter med kontaktledning. Det som talar mot "Norrlandsvägar" är den glesare trafiken.

Förstudien bedömer att följande sträckor är prioriterade sträckor vid en elektrifiering:

- Helsingborg/Malmö – Göteborg – Stockholm
- Göteborg – Jönköping
- Stockholm – Luleå
- Göteborg – Strömstad

#### **Elektrifiering av vägar på lång sikt**

Bedömningen är att det svenska huvudvägnätet för långväga gods, HVN, är aktuellt för en utbyggnad på lång sikt se figur ovan till vänster.

Förstudien föreslår att elektrifieringen sker efter hand på de sträckor där trafikflödena av tunga fordon är som störst.

## **4.2 Vilka investeringar behöver göras för att elektrifiera det aktuella befintliga vägnätet?**

Det befintliga vägnätet måste kompletteras med elektrisk infrastruktur enligt:

- Kontaktledningar som bärs upp av kontaktledningsstolpar.

- Lågspänningsnät där likriktarstationer omformar högspänd växelström till relativt lågspänd likström; i intervallet 750-1500 V för utmatning till kontaktledningarna.
- Högspänningsnät som leder fram högspänning till likriktarstationerna. Detta nät antas nedgrävt parallellt med vägen.

#### **Kostnad per km elledning inkl. matningsstationer**

Den samlade bedömning är att den elektriska infrastrukturen inklusive vägräcken för en befintlig väg med körfält i båda riktningar kostar ca 10 mnkr/km. Se avsnitt om ekonomi.

### **4.3 Vilka regelverk och standarder måste ändras för att elektrifiera vägnätet?**

Elektrifiering av vägar är en ny företeelse varför regler och normer troligen måste prövas. En elväg är ett mellanting mellan väg och järnväg men troligtvis kan man argumentera för att den ska behandlas som en väg.

Den uppenbara frågeställningen är huruvida man kan tillåta elektriska ledningar i relativ närhet av vägbanan, i synnerhet som hastigheterna på fordonen är höga. Tunga elfordon bedöms kunna framföras i 80 km/h vilket är högsta tillåtna hastighet för denna fordonstyp. Däremot finns det andra fordon som rör sig med högre, eller betydligt högre, hastighet och som kommer att trafikera de elektrifierade vägarna. Till detta kommer placeringen av likriktarstationerna som kan behöva placeras på ett säkerhetsavstånd från vägbanan. Placeringen av likriktarstationerna kan behöva prövas i synnerhet om de inte får plats inom den sedan tidigare prövade vägkorridoren.

Förstudien har med hänvisning till att trådbussar är en internationellt vedertagen fordonstyp, som dessutom framförs i stadsmiljöer med många oskyddade trafikanter, bedömt att befintliga normer och regelverk inte utgör ett hinder för elektrifiering av vägar så länge som spänningsnivån är likvärdig, d.v.s. ca 750 volt.

#### **Nationellt**

Trådbussetableringar kräver inte förändringar i befintliga detaljplaner eller lokala trafikföreskrifter. Den enda trådbussetablering som skett på senare tid är den i Landskrona 2003. Det kan finnas anledning att tro att vid en storskalig elektrifiering av vägnätet kommer frågeställningar att uppstå som behöver prövas i domstol.

Vägar med minst fyra körfält och med en sträckning av minst 10 kilometer skall tillåtlighetsprövas av regeringen. Detta gäller även för en provsträcka. Samma sak gäller järnvägar avsedda för fjärrtrafik.

En elväg kan uppfattas som ett mellanting mellan väg och järnväg. Man bör kunna argumentera, om frågan kommer upp, att den skall behandlas som en väg.

Det är i princip samma saker som gäller för en elväg som för alla andra miljöfarliga verksamheter:

- Samråd och miljökonsekvensbedömning (betydande miljöpåverkan eller inte - behövs utökad samråd?)
- Miljökonsekvensbeskrivning (vilken godkänns av länsstyrelsen)
- andra konsekvensbeskrivningar
- Ansökan om tillstånd

Man kan även tänka sig att man i ett tidigt skede genomför en lokaliseringsstudie, som sedan blir en del av en miljökonsekvensbeskrivning.

Istället för att ge tillstånd till verksamheten, upprättas och fastställs istället en arbetsplan för den tillkommande vägen. Detta fastställelsebeslut fattas av Trafikverket.

I bedömningen som görs under samrådsskedet, d.v.s. när man bedömer huruvida verksamheten kommer att ha betydande miljöpåverkan (vilket man i princip kan räkna med att den kommer att ha) så kan länsstyrelse och andra intressenter, såsom andra myndigheter och närboende inkomma med olika synpunkter, av olika dignitet.

Man kanske ska förekomma, istället för att låta sig förekommas, och närmast förvänta att det kan dyka upp en mängd frågetecken och farhågor (ogrundade eller ej) från både myndigheter men kanske framförallt från närboende,

I motsats till andra miljöfarliga verksamheter, som regleras av miljöbalken, regleras vägverksamheten genom väglagen (som alltså inte lades in i miljöbalken, då den tillskapades). Väglagen hänvisar dock i stora delar till miljöbalken i prövningsförfarandet, dock med en betydande skillnad: miljöfarliga verksamheter har normalt inte till sitt förfogande de tvångsmedel, som finns i Väglagen och som tillkommer Trafikverket att nyttja, i form av expropriation och andra former av tvångsinlösen av mark.

Ovanstående är allmänna bedömningar. Förmodligen kommer en elväg inte att behandlas annorlunda ur ett prövningsperspektiv än en vanlig väg. Dock ska man ha i åtanke att denna form av miljöfarlig verksamhet än så länge inte finns, och därmed är inte heller kraven satta.

#### **Internationellt**

Förstudien har ej bedömt vilka internationella regelverk och standarder som måste ändras. Däremot har förstudien arbetat med den utgångspunkten att systemet inte ska införa några begränsningar för befintliga fordon eller komma i konflikt med befintlig infrastruktur.

#### **4.4 Vilka säkerhetsaspekter och utmaningar måste lösas.**

Förstudien har identifierat följande säkerhetsaspekter och utmaningar som måste lösas för att elektriska vägar ska kunna byggas:

- Nedrivning av kontaktledning
- Fri höjd och konflikter med annan infrastruktur

##### **Nedrivning av kontaktledning**

En elektrisk väg ska ha minst samma säkerhet som en oelektrifierad väg. Nedrivning av kontaktledning kan ske genom att:

- Kontaktledningsstolparna blir påkörda och viker sig
- Strömavtagaren fastnar i kontaktledningen och "drar ned" den
- Främmande föremål som träd, flygfarkoster, etc. hamnar på vägbanan

Oavsett vilket så måste strömmen brytas automatiskt och omedelbart på aktuellt vägavsnitt och bakomvarande trafik varnas.

Nedrivning av kontaktledning måste utredas ytterligare m.a.p. sannolikhet och konsekvenser.

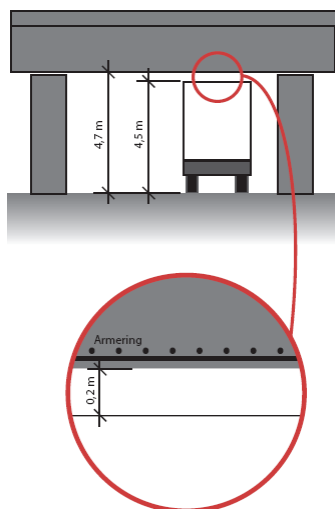
Risken att kontaktledningen rivs ned innebär i och för sig en risk att säkerheten försämras. Uppsättning av kontaktledning kan innebära att säkerheten höjs:

- Kontaktledningsstolparna måste skyddas mot påkörning med hjälp av ett kontinuerligt vägräcke. Räcket skyddar inte bara stolparna utan är också ett skydd mot avåkning.
- Kontaktledningsstolparna kan förses med belysning vilket antas förbättra säkerheten.
- I samband med elektrifiering finns möjlighet till utökad vägintelligens/kommunikation som t.ex. övervakningskameror och informationstavlor. Vägen skulle således kunna övervakas mot olyckor och driftstörningar och information kan återföras till trafikanter som på detta sätt blir förvarnade om vägarbeten och olyckor.
- En kontaktledning innebär också en möjlighet till automatisering av fordonets framförande, s.k. "Autopilot". Det finns redan idag system som varnar för kursändringar d.v.s. när fordonet närmar sig körfältmarkeringarna. Det finns också system som varnar och bromsar fordonet när man närmar sig ett framförvarande fordon. Kontaktledningen kan ev. utöka och förbättra/komplettera/dubblera dessa system. Kontaktledningen kan fungera som en "mittlinje" där fordon och kontaktledning kommunicerar och kontinuerligt korrigerar färdriktningen och avståndet till framförvarande fordon.

### Fri höjd och konflikter med annan infrastruktur

Fri höjd är den högsta tillåtna höjden på ett fordon. En fri höjd på 4.5 meter är normgivande på större vägar.

Till detta kommer ett säkerhetsavstånd på 0,2 meter vid viadukter. Säkerhetsavståndet ska hantera olika tjocklek i beläggning, möjlighet till att lägga på ytterligare beläggning, lutande vägbana, och annat som kan höja vägbanan som t.ex. snö och is.



Den fria höjden garanterar att fordon med en viss höjd ska kunna passera. Det finns även en annan aspekt att beakta och det är risken att ett fordon river ned och orsakar olyckor, skador på systemet och/eller omfattande och dyrbara trafikavbrott. Kontaktledning placeras helst högre än 5 meter.

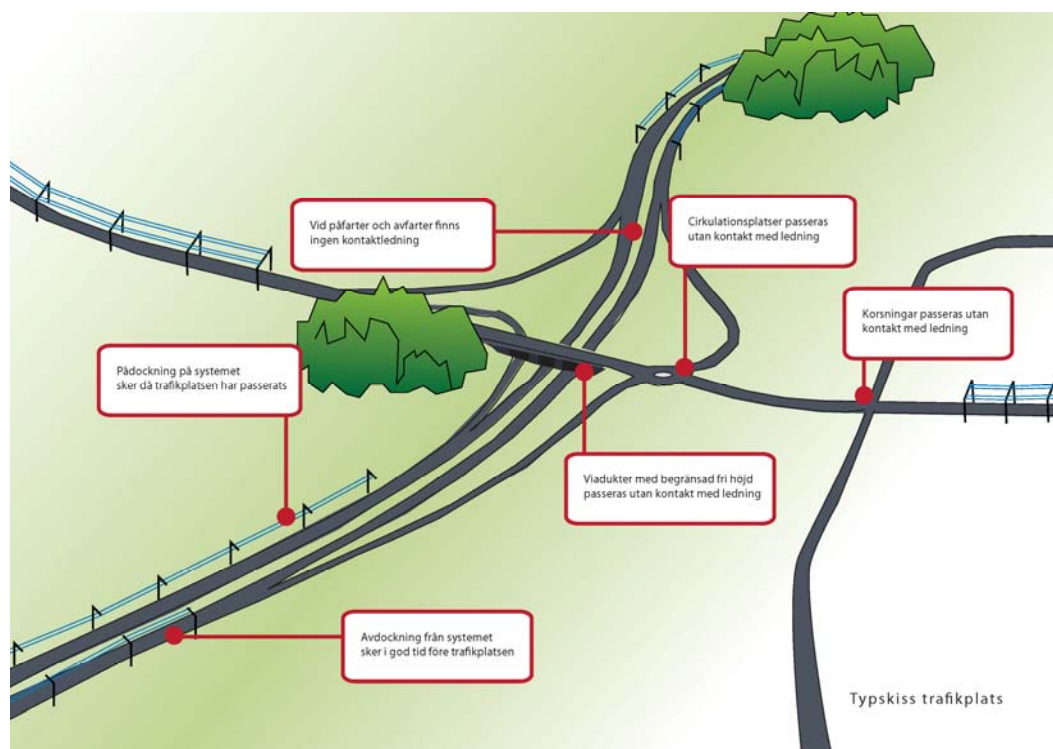
Förstudien konstaterar att det finns en konflikt mellan den fria höjden om 4,5 meter och rekommenderad minsta höjd på kontaktledning om 5 meter. Denna konflikt kan lösas antingen genom att:

- undvika att elektrifiera vägvägsnitt med konflikter
- modifiera befintlig infrastruktur
- modifiera befintlig fordonsflotta

### Undvika att elektrifiera vägvägsnitt där konflikter uppstår

Detta alternativ innebär att vägvägsnitt där konflikter mellan befintlig infrastruktur och den nya elektriska infrastrukturen uppstår inte elektrifieras. Exempel på oelektrifierade vägvägsnitt är under broar, tunnlar och portaler. Även broar kan vara besvärliga att elektrifiera.

En variant på detta är där den elektriska infrastrukturen kommer i konflikt med sig själv. Exempel är rondeller, korsningar och på- och avfarter. Dessa vägvägsnitt elektrifieras inte heller.



En förutsättning för att detta alternativ ska vara genomförbart är att fordonet är försett med en intelligent strömavtagare och är av hybridtyp, se beskrivning under "Fordon".

### Modifiering av befintlig infrastruktur

Detta alternativ innebär att viadukter, tunnlar, portaler, belysningsstolpar, etc., modifieras, d.v.s. objekt som begränsar fri höjd höjs. En alternativ åtgärd är att vägbanan sänks för att höja den fria höjden.

Fördelen med att modifiera befintlig infrastruktur är att man kan få en kontinuerlig kontaktledning utan avbrott. Detta innebär att fordonet klarar sig med en relativt enkel strömavtagare och mindre hybridsystem vilket sammantaget skulle innebära enklare och billigare fordon

Nackdelen med att modifiera befintlig infrastruktur är att det tar tid och kostar pengar vilket kan förskjuta projektet ett antal år framåt. Vidare kan samhällsekonomi och miljönytta ifrågasättas vilket kan hota projektets genomförande.

Ett specialfall av ovanstående är att fräsa upp ett spår i viaduktens undersida i syfte att "fälla in" en skena som antingen är strömförande eller inte. På detta vis skulle den fria höjden inte påverkas samtidigt som strömavtagaren kan ligga an hela tiden och den kritiska återkopplingen elimineras. Att bearbeta undersidan på en viadukt eller bro innebär att man minskar bärförmågan. Bärförmågan minskar både p.g.a. minskat tvärsnitt och p.g.a. den brottsanvisning som uppstår. När det gäller betongbroar så är bärförmågan mycket beroende av den armering som ligger i underkant. Att göra ingrepp i denna armering innebär att bärförmågan minskar drastiskt. Armeringen skyddas av endast några cm betong vilket innebär att möjlig urgröpning är marginell samtidigt som risken för korrosion på armeringen är avsevärd. Dessutom kan armeringens vidhäftning minska med minskat betonglager vilket innebär minskad bärförmåga.

### Modifiering av befintlig fordonsflotta

Detta innebär att regelverket för fri höjd ändras för att minska tillåten fordonshöjd.

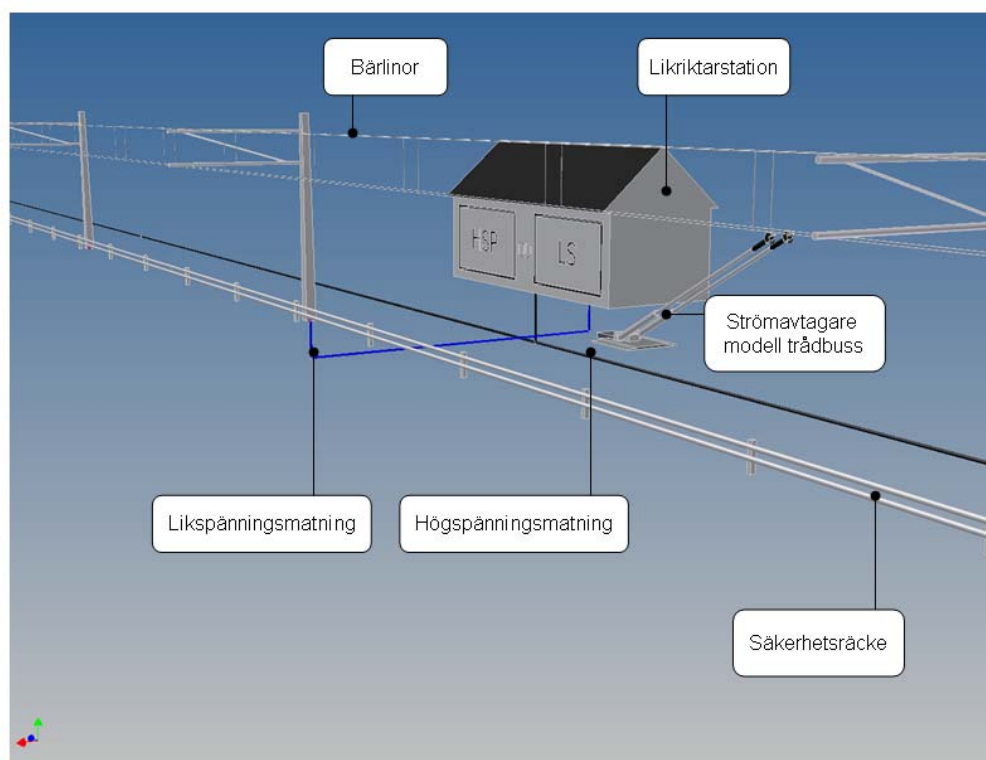
Alternativet kommer att hota projektet i dess helhet eller förskjuta projektet ett oöverskådligt antal år framåt p.g.a. urfasning av och dispenser för befintlig fordonsflotta

## 4.5 Elektriska anläggningar i samband med väg

De elektriska anläggningarna består av:

- Kontaktledning som består av två (2) ledningar i varje riktning. Gummihjulsfordon kräver två (2) ledningar eftersom hjulen inte kan "jorda". (Rälsfordon använder rälsen som en ledare.)
- Stolpar för upphängning av kontaktledning.
- Likriktarstationer (krävs p.g.a. lägre spänning och likström)
- Matningsledning likspänning från likriktarstation till kontaktledning
- Matningsledning högspänning till nationellt elnät till likriktarstation
- Skyddsräcke (för att hindra påkörning av kontaktledningsstolparna)

Bilden nedan visar ett "lätt" system modell trådbuss, därav den inritade strömvtagaren modell trådbuss. Det är viktigt att kontaktledningsstolparna skyddas med kraftiga skyddsräcken och att likriktarstationer placeras på tillräckligt stort avstånd från vägbanan.



## 4.6 Hur påverkar systemet de logistiska aspekterna

Förstudien kom i ett tidigt skede fram till att fordonen måste vara av hybridtyp d.v.s. drivas på minst två (2) sätt och som kan koppla in och koppla ur sig på kontaktledningen under färd. Fordonen kan alltså framföras utan kontaktledning längre eller kortare sträckor och behöver inte stanna eller ha några speciella platser för in och urkoppling. Användningen av denna typ av fordon eliminerar många problem under systemets uppbyggnad. Även på lång

sikt är denna typ av fordon en förutsättning eftersom fullständig elektrifiering bedöms ineffektiv på vissa vägnät.

För att effekterna av elektrifieringen ska bli så stora som möjligt krävs att så många fordon som möjligt utnyttjar systemet så mycket som möjligt. Systemet måste uppfylla samtliga de krav som nuvarande system levererar m.a.p:

- Tillförlitlighet
- Transporteffektivitet
- Arbetsmiljö
- Framkomlighet
- Åtkomlighet
- Vägutformning
- Trafiksäkerhet
- Vägmiljö och estetik
- Övrigt

I bilagan "Trafik och Logistik" inventeras dessa områden där problem/risker/önskemål listas och idéer till åtgärder presenteras. För en kort sammanfattning av logistik-logiken hänvisas till bilagan "Trafik och Logistik PM". Sammanfattningsvis:

#### **Tillförlitlighet**

En förutsättning är säker tillgång till el hela året och hela vägnätet. Avbrott måste hanteras snabbt och förutsägbart. Ett problemområde är nedslutning av kontaktledning som måste utredas vidare. Tillgång till service och reservdelar är en uppgift för marknaden. Vidare behövs en pålitlig huvudman för kraftförsörjning, en aktiv drivmedelspolitik samt samordning med EUs transportpolitik och marknad.

#### **Transporteffektivitet**

Utbyggt och säkert elvägnät för att attrahera en bred krets transportörer är viktigt. Omlastningsbehoven får inte öka och det krävs konkurrenskraftiga priser på fordon och el. Behovet av effektiva och kostnadseffektiva terminallösningar måste utredas. Viktigt med EU-vägnätet för minimering av omlastning/fordonsbyte – delbara fordon/ekipage en lösning.

#### **Arbetsmiljö**

Elfordonen måste vara lättskötta och tillförlitliga och ha samma prestanda och komfort som nuvarande fordon. In och urkoppling till kontaktledning måste vara helautomatisk och körupplevelsen måste vara helt transparent jämfört med nuvarande fordon. Skydd mot neddriven kontaktledning måste finnas och föreslås ske med vägräcke och stabila kontaktledningsstolpar samt ev. breddning av vägområde.

#### **Framkomlighet**

Elfordonen måste ha samma prestanda när det gäller hastighet, acceleration, retardation och baktagningsförmåga som nuvarande fordon. Omkörning måste vara likartad med nuvarande fordon.

#### **Åtkomlighet**

Dörr till dörr leveranser är viktiga även för leveranser från fjärrnätet till lokal mottagare. Elektrifiering av gaturummet i tätorter kan innebära konflikter med befintlig infrastruktur. Hybriddrift löser detta och även då åkare samlar ihop gods från flera avsändare på olika adresser.

#### **Vägutformning**

Elfordon måste rymmas inom det fria rummet, d.v.s. bredd och höjd. Fri höjd behandlas på annan plats i förstudien. Vidare får den elektriska infrastrukturen, i första hand



kontaktledningar, inte inkräkta på det fria rummet så att nuvarande fordon hindras. När det gäller särskilt höga och breda dispenstransporter måste alternativa vägar användas.

#### **Trafiksäkerhet**

Elektrisk infrastruktur, kontaktledningsstolpar, strömförsörjning, likriktarstationer, etc. måste skyddas noga mot påkörning. Prestanda för elfordon måste vara likvärdiga som för nuvarande fordon. Elfordonen ska inte behöva speciell utbildning utan upplevelsen av att köra ska vara helt transparent. Detta innebär helautomatisk på och avkoppling till kontaktledning samt övergång till och från drift med förbränningsmotor eller batteri.

#### **Vägmiljö och estetik**

Det är viktigt att gestaltning av kontaktlednings- och kraftstationssystem anpassas till omgivningen och vägen och inte upplevs som förfulande. Estetiken anförts ofta som en invändning mot en elektrifiering med kontaktledning över vägbanan. Den "visuella föroreningen" lyfts ofta fram samtidigt som minskningen av "akustisk förorening" och "luftförorening" glöms bort.

#### **Övrigt**

Det finns en konfliktrisk med andra kontaktledningssystem på gator med spårväg eller trådbuss (befintliga eller framtida) samtidigt som detta är en möjlighet att samordna den elektriska infrastrukturen.

### **4.7 Placering av kontaktledning/kontaktskena**

Strömförsörjningen till fordonen kan ske från ett system placerat över, vid sidan av eller under vägbanan. Förstudien jämför översiktligt systemen och väljer att studera ett system med kontaktledning över vägbanan liknande de som används för trådbussar, elektrifierad spårvagnar och järnväg.

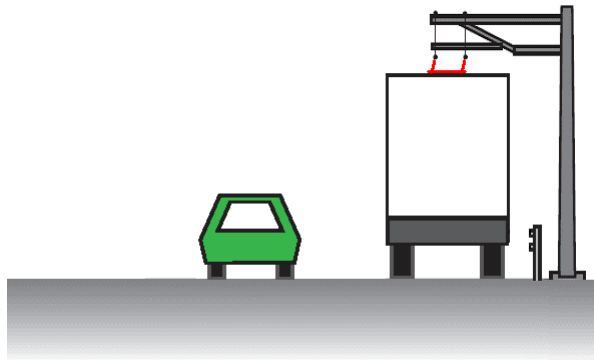
Ett av förstudiens mål är att bedöma en lösning som baserar sig på känd teknik och som snabbt genererar stora samhällsvinster. Ett snabbt genomförande kräver att tekniken är säkerhetsmässigt accepterad och standardiserad. Kontaktledning ovanför vägbanan kan lätt bedömas m.a.p. kostnader och vinster.

Förstudien bedömer att både sidomonterade och undermonterade kontaktskenor innebär säkerhetsrisker vid olyckor och underhåll. Förstudien bedömer att förändringar av nationella och internationella regler och standarder när det gäller både trafiksäkerhet och arbetsmiljö kommer att ta så lång tid att projektet fördröjs mycket eller hotas i dess helhet.

Det finns även förslag på induktiv överföring, d.v.s. utan mekanisk kontakt. Förstudien bedömer att induktion inte är aktuellt inom en överskådlig framtid för tunga fordon.

Ett resultat av förstudien är att kontaktledning och strömavtagare måste utvecklas. Detta gäller oavsett var kontaktledningen/kontaktskenan är belägen. Anledningen är att fordonen måste kunna kopplas på och kopplas av under färd. Samtidigt måste framtida utvecklingsmöjligheter och generationsskiften utredas mer utförligt innan en storskalig utbyggnad sker.

### Kontaktledning över vägbana



Trådbussar och spårvagnar tar strömmen från en kontaktledning placerad ovanför vägbanan.

Detta är en standardlösning sedan länge och är således väl beprövad och accepterad.

Kontaktledningen bärs upp av stolpar som placeras vid sidan av vägbanan eller spåret. Den kan också bäras upp av wires spända mellan husfasader.

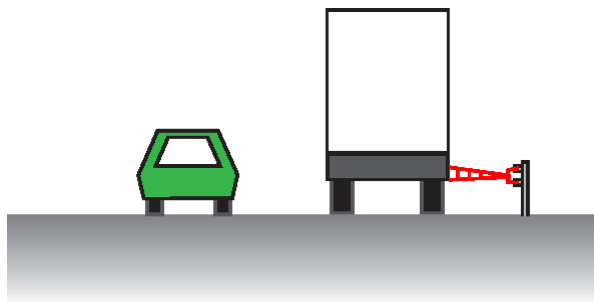
#### Fördelar

- + Lösningen existerar, är standardiserad och accepterad för vägfordon
- + Lösningen hanterar hinder vid sidan av fordon
- + Lösningen kan enkelt kvantifieras med avseende på kostnader och vinster både när det gäller investering som driftskostnader

#### Nackdelar

- Lösningen bedöms inte hantera personbilar eller andra låga fordon
- Det finns säkerhetsrisker vid nedriven kontaktledning som hamnar på vägbanan
- Nedfällda trolleystänger bedöms inverka negativt på fordonens lastutrymme

### Kontaktskena vid sidan om vägbana



Vissa spårfordon använder sig av en kontaktskena som kan vara monterad på sidan eller mellan spåren.

Denna skena brukar benämnas "third rail".

Många tunnelbanesystem använder denna lösning eftersom människor normalt inte vistas på spåren.

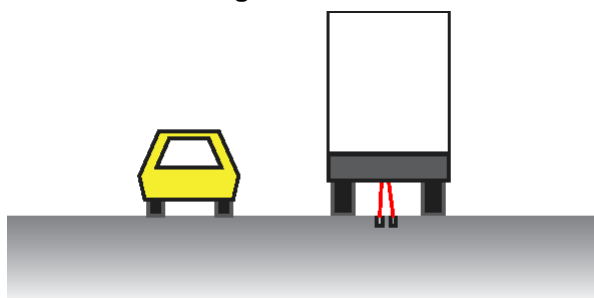
#### Fördelar

- + Lösningen kan hantera personbilar eller andra låga fordon

#### Nackdelar

- Säkerhetsrisker vid olyckor där fordonen kolliderar med strömskenan
- Säkerhetsrisker då oförutsägbara hinder uppenbarar sig vid sidan om fordon
- Försvårar arbete på vägen - elsäkerhetsbestämmelser kräver att strömmen bryts

### Kontaktskena i vägbana



I början av 1900-talet fanns lösningar där ledningarna förlades under mark och där strömmen togs upp genom en smal slits.

Systemen krävde mycket underhåll vilket ledde till att dessa lösningar fasades ut. Det finns enstaka nya system där man försöker lösa underhållsproblematiken.

På 2000-talet har lösningar dykt upp där en kontaktskena under fordonet strömsätts endast när fordonet passerar. Fordonet, företrädesvis spårvagnar, kommunicerar trådlöst med kontaktskenan och strömsätter det segment som för tillfället befinner sig under fordonet. Systemet är teoretiskt elegant men kräver omfattande underjordisk infrastruktur vilket i vissa fall har inneburit omfattande och kostsamt underhåll. Det finns dessutom en ev. hälsorisk p.g.a. de magnetfält som alstras i samband med till- och frånslag av elektrisk ström.

#### **Fördelar**

- + Lösningen kan hantera personbilar eller andra låga fordon

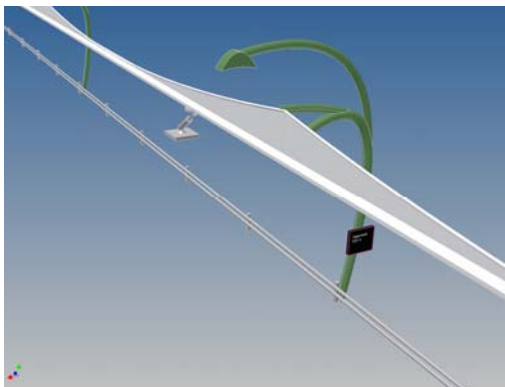
#### **Nackdelar**

- Säkerhetsrisker vid olyckor där fordon hamnar på strömskenan
- Försämrad friktion innebär förlängda bromssträckor
- Försämrad friktion kan leda till sladd vid kursförändringar
- Kan skapa vattensamlingar vilket kan leda till vattenplaning
- Skapar säkerhetsproblem för motorcyklar
- Kan innebära säkerhetsrisker vid tjälskador
- Försvårar byte av beläggning
- Försvårar arbete på vägen - elsäkerhetsbestämmelser kräver att strömmen bryts
- Ev. hälsorisk p.g.a. de magnetfält som alstras

#### **Induktion**

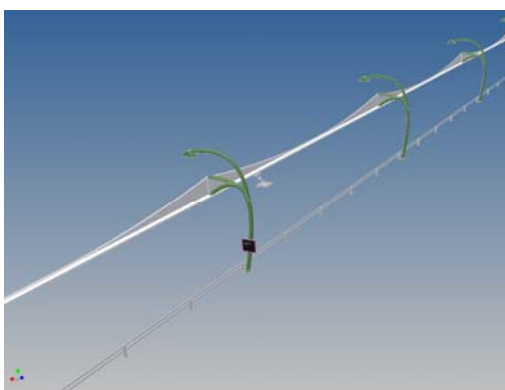
Med induktion menas här elektrisk överföring utan mekanisk kontakt. Förstudien bedömer att överföring med induktion inte är aktuellt inom en överskådlig framtid för tunga fordon. Energiförlusterna ökar med avståndet mellan induktionsplattorna och förstudien bedömer att det praktiska avståndet för aktuell fordonstyp kommer att innebära stora energiförluster. Till detta kommer problem när vägbeläggning och underhållsåtgärder ska genomföras samt givetvis högre monetära kostnader och miljökostnader. Det finns en ev. hälsorisk med de magnetfält som alstras i samband med induktiv överföring.

## 4.8 Framtidens kontaktledning/kontaktskena

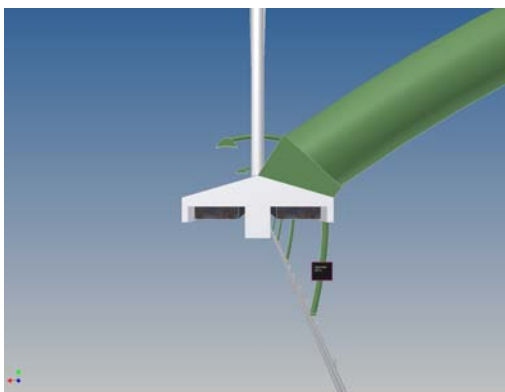


Ett resultat av förstudien är att kontaktledning och strömavtagare förmodligen måste vidareutvecklas. Detta gäller oavsett var kontaktledningen/kontaktskenan är belägen. Anledningen är att fordonen måste kunna kopplas på och kopplas av under färd.

Förstudien bedömer att bl.a. följande frågor måste adresseras när denna utveckling sker:



- Kontaktskenan måste skyddas mot väder och vind för att motverka gnistbildning vid t.ex. minusgrader.
- Belysning integreras
- Informationstavlor integreras
- Andra material studeras i syfte att minska miljöbelastningen.
- Strömskenor för större effektuttag
- Styvare utförande för högre farter och effektivare på- och avkoppling.
- Uppgradering och ev. generationsskiften



## 5 EKONOMI

### 5.1 Vilka kostnader kan förväntas vid utbyggnad av infrastrukturen

Den samlade bedömning är att en elektrifiering av en väg i båda riktningarna kostar ca 10 mnkr/km.

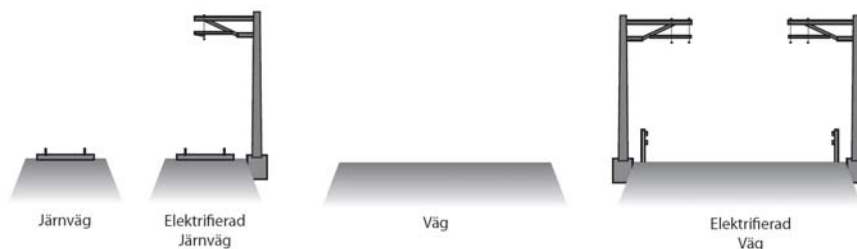
#### Antaganden

För att bedöma kostnaden för att elektrifiera vägar så jämförs kostnaden för att:

- Elektrifiera järnväg
- Upprustning av kontaktledning över järnväg
- Etablering av trådbuss

Vid jämförelse med järnväg måste kostnaderna justeras med tillkommande kostnader. Detta är kostnader som tillkommer p.g.a. olika förutsättningar:

- En (1) extra kontaktledning i varje färdriktning (gummihjulsfordon kräver 2 ledningar)
- likriktarstationer (krävs p.g.a. lägre spänning och likström)
- skyddsräcke (för att undvika nedkörning av stolpar)



Observera att järnväg ofta är enkelspårig och vägar företrädesvis är dubbelriktade. Detta innebär att en omräkning måste ske. **Omräkning från enkelspår till tvåfält** sker med faktorn två (2) i beräkningarna. Vi bortser från ev. skal- och samordningseffekter.

#### Elektrifiering av järnväg

Två aktuella elektrifieringar från Banverkets hemsida har valts. Detta är således uppskattade budgetkostnader:

- Boden - Karlsborgsbruk, elektrifiering av enkelspår 115 km, kostnad 283 mnkr
- Kristinehamn – Nykroppa, elektrifiering av enkelspår 38 km, kostnad 107 mnkr

Detta innebär att kostnaden per kilometer blir:

- Boden - Karlsborgsbruk kostar 2,46 mnkr/km
- Kristinehamn - Nykroppa kostar 2,82 mnkr/km

Omräknat till dubbelspår blir kostnaden per kilometer:

- Boden - Karlsborgsbruk kostar 4,92 mnkr/km
- Kristinehamn - Nykroppa kostar 5,64 mnkr/km

Vi bedömer att överensstämmelsen är godtagbar om man tar hänsyn till skillnaden i längd.

### Utbyte av elsystem resp. utbyte av kontaktledning

Ett aktuellt utbyte av elsystem och ett utbyte av kontaktledning från Banverkets hemsida har valts. Detta är således uppskattade budgetkostnader:

- Laxå - Falköping, utbyte av elsystem, **dubbelspår** 115 km, kostnad 700 mnkr
- Frövi - Jädersbruk, utbyte av kontaktledning, enkelspår 30 km, kostnad 45 mnkr

Detta innebär att kostnaden per kilometer blir:

- Laxå - Falköping kostar 6,1 mnkr/km
- Frövi - Jädersbruk kostar 1,6 mnkr/km, omräknat till dubbelspår blir kostnaden 3,2 mnkr/km

Alternativ "Laxå – Falköping" bör rimligtvis vara mer kostsamt eftersom:

- hela elsystemet byts ut
- utbytet sker under drift på en mycket trafikerad sträcka

Vi bedömer att "Laxå-Falköping" korrelerar tämligen bra med kostnaderna från "Elektrifiering av järnväg" om hänsyn tas till att utbytet sker under drift på en kraftigt trafikerad sträcka.

### Tillkommande kostnader

För att elektrifiera en väg krävs ytterligare infrastruktur jämfört med järnväg:

- Gummihjulsfordon fordrar ytterligare en kontaktledning (ström kan ej återleda via räls)
- Fordonen antas drivas med 750 V likspänning. Fordon på järnväg drivs i Sverige med 16 000 V växelspanning. Sammantaget kan detta innebära skillnader i antal och prisnivå för likriktarstationer och transformatorstationer. I aktuellt fall är skillnaden noll.
- Skyddsräcke för att undvika att systemet rivs ned om ett fordon kör in i en kontaktledningsstolpe

<b>Benämning</b>	<b>mnkr/k</b>
Extra tråd (1+1)	2
Likriktarstation ( ~transformatorstation)	0
Extra vägräcke (1+1)	2
<b>Totalt</b>	<b>4</b>

Ovanstående kostnad tillkommer per kilometer vid elektrifiering av 2 körfält.

### Totalkostnaden för elektrifiering av väg

Utgående från ovanstående kostnader m.a.p. elektrifiering resp. utbyte av elsystem och sammantaget med tillkommande kostnader bedöms totalkostnaden för elektrifiering av väg till 10 mnkr/km.

### Etablering av trådbuss

I Landskrona etablerades 2003 en trådbusslinje med längden tre (3) km. Den trafikerades ursprungligen av tre (3) trådbussar men ytterligare en (1) är beställd och levereras under 2010.

Från etableringen finns bra kostnadsredovisning. Hela anläggningen inklusive tre (3) fordon kostade ca 45 mnkr. Anläggningen exkl. fordon kostade ca 30 mnkr vilket innebär att varje km kostade ca 10 mnkr. Detta är således verkliga kostnader.

Vi bedömer att denna kostnad korrelerar tämligen bra med "Totalkostnaderna för elektrifiering av väg" om hänsyn tas till att:

- Trådbussetableringen bedöms bli billigare vid en längre dragning [än 3 km]
- Väggräcken finns inte i trådbussfallet, däremot lades stor omsorg ned för att få en estetisk tilltalande integration i stadsmiljön vilket bedöms vara kostnadsdrivande

## 5.2 Vilka kostnader kan förväntas för drift och underhåll?

Vi bedömer att drift och underhåll av elektrisk infrastruktur kostar 2,5 % av investeringen årligen. Med en investeringskostnad om 10 mnkr/km blir således den årliga kostnaden för drift och underhåll av elektrisk infrastruktur ca 25 000 kr/km.

## 5.3 Finansiering

Förstudien gör ingen helhetsbedömning när det gäller finansieringen av utbyggnaden och föreslår att denna fråga utreds separat. Utbyggnaden föreslås ske på samma sätt som annan nationell infrastruktur, d.v.s. genom statlig finansiering. Ett utbyggt system med elektriska vägar ger samhället möjlighet att styra, beskatta och avgiftsbelägga transporter på nya sätt och med fler variabler:

- tillgång och efterfrågan på energi
- ledig kapacitet på vägnätet
- samhällets önskemål om när tunga transporter ska ske

Detta kan exemplifieras med:

- Natt-taxor - kan styra transporter till när energin är billig
- Helg-taxor - kan minska tunga transporter när många personbilar är på vägarna
- Rusningstids-taxor - kan minska trängseln på vissa vägvägnitt vid vissa tidpunkter

Effekterna av ovanstående exempel är inte utredda m.a.p. effekterna för nyttig trafiktid och transportmedelsutnyttjande. Givetvis måste detta system anpassas m.a.p. befintliga fordon, befintlig beskattning och frågan om den tunga trafikens betalningsansvar.

## 5.4 Preliminära nettonuvärdeskvoter för aktuella sträckor

Den kompletta samhällsekonomiska kalkylen återfinns i bilagan "Samhällsekonomisk kalkyl". En kort sammanfattning av kalkylen presenteras här.

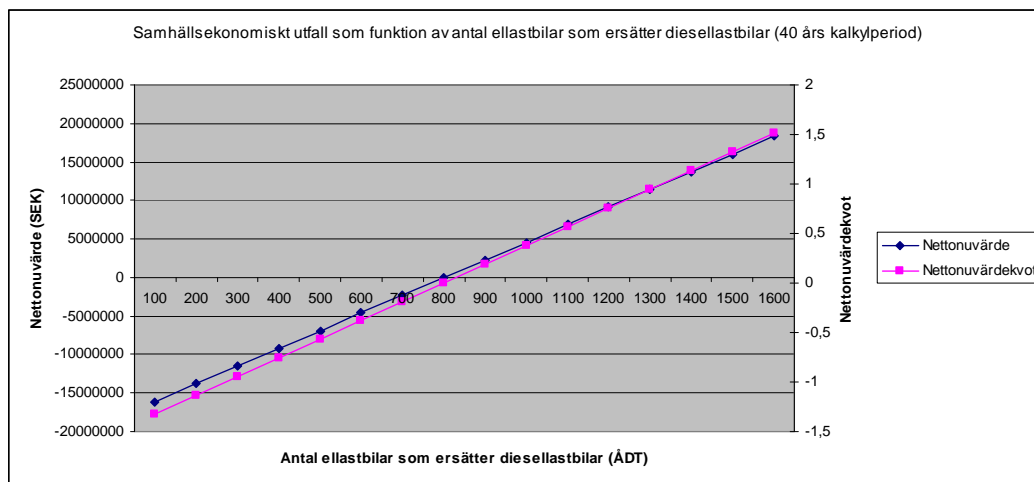
### Inledning

Den samhällsekonomiska kalkylen visar i övergripande termer utfallet av att elektrifiera väg E4 mellan Södertälje och Helsingborg, en sträcka på 558 km, och föra över en andel av lastbilstrafiken från diesel- till eldrift. Det bör noteras att även om kalkylen "till namnet" gäller en specifik sträcka är alla kostnadsuppskattningar och beräkningar schablonmässigt utförda. Kalkylen är därmed i princip giltig för vilken sträcka som helst med samma volym tung trafik.

### Resultat och diskussion

Samhällsekonomiskt skulle den rörliga kostnaden för tung trafik minska med runt 30 kr/mil om lastbilar drevs med el istället för diesel. Detta omfattar de besparingar som görs i energiförbrukning samt minskade kostnader för utsläpp av koldioxid och luftföroreningar. Kostnaden för att bygga kontaktledningar och säkerhetsbarriärer (samt underhåll av dessa anläggningar) är dock höga. Vidare är lastbilar för eldrift dyrare i inköp än diesellastbilar, men det är en ganska liten post i kalkylen.

Resultatet av den samhällsekonomiska kalkylen visar att investeringen inte är lönsam om endast 10 procent av trafiken överförs. Först om ca 35 procent av den tunga trafiken på E4 mellan Södertälje och Helsingborg övergår till eldrift kan en investering i elektrifiering av vägen motiveras samhällsekonomiskt.



### Sammanfattning

Det krävs att ganska stora volymer trafik flyttas över till eldrift för att en investering av det slag som skisserats här ska bära sig samhällsekonomiskt. Det negativa värdet vid ÅDT=0 speglar investerings- och underhållskostnaden för infrastruktur. Att linjen har en positiv lutning visar att varje ellastbil som ersätter en diesellastbil bidrar positivt till det samhällsekonomiska utfallet (vilket beror på att besparingar på drivmedel och emissioner tar ut merkostnaden för ellastbilar.) Sambandet gäller inte bara för Södertälje-Helsingborg utan för godtyckligt objekt förutsatt att kostnader och andra kalkylförutsättningar är desamma som här. Minst 800 diesellastbilar (per dag) måste ersättas av ellastbilar för att investeringen ska bära sig samhällsekonomiskt. Detta scenario är troligtvis sannolikt endast på vägar med mycket stora trafikvolymer.

## 5.5 Vilka immateriella rättigheter (IPR) finns och vem äger dem?

Immateriella rättigheter, Intellectual Properties and Rights, IPR, innefattar patent, varumärken etc.

Generellt bedöms möjligheten att skydda ett system som "Elektriska vägar" eller delar av det som små.

Vi har endast en referens där det hävdas att det finns immateriella rättigheter till ett liknande system. Referensen är en tysk hemsida, [www.trolleytruck.eu](http://www.trolleytruck.eu) som var aktiv när denna förstudie levererades (2010-04-30). Systemet som där beskrivs har likheter med förstudiens system "Elektriska vägar". Informationen är dock mycket översiktlig och vi har inte i detalj studerat systemet. Det hävdas att systemet är patentsökt. Den samlade bedömning är dock att systemet i sig är svårt att skydda genom patent etc.

När det gäller enskilda komponenter bedöms det finnas ett värde i att göra en sökning på gamla och nya patent. Som framgår av förstudien finns ett behov av en ny typ av intelligent strömavtagare och kontaktskena. Befintliga lösningar, d.v.s. trådbusslösningen eller järnvägslösningen adresserar inte behovet av att koppla in eller koppla ur fordon till kontaktledningen under gång.

Ett patent kan både vara ett hot och en möjlighet:

- Möjlighet för en patentinnehavare att kommersialisera sin idé



- Hotet att ett patent hindrar eller fördyrar ett effektivt genomförande

Den samlade bedömningen är att det finns ett värde av att undersöka:

- om det finns befintliga patent
- möjligheten att söka patent i preventivt syfte
- möjligheten att öppet publicera en konstruktion i syfte att förhindra en monopolsituation

## 5.6 En bedömning av sekundära effekter

Med sekundära effekter avses här affärsmöjligheter i samband med infrastrukturutbyggnaden, fordonstillverkning, etc.

Förstudien bedömer att det finns en stor möjlighet för svensk industri att samverka och erbjuda en komplett systemlösning internationellt. En sådan systemlösning innefattar infrastruktur, fordon, kommunikation och kraftförsörjning. Marknaden bedöms i första hand vara andra länder och affärsupplägget är förmodligen detsamma som när svensk försvarsindustri erbjuder komplexa systemlösningar.

En komplett systemlösning bedöms erbjuda möjligheten till mervärden både för leverantörer och för kunder. Genom att erbjuda en helhetslösning kan långtgående krav på funktion erbjudas, något som en kund bedöms kunna betala extra för.

Förutom systemlösning bedöms kommersiella möjligheter finnas:

- I samband med infrastrukturutbyggnaden
- För fordonstillverkare som kan addera värde till sina fordon genom att erbjuda mer värde i form av hybridlösningar och intelligent system för av- och påkoppling
- För leverantörer av elektriska komponenter och elektrisk kraft
- För leverantörer av telekommunikationsutrustning som styr och bokför energiåtgång, vägavgifter, trängselskatter, mm.

Ovanstående affärsmöjligheter kan exemplifieras genom:

- Specialiserade företag som etablerar nödvändig infrastruktur
- Även en kraftig prishöjning på lastbilschassiet kommer att påverka fordonets totalkostnad måttligt.
- Marknaden för kontaktledning, stolpar, likriktarstationer, etc. utökas
- Elbehovet ökar.

Det finns förmodligen andra affärsmöjligheter förutom ovanstående som är uppenbara för driftiga företagsledare och entreprenörer.

## 5.7 Vilka är tänkbara hinder för att aktörer skall nyttja driftsatt system?

Tänkbara hinder för att aktörer inte ska bruka systemet bedöms vara de problem och utmaningar som beskrivs i bilagan "Trafik och logistik". Förstudien förutsätter att systemet uppfyller samtliga kriterier för vägutformning och trafiksäkerhet samt bortser från vägmiljö och estetik. Då bedöms de största hindren för nyttjandet att vara:

- Tillförlitlighet

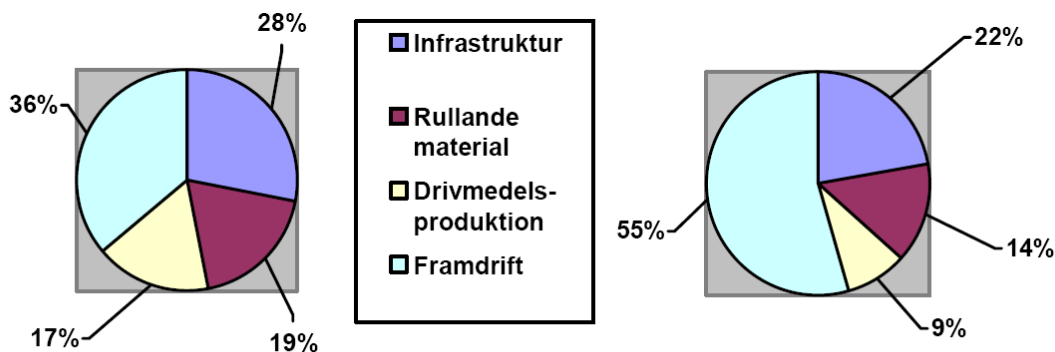
- Transporteffektivitet
- Arbetsmiljö
- Framkomlighet
- Åtkomlighet

Ovanstående hinder finns också sammanfattade under punkten "Hur påverkar systemet de logistiska aspekterna".

Eftersom fraktare och fraktköpare befinner sig i en marknad med stark konkurrens så är kraven på tillförlitliga och effektiva transporter som kan konkurrera med befintliga lösningar med avseende på framkomlighet och åtkomlighet en förutsättning för att systemet ska nyttjas. Visserligen är bedömningen att elektriska transportsystem har så stora ekonomiska incitament så att vissa inskränkningar kan vara acceptabla med avseende på arbetsmiljö, framkomlighet och åtkomlighet. Inskränkningar kan dock hämma utbyggnadstakten och systemets prestanda m.a.p. energi- och miljö.

## 6 ENERGI, MILJÖ OCH KLIMAT

Förstudien gör en bedömning av energi, miljö och climateffekter där även produktion av infrastruktur inkluderas. Produktion av infrastruktur står för en betydande andel av den totala andelen av energi under systemets livscykel. Detsamma gäller växthusgaser. Denna indirekta energi och klimatpåverkan glöms ofta bort i resonemang kring energi och klimatpåverkan. Miljöbelastningar ur ett livscykelperspektiv analyseras under "Miljöanalys".



**Diagram S1. Energianvändning i spårsektorn**

**Diagram S2. Energianvändning i vägsektorn**

Indirekt energi<sup>8</sup> står för en betydande andel av energi under ett systems livscykel.

### Besparingspotential i driftskedet

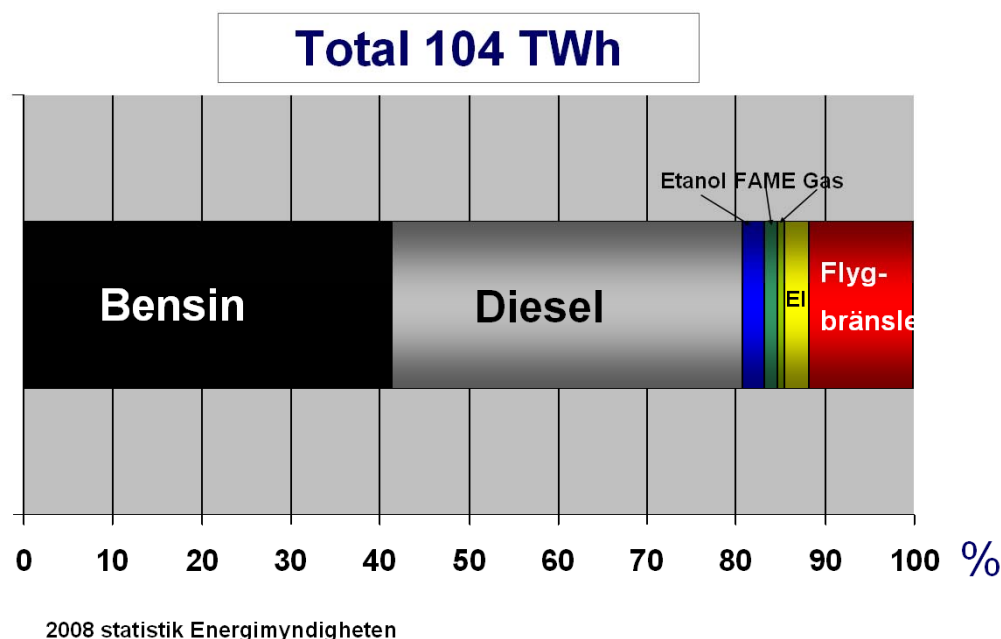
En elektrifiering av den tunga vägtrafiken har följande besparingspotentialer nationellt:

- Energiförbrukningen kan minska med 10 TWh, ca 10 % av den nationella energianvändningen inom transportsektorn
- Dieselförbrukningen kan minska med 1400 miljoner liter, ca 35 % av den nationella dieselförbrukningen inom transportsektorn
- Utsläppen av CO<sub>2</sub> kan minskas med 4,2 Mton, ca 9 % av de totala fossila koldioxidutsläppen

Ovanstående förutsätter 100 % elektrifiering av den tunga vägtrafiken, något som kan ta relativt lång tid, 20 år eller mer.

Om man däremot fokuserade på att elektrifiera "triangeln" mellan Göteborg, Malmö och Stockholm i kombination med incitament för en snabb omställning av fordon skulle bara den åtgärden kunna innebära en reduktion av 1 Mton koldioxid per år vilket motsvarar drygt 2% av Sveriges utsläpp av växthusgaser från fossila bränslen.

## Energianvändning inom transportsektorn 2008

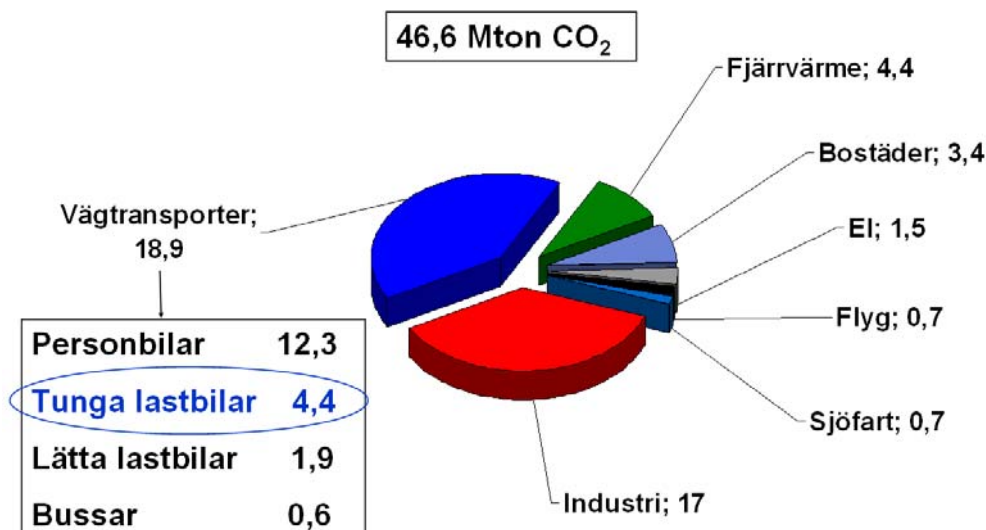


Den totala energiförbrukningen inom transportsektorn 2008 var 104 TWh. Totalt i Sverige förbrukades 4000 miljoner liter diesel varav lätta och tunga lastbilar förbrukar 2000 miljoner liter diesel.

Varje liter diesel innehåller 10kWh vilket innebär att alla lätta och tunga lastbilar förbrukar totalt 20 TWh energi. Andelen tunga lastbilar bedöms svara för 70 % av alla lastbilars energiförbrukning, d.v.s. 14-15 TWh. En elektrisk motor bedöms vara ca 3 ggr effektivare än en förbränningsmotor. Detta innebär att vid 100% elektrisk drift av alla tunga lastbilar åtgår ca 5 TWh elenergi.

Energibesparingspotentialen är totalt 10 TWh och samtidigt kan 1400 miljoner liter diesel sparas.

## Totala fossila koldioxidutsläppen i Sverige 2008



De totala fossila CO<sub>2</sub>-utsläppen i Sverige 2008 uppgick till 46,6 Mton varav de tunga lastbilarna stod för 4,4 Mton. Svensk el-mix innebär 97% CO<sub>2</sub>-fri el vilket innebär en nationell besparingspotential omfattande 4,26 Mton CO<sub>2</sub> d.v.s. 9 % av de totala fossila koldioxidutsläppen.

### 6.1 Vilken energianvändning (anspråk på elkraft) följer av en elektrifiering?

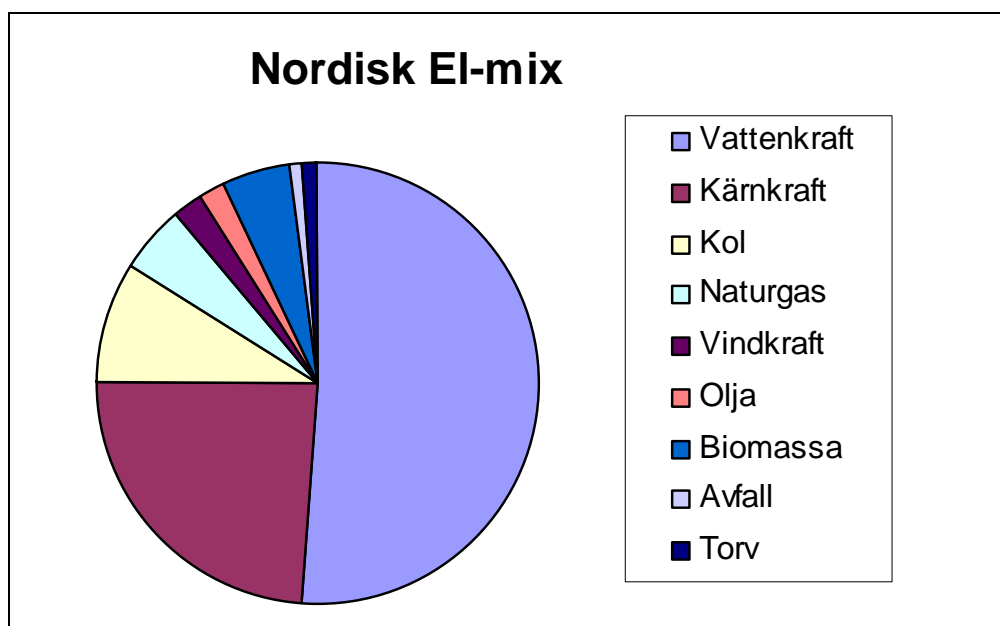
Förstudien bedömer att samtliga tunga lastbilar i den aktuella storleksklassen och i Sverige kan drivas med 5 TWh vilket innebär mindre än 3 % av Sveriges nuvarande elbehov.

### 6.2 Finns den energimängden tillgänglig på elmarknaden?

Ett ökat elbehov om 3 % bedöms rimligt att kompensera med effektiviseringar i det övriga samhället. Det är alltså en ringa ökning av elbehovet för att elektrifiera de tunga godstransporterna och övergången till bedöms dessutom ske under ett antal år.

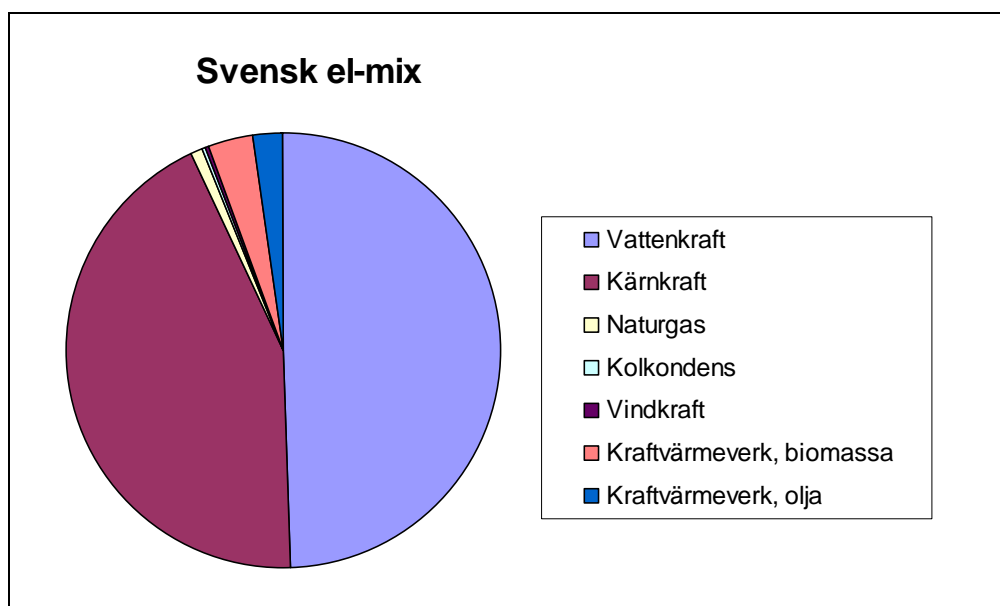
### 6.3 Hur fördelar sig primärkällorna för den elen?

Elen på den svenska marknaden är en blandning av den el som produceras i de Nordiska länderna. Sammansättningen framgår av diagrammet nedan.



Figur: Nordisk el-mix 2002-2006

I beräkningarna har vi utgått ifrån Nordisk el-mix eftersom det är den blandning som tillhandahålls om inget separat avtal har träffats.



Figur: Svensk el-mix 2002-2006

Om de elektriska vägarna försörjs med el enligt svensk el-mix blir beräkningarna förmånligare ur ett CO<sub>2</sub>-perspektiv.

## 6.4 Miljöanalys

En miljöanalys har genomförts på systemet med hjälp av metoden "Miljöbelastningsprofilen". Metoden utvecklades på uppdrag av Energimyndigheten av Grontmij i samarbete med Stockholms Stad och Institutionen för Industriell Ekologi på KTH. MBP är ett livscykelbaserat verktyg och tar hänsyn till resursutnyttjande och emissioner i hela livscykeln, från produktion till avveckling. Miljöanalysen beskrivs i sin helhet bilagan "Miljöanalys".

Resultatet av miljöanalysen är:

- En omställning av framdriften av tung trafik till el ger en stor miljövinst både i form av ett reducerat behov av energiråvara men framförallt i form av CO<sub>2</sub>-emissioner.
- Med relativt små insatser kan man tillhandahålla en infrastruktur för eldrift på våra stora riksvägar och på så sätt snabbt skapa förutsättningar till minskat behov av fossila bränslen och minskade utsläpp av växthusgaser.
- Om till exempel triangeln mellan våra tre största städer elektrifierades i kombination med incitament för en snabb omställning av fordon skulle bara den triangeln kunna innebära en reduktion av 1 Mton koldioxid per år vilket motsvarar drygt 2% av Sveriges utsläpp av växthusgaser från fossila bränslen.

## 6.5 Marginalel

En ofta återkommande diskussion i Sverige är miljövärdering av el eller marginalet. Marginalet diskuteras speciellt i samband med elvärmepumpar och elfordon.

Marginalet anses av många vara synonym med kolkondensproducerad el främst från Danmark eller Tyskland. Det är dock idag inte ett korrekt betraktelsesätt att det alltid skulle vara kolkondenskraftverk på marginalen. Marginalet förändras nämligen mycket, både under ett enskilt år men framför allt i framtiden. Det senare påverkar vilken el som ligger på marginalen.

Miljövärderingsprincip förefaller ofta väljas för att passa det man propagerar för. De som vill ha minskad elanvändning utnyttjar företrädesvis fossilproducerad marginaldata för el, medan de som vill ha mer elanvändning tenderar att välja genomsnittsdata idag eller mer korrekt; den framtida elproduktionens miljödata. Valet av miljövärderingsprincip för el får helt avgörande effekt på resultaten på hur stor miljöbelastningen blir.

Om marginalet utnyttjas för miljövärdering av el är det viktigt att vara medveten om att vi i morgon kan ha en helt annan elproduktionsapparat i Sverige, Norden och Europa och att det därmed kan ligga helt annan produktion på marginalen. Om beslut fattas med utgångspunkt från dagens, eller till och med gårdagens, marginalproduktion kan det bli helt fel eftersom beslutet kan avse investeringar med 30 års livslängd. Elproduktionssystemet kan ändras mycket under dessa år och annan elproduktion än fossil kan komma att utgöra marginalproduktionen.

Idag är 97 procent av den svenskproducerade elen klimatvänlig eller fossilfri. Vattenkraften och kärnkraften står för 90 procent medan resterande fossilfria elen på 7 procent består av bioenergi 6 procent och vindkraft 1 procent.

Utbyggnaden av den svenska elproduktionen sker idag med el från bioeldade kraftvärmeverk, vindkraftverk och uppgradering av befintliga vatten- och kärnkraftverk. Vidare konverteras existerande kraftvärmeverk till biobränsle. Sammantaget innebär det att den svenska elproduktionen i framtiden är både fossilfri och kommer att ha ett överskott för export.

Metoden för det framåtblickande perspektivet bör därför användas. Den ökning av elbehovet vi ser i Sverige är inom värmesektorn med sina eldrivna värmepumpar av olika slag samt elfordon. Det ökade elbehovet kompenseras väl med den effektivisering som sker på elsidan i form av lågenergibelysning och fler varvtalsreglerade elmotorer, d.v.s. el som spar el.

Utgående från ovan är det felaktigt att tala om marginalet från fossila bränslen i Sverige i framtiden.

Istället bör debatten inriktas på hur mer elanvändning långsiktigt påverkar miljön och spar fossil energi och därmed minskar det fossila beroendet i Sverige. Detta är möjligt såväl inom värmesektorn med sina elvärmepumpar, som inom transportsektorn med sina kommande laddningsbara elbilar, trådträdare, trådbussar, spårvagnar och höghastighetståg.

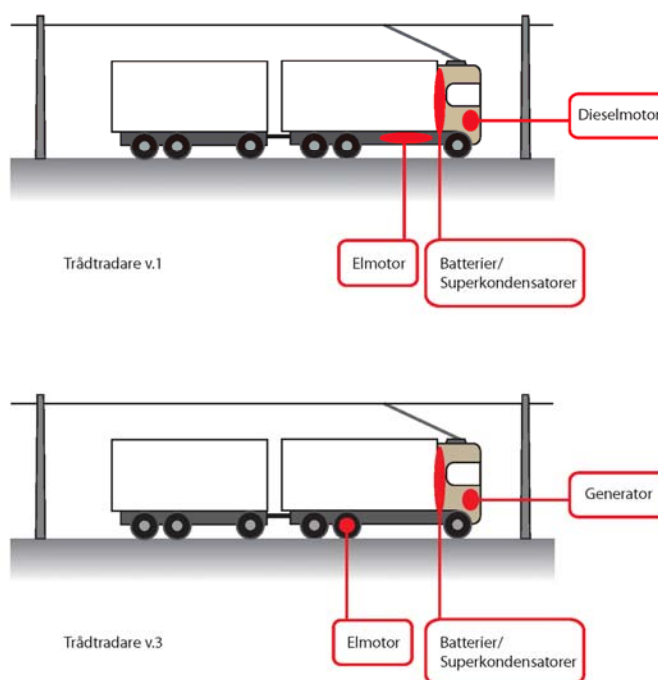
## 7 FORDON

Fordon ingår inte i förstudien men för att kunna bedöma och kvantifiera systemet så gör vi översiktliga antaganden när det gäller fordon och fordonsutveckling.

Fordonen ska ge en fullständig "transparent" körupplevelse, d.v.s. de ska upplevas som ett helt vanligt fordon. Fordonet ska på egen hand, automatiskt, hantera de olika driftlägena såsom eldrift via kontaktledning, förbränningsmotordrift och/eller eldrift från batteri/superkondensator. Automatiken innefattar således på och avkoppling från kontaktledning helt utan förarens interaktion.

### 7.1 Hur ser tekniken ut

Förstudien förutsätter att fordonen är av hybridtyp och kan drivas på minst två (2) sätt. Fordonet kan alltså drivas antingen med el från kontaktledning eller batteri eller av en förbränningsmotor eller en kombination. Beroende på hur hybridfordonen fungerar i detalj och givetvis hur de marknadsförs så finns olika benämningar. Förstudien försöker att använda benämningen hybrid även om det i vissa fall kan uppfattas olika som t.ex. duolösning, batterireserv och "range extenders". Förstudien bedömer fordonsutveckling enligt:



- Generation "version 1" är fordon med traditionell drivlina och där den elektriska drivningen konstruktivt hanteras som en "add-on". Denna generation kan även vara en mycket enkel konvertering med en extra elektrisk drivaxel som eftermonteras.
- Generation "version n" är fordon där den elektriska drivningen konstruktivt är helt integrerad med elektrisk drivlina och eventuellt navmonterade elmotorer, högpresterande batterier/super-kondensatorer och ev. en förbränningsmotor-driven generator, s.k. "range extender".



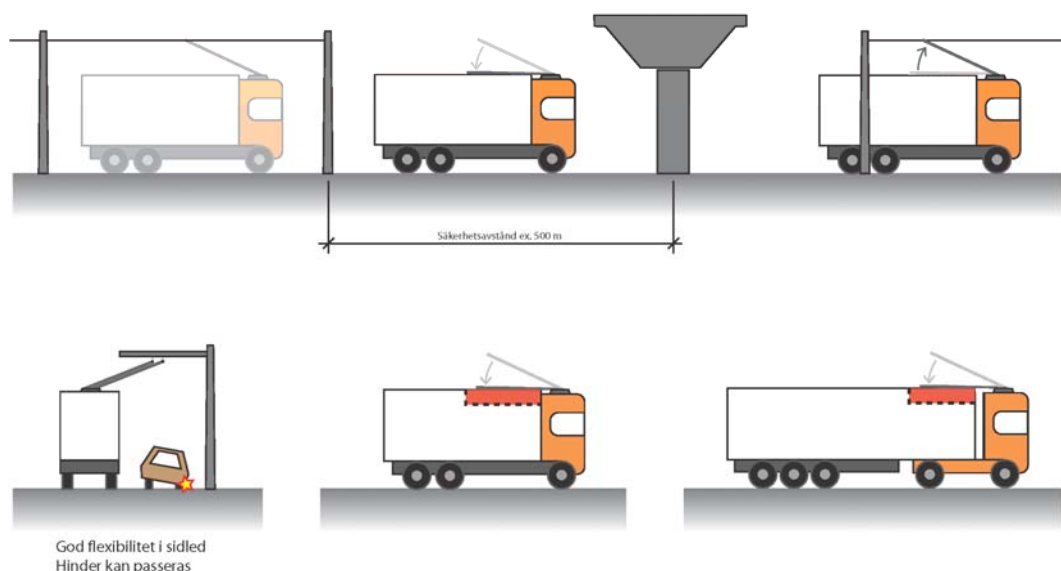
Fordonen drivs med 750 V likspänning. Detta är vanligt förekommande internationellt för elfordon i närheten av människor, som t.ex. spårvagn och trådbuss. Som jämförelse kan nämnas att järnvägsfordon drivs i Sverige med 16 000 V växelspanning.

### Takmonterade och dynamiska strömavtagare

Strömförsörjningen till fordonen kan ske från ett system placerat över, vid sidan av eller under vägbanan. Förstudien jämför översiktligt systemen under infrastruktur.

Förstudien väljer att studera ett system med kontaktledning över vägbanan liknande de som används för trådbussar, elektrifierad spårvagnar och järnväg.

Fordonen som här avses är försedda med strömavtagare som kan ansluta till en kontaktledning eller kontaktskena under färd. En sådan konstruktion har ej identifierats men bedöms kunna utvecklas med en relativt begränsad insats och med befintlig teknik.



Koncept Trådbuss

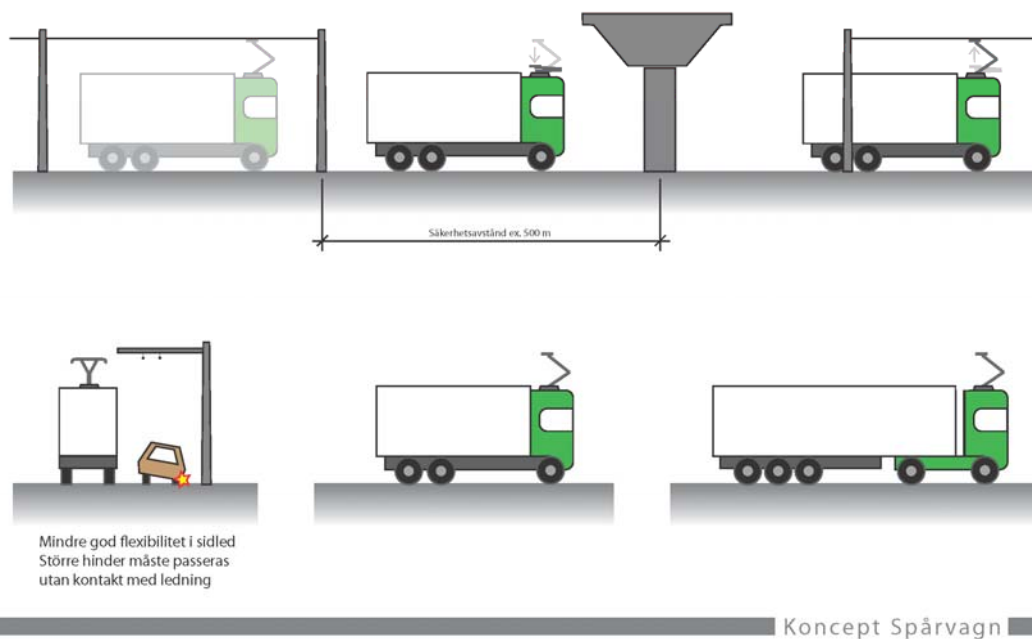
Figurena visar fordon med traditionell strömavtagare modell trådbuss

### Hur snabbt är tekniken tillgänglig

Förstudien bedömer att alla ingående komponenter för att bygga elektriska långtradare finns eller går att utveckla med begränsade insatser.

Det finns svenska leverantörer av fordon som t.ex. bussar, sopbilar och stridsfordon som drivs med hybridteknik. Det finns också svenska leverantörer av komponenter som elmotorer, elektrifierade bakaxlar, batterier, strömavtagare, etc.

Den största tekniska utmaningen bedöms vara att utveckla en strömavtagare som kan kopplas till och från kontaktledningen under färd. Parallellt med detta bedöms en utveckling av kontaktledning/kontaktskena ske för att funktionen ska bli optimal.



Figurerna visar fordon med traditionell strömavtagare modell och spårvagn.

### Vilket intresse finns från fordonsindustrin att delta i en demonstration?

Det finns ett intresse från fordonsindustrin att utveckla elektriska tunga fordon på sikt. Det som är avgörande är om det finns elektrisk infrastruktur eller inte. Fordonsindustrin kan givetvis inte utveckla elfordon utan garantier för att infrastruktur byggs. Bedömningen är att om den elektriska infrastrukturen garanteras så kommer fordonsindustrin att producera fordon

## 7.2 Hastigheten med elledning

Förstudien har bedömt möjligheten att kunna framföra tung trafik med samma hastighet som dagens tunga trafik. Idag är maximal hastighet för tunga lastbilar 80 km/h. Man kan också tänka sig elektrifierade långfärdsbussar och för dem gäller 100 km/h.

Trådbussar kan vanligtvis utnyttja en högsta hastighet om 60-70 km/h. Det finns dock trådbusslinjer där hastigheter uppåt 80 km/h förekommer.

Elektriska järnvägsfordon framförs i mycket höga hastigheter, i vissa fall över 300 km/h. I detta fall är dock avståndet mellan fordon och kontaktledning tämligen konstant.

En utmaning när det gäller att framföra elektriska vägfordon är vägbanans beskaffenhet, speciellt med tanke på ojämnheter, speciellt korta "gupp" som tjälkador och "potthål". En strömavtagare måste således vara både följsam med ett konstant tryck mot kontaktledningen samtidigt som den utsätts för dynamiska belastningar i form av fartvind.

Förstudien bedömer att både strömavtagare och kontaktledning måste utvecklas för att erbjuda högre hastigheter oavsett om strömavtagaren är modell trådbuss eller modell spårvagn/tåg. Denna utveckling bedöms som tekniskt genomförbar.

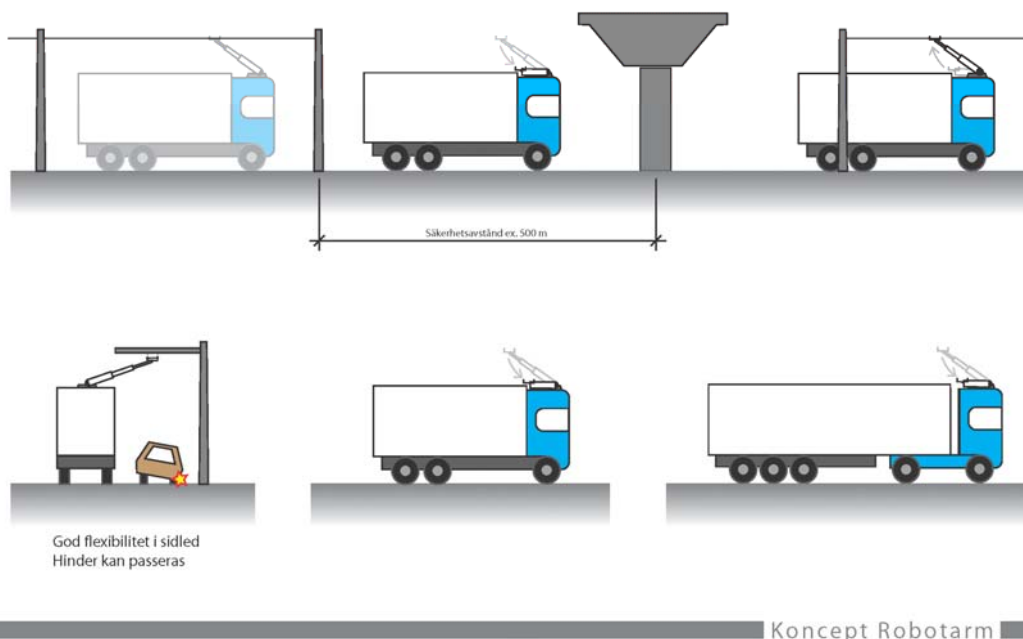
### 7.3 Koppla upp och ner, snabbheten

Vi bedömer att trådfordonen måste kunna "koppla från" och "koppla till" strömvtagaren från kontaktledningen tämligen ofta och snabbt vid t.ex. på och avfart, omkörningar, viadukter, tunnlar, etc.

Befintliga strömvtagare på tåg, spårvagnar och trådbussar är inte tänkta att "koppla från" och "koppla till" mer än enstaka gånger per dag.

En "intelligent strömvtagare" hanterar existerande infrastruktur och passar på nya elfordon. Med intelligent strömvtagare menas här en strömvtagare som automatiskt bryter strömmen i fordonet, lösgör strömvtagaren från kontaktledningen och när hindret passerats ansluter strömvtagaren till kontaktledningen vartefter strömmen kopplas till och in i fordonet.

Fördelen med en intelligent strömvtagare, i kombination med hybriddrift, är att den löser alla problem m.a.p. fri höjd men också körsituationer som påfart och avfart, omkörningar, nödsituationer, etc. etc.



Figuren visar fordon med nyutvecklad intelligent strömvtagare modell "robotarm".

### 7.4 Fordonsekonomi

Med dagens skattesatser bedöms elektriska tunga fordon vara mycket intressanta för marknaden. Översiktliga kalkyler indikerar en besparingspotential av 30 kr/mil. För ett fordon som tillryggalägger 20 000 mil/år bedöms investeringen återbetald efter drygt ett år.

För att få en uppfattning av hur intressanta elektriska långträdare är för marknaden så görs följande översiktliga bedömning.

- Kalkylen baseras på skillnaden mellan vanliga fordon och elektriska fordon, d.v.s. övriga kostnader bedöms vara likvärdiga
- Inköpspris för chassi och hytt sätts till 1 000 000 kr

- En ökad nyanskaffningskostnad med 50 % är en bedömning baserad på relationen mellan andra hybridfordon.
- Hänsyn har ej tagits till att övergång till eldrift bedöms minska behov av service och underhåll och förlänga fordonets teknisk-ekonomiska livslängd.
- Lönekostnader och rörliga kostnader bedöms likvärdiga undantaget drivmedel.

#### Beräkning av årlig kostnad

Ökad nyanskaffningskostnad	500 000 kr
Livslängd	8 år
Restvärde	50 000 kr
Ränta	5 %

Ökad avskrivning fast del	56 250 kr / år
Räntekostnad	13 750 kr / år
Summa ökade kostnader	70 000 kr / år

#### Beräkning av årlig besparing

En liter diesel innehåller 10 kWh energi och kostar ca 10kr + moms

En elmotor är 3 ggr effektivare än förbränningsmotorn vilket innebär att en liter diesel kan ersättas med 3.3 kWh el.

Ett dieseldrivet tungt fordon förbrukar ca 4 liter diesel/mil vilket ger en bränslekostnad på 40 kr/mil med dagens skattesatser.

Ett eldrivet tungt fordon behöver 4 x 3,3 kWh = 13.2 kWh/mil.

1 kWh kostar idag 70 öre + moms vilket innebär en milkostnad på  $0.7 \times 13.2 = 9.25$  kr/mil

Med dagens skattesatser skulle det betyda en bränslebesparing på ca 30kr/mil.

Vi antar ett fordon som tillryggalägger 20 000 mil/år vilket innebär ca 60 mil/dygn.

Besparingen per år, vid 90 %, eldrift blir således  $20\ 000\text{mil} \times 30 \times 0.9 = 540\ 000$  kr.

#### Beräkning av årlig nettobesparing

Årlig besparing	540 000 kr
Årlig kostnad	70 000 kr
Nettobesparing	470 000 /år (och bil).

#### Break-even

För att det skall vara lönsamt att anskaffa ett eldrivet tungt fordon med en ökad kostnad på 500 000 kr krävs att fordonet kör  $70\ 000 / 30 = 2\ 330$  mil/ år på eldrift.

#### Övrigt

Även en kraftig prishöjning på lastbilschassiet kommer att påverka fordonets totalkostnad måttligt.

Investeringskostnaden för chassi och hytt är en del av fordonets totala investeringskostnad. Kostnad för släpvagn och påbyggnad tillkommer.

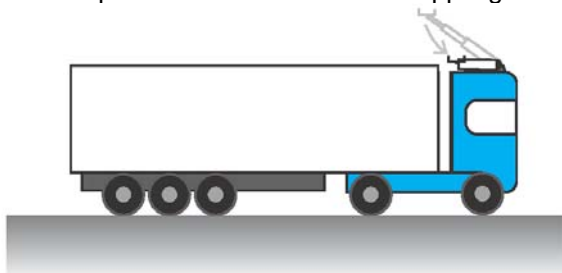
Som exempel kan nämnas att totalkostnad för ett kylfordon med släp är 2.5 miljoner varav chassiet är 1 miljon. Om kostnaden för chassi och hytt ökar med 50% så blir ökningen räknat på totalkostnaden bara 20%. (500 000 på en miljon är 500 000. 500 000 på 2 500 000 är 20%.)

## 7.5 Fordonstyp

En vanlig fordonstyp är s.k. dragbil med semitrailer. Semitrailern är avsedd att dras av speciell dragbil ("semitrailerdragare"). Semitrailern inte ett egentligt släp utan klassas i en egen klass: *påhängsvagn*. Semitrailern dras av en *trailerdragare* (en lastbil med vändskiva), alternativt hänger man den på en dolly och drar semitrailern efter en vanlig lastbil. Semitrailern är internationellt standardiserad och är vanligt förekommande internationellt. Fördelarna är flexibilitet:

- Snabb på och avkoppling
- Havererad dragbil kan snabbt bytas och lasten levereras utan omlastning
- Kan hanteras av enklare fordon inom terminaler etc.
- Enklare att backa och mindre vändradie
- Längre lastutrymme medger längre gods
- Mer lastutrymme vid given totallängd
- Bättre förhållande mellan tomvikt och nyttolast

Förstudien bedömer att elektriska dragbilar har en större potential än andra lastbilar p.g.a. dess flexibilitet. Förutom ovanstående fördelar så blir den oberoende av vilken typ av gods som transporteras – man binder inte upp sig för vissa godsslag.



Figuren visar dragbil med semitrailer.

## 7.6 Fordon övrigt

En vanlig invändning mot trådfordon är att den elektriska infrastrukturen är ful och oestetisk. När det gäller själva fordonen kan man dock konstatera att de inte är fula.



Trådfordon kan utformas likartat andra fordon med undantag för strömavtagaren.

Till de stora fördelarna med trådfordon är att de är fria från lukt och ljud i jämförelse med förbränningsmotordrivna fordon.

## 8 Resultat och diskussion

Förstudien bedömer att elektrifiering av befintliga vägar är en mycket kostnadseffektiv teknik för att snabbt minska fossilberoendet, minska utsläppen av växthusgaser samt minska de säkerhetspolitiska riskerna.

### **Elektrifiering av tunga godstransporter möjlig med befintlig teknik**

De största frågeställningarna är relaterade till kravet på fri höjd och trafiksäkerhet. Exempel är konflikter med befintlig infrastruktur, t.ex. viadukter samt risken för att kontaktledningar hamnar på vägbanan. Lösningar bedöms möjliga att utveckla från befintlig teknik..

### **Lägre energianvändning**

Genom att utnyttja befintlig infrastruktur minskas den energi som åtgår till att producera ny infrastruktur. Genom att ändra drivsystem från förbränningsmotor till elmotor sänks energiförbrukningen i driftskedet.

### **Lägre utsläpp av växthusgaser**

Genom att utnyttja befintlig infrastruktur minskas emissionerna av växthusgaser i samband med produktion av ny infrastruktur. I driftskedet innebär lägre energianvändning lägre utsläpp av växthusgaser oavsett hur elen produceras.

### **Samhällsekonomi**

Genom att utnyttja kapacitet på vägnätet och därmed redan genomförda investeringar kan framtida mobilitetsbehov mötas med mer begränsade infrastrukturinvesteringar.

### **Snabba miljövinster**

Tidsåtgången för att elektrifiera vägar är en bråkdel jämfört med att producera ny infrastruktur. Det i kombination med låg miljöbelastning i produktionsskedet innebär att miljövinsterna kommer snabbt.

### **Vad kostar det?**

Bedömning är att kostnaden blir 10 miljoner kronor per kilometer befintlig väg inklusive åtgärder för att skydda kontaktledningsstolparna (och säkerheten). Elektrifiering av sträckorna Göteborg, Malmö och Stockholm bedöms kosta mindre än 15 miljarder kronor.

### **Vilka samhällsvinster får man?**

Om elektrifiering av tung vägtrafik genomförs kan som mest 1 400 miljoner liter diesel sparas vilket motsvarar 35 % av den nationella förbrukningen inom transportsektorn. Motsvarande reduktion av CO<sub>2</sub>-utsläppen bedöms till 4,2 Mton vilket motsvarar 9 % av de nationella fossila utsläppen. Elektrifiering av triangeln Göteborg, Malmö och Stockholm bedöms minska utsläppen med 1 Mton, d.v.s. drygt 2 % av de nationella fossila utsläppen.

### **Diskussion**

Speditörer av olika slag men främst idag inom livsmedelsindustrin söker efter fossilfria transporter.

Fordonstillverkarna startar inte självmant att ta fram trådfordon utan att förutsättningar tekniskt och ekonomiskt finns d.v.s. att infrastrukturen kommer att fungera.

Situationen liknar den när järnvägen skulle elektrifieras i början av 1900-talet. Här drev staten teknikskiftet från ånglok till ellok med syftet att minska importen av det svarta kolet och i stället använda det vita kolet (vattenkraften). Intressant att notera att första elektrifieringen skedde för malmtransporten i norr före persontransporter i söder. ASEA hade då inga ellok på hyllan utan med statens och Siemens hjälp startades den utvecklingen.

Naturligt är att staten startar det begynnande förloppet med full insyn från fordonsindustrin och framtida leverantörer till elektrisk väginfrastruktur.

Liknande system som används med elcertifikat till bl.a. vindkraftsverken kan man tänka sig en form av drivmedelscertifikat, där trådtradarna får en intäkt per körda mil med el.

Utmaningen till en fortsättning av projektet trådtradare är att ta bort de tekniska hinder som idag har identifierats som viadukter och större korsningar. Detta skulle också ta bort ett stort antal invändningar mot tekniken och skapa ett större allmänt intresse kring trådtradare eller t.o.m. trådbussar på längre sträckor.

## 9 Förslag till aktiviteter

Baserat på förstudiens resultat föreslås att fokus läggs på följande aktiviteter:

- Hantering av "mindset"
- Pilotprojekt med fordon
- Utveckling av strömavtagare och kontaktledning/kontaktskena

### 9.1 Hantering av "mindset"

Konceptet med elektrifieringen av vägar utmanar vår tankemodell och vårt förhållningssätt. Det är inte vägen som är ett energi- och miljöproblem. Det är förbränningsmotorn som sitter i fordonen som är problemet. Steg ett i att förändra vår tankemodell är framtagandet av denna förstudie där fördelar och nackdelar förhoppningsvis belyses så allsidigt och faktamässigt som möjligt. Målgruppen är i första hand fackmän. För att kommunicera budskapet till en bred publik inklusive politiker, fordonstillverkare och transportörer i syfte att nå en samsyn med olika aktörer föreslås framtagandet av presentationsmaterial med bilder, animeringar och kanske ett kort videoclip.

### 9.2 Pilotprojekt med fordon

För att utvärdera fördelar och nackdelar med att elektrifiera vägar under verkliga förhållanden föreslås ett pilotprojekt. Detta pilotprojekt bör ske på en sträcka som är representativ för de sträckor som kan vara aktuella i framtiden. Förutom trafikflöde, vägtyp och typen av fraktat gods så är även klimatologiska aspekter viktiga, systemet bör testas under riktiga vinterförhållanden med avseende på snö och isbildning på kontaktledningar och annan elektrisk apparatur.

### 9.3 Strömavtagare och kontaktledning

Förstudien föreslår att uppmärksamhet måste riktas mot utveckling och utprovning av strömavtagare och kontaktledning.

Trådfordonen måste kunna "koppla från" och "koppla till" strömavtagaren från kontaktledningen tämligen ofta och snabbt vid t.ex. på och avfart, omkörningar, viadukter, tunnlar, etc.

Befintliga strömavtagare på tåg, spårvagnar och trådbussar är inte tänkta att "koppla från" och "koppla till" mer än enstaka gånger per dag.

En "intelligent strömavtagare" hanterar befintlig infrastruktur och passar på nya elfordon. Med intelligent strömavtagare menas här en strömavtagare som automatiskt bryter strömmen i fordonet, sänker strömavtagaren och när hindret passerats höjer och ansluter strömavtagaren samt slutligen kopplar till strömmen i fordonet.

En ny intelligent strömavtagare och kontaktledning är nödvändigtvis inte ett helt nytt system. Det kan byggas på att nuvarande system utvecklas "evolutionärt".

## 10 Källor

<http://www.tbus.org.uk>  
<http://www.trolleyemotion.com>  
<http://www.nrel.gov>  
<http://www.wikipedia.org>  
<http://www.banverket.se>  
<http://www.vv.se>  
<http://www.trafikverket.se>  
<http://www.trolleytruck.de>  
<http://www.scania.com>  
<http://www.volvo.com>

## 11 Referenslista

---

<sup>1</sup> SIKA (2006). Transportkostnader för företag i norra Sverige - Redovisning av ett regeringsuppdrag, Rapport 2006:3.

<sup>2</sup> Hådell, O. (1996), *Potential för energieffektivisering av godstransporter*, Centrum för transport och samhällsforskning, Högskolan Dalarna.

<sup>3</sup> Steen, P. m.fl. (1997), *Färder i framtiden. Transporter i ett bärkraftigt samhälle*, Forskningsgruppen för miljöstrategiska studier, KFB-Rapport 1997:7.

<sup>4</sup> Kågeson, P. (2007), *Vilken Framtid har bilen?* SNS Förlag 2007

<sup>5</sup> Richard Gilbert and Anthony Perl (2008) *TRANSPORT REVOLUTIONS, Moving people and freight without oil*, Earthscan. 2008, ISBN-13: 978-1-84407-248-4, [www.transportrevolutions.info](http://www.transportrevolutions.info)

<sup>6</sup> A. Brooker, M. Thornton, J. Rugh, (2010) National Renewable Energy Laboratory, "Technology Improvement Pathways to Cost-Effective Vehicle Electrification (Preprint): <http://www.nrel.gov/docs/fy10osti/47454.pdf>

<sup>7</sup> "Nationell Godsanalys" (2008) Banverket, Vägverket, Sjöfartsverket och Luftfartstyrelsen.

<sup>8</sup> Daniel K Jonsson (2005) "Indirekt energi för svenska väg- och järnvägstransporter", FOI, ISSN 1650-1942