

# Affärsmodeller och finansiering för utbyggnad av elvägar i Sverige

---

Slutrapport

2018-08-21

Uppdragsgivare: Trafikverket, Elvägsprogrammet, genom Björn Hasselgren  
EY: Linda Andersson, Per Skallefäll, Kristin Skjutar, Viktor Arfwidsson

## SAMMANFATTNING

---

Vägtrafikens klimatpåverkan är betydande och en av de största utmaningarna för att minska de samlade negativa miljö- och klimateffekterna är att minska transporternas inverkan. En av flera lösningar för att uppnå detta är elektrifieringen av vägar. För att kunna introducera system för elvägar krävs analys av elvägsmarknaden, dess aktörer samt möjliga affärsmodeller, finansieringslösningar och organisationslösningar, som kan ligga till grund för framtida beslut om utbyggnad.

Eftersom elvägar för tunga fordon fortfarande är en relativ ny anläggningsform saknas ännu en etablerad marknad och det är därför svårt att med säkerhet kunna dra fullständiga slutsatser om de affärsmässiga förutsättningarna. De förslag om affärspaket som tagits fram framstår som ett lämpligt sätt att analysera marknaden genom och har successivt visat sig rimliga utifrån de intervjuer, möten och workshops som har genomförts. Det finns ett stort intresse på marknaden för elvägar och det kan konstateras att det finns privata aktörer som är intresserade av olika delar av elvägssystemet, dvs. de olika affärspaketet.

Under en övergångsperiod och i ett tidigt skede av en kommande utbyggnad skulle det kunna vara lämpligt med statligt stöd t.ex. genom att garantera en viss trafikvolym på elvägssträckan eller subventionera transportörers inköp eller leasing av elvägsanpassade fordon.

EYs bedömning är det finns goda förutsättningar för utbyggnaden av elvägar i Sverige, även om en hel del arbete i form av tester, piloter och utredningar kommer krävas innan ett fullt utbyggt storskaligt elvägssystem kan bli verklighet. Genom ett uttalat intresse och fortsatta utredningar och investeringar från statens sida finns goda förutsättningar att uppmuntra och driva på även den privata utvecklingen vilket kommer att krävas för att realisera elvägsutbyggnaden.

Rapporten är en slutredovisning från EY som i februari 2018 tilldelades uppdraget från Trafikverket att analysera möjliga affärsmodeller för utbyggnaden av elvägar, huvudsakligen för tung trafik.

### **Introduktion till elvägar**

Elvägar kan beskrivas som vägar med infrastruktur för elöverföring som kan förse ett fordon med el under rörelse (s.k. dynamisk överföring). Genom att tekniken byggs in i väginfrastruktur kan vägarna således vara tillgängliga för både fordon som nyttjar elöverföringen samt för övriga fordon som drivs med andra drivmedel. Det finns tre huvudsakliga tekniker för dynamisk elöverföring:

- Konduktiv överföring genom luftledning
- Konduktiv överföring via någon form av spår eller ledare i eller på vägen
- Induktiv överföring genom elektromagnetiska fält från utrustning i vägkroppen

Elvägssystemet kan beskrivas genom fyra delar:

1. Befintlig elnätsinfrastruktur - nuvarande struktur för elnät, anslutningspunkt samt elnät längs vägen som förser elvägen med energi
2. Elväg – tekniken för kraftöverföring till fordonet inkl. system för nyttjandemätning
3. Relaterade tjänster – betaltjänst, informationshantering, tillträdeskontroll
4. Ansvarsområden – underhåll, drift, finansiering och ägande

### **Marknadsaktörer och roller**

I ett fungerande elvägssystem behöver flera olika aktörer interagera. De olika rollerna i ett elvägssystem utgörs av transportköpare, transportörer, fordonstillverkare, elhandlare, elvägsoperatörer, elnätsföretag och väghållare. Samtliga roller, förutom elvägsoperatör, finns redan idag företrädda genom aktörer på marknaden.

Beroendet mellan rollerna kan beskrivas genom att en transportköpare anlitar en transportör att köra en vara från A till B. För att använda elvägen behöver transportören ett fordon anpassat till elvägen, som tillhandahålls av en fordonstillverkare, samt en elväg som tillhandahålls av en elvägsoperatör som kan vara samma som infrastrukturhållaren eller en separat aktör. För att elvägsinfrastrukturen ska fungera behöver elvägsoperatören vara ansluten till elnätet genom ett elnätsföretag samt ha tillgång till el genom en elhandlare.

### **Övergripande kostnader**

Kostnaderna som är förknippade med utbyggnad och drift av ett elvägssystem är osäkra då tekniken är relativt ny och ännu inte har testats i större skala. En utbyggnad av elvägar driver investeringar i både elvägsinfrastruktur och elnätsinfrastruktur. Vidare behöver fordonen anpassas till elvägen och en kostnad för elkraft och elnät vid användning av elvägen tas ut, vilket också påverkar kostnadsbildningen. Investeringsbehovet i infrastruktur för kraftöverföring uppgår till mellan 9-35 MSEK/km beroende på teknikval och tolkningar av vad som ingår i investeringen.

Investeringskostnaden för utbyggnad av elnätet uppgår därtill till ca 4-8 MSEK/km beroende på vilken vägsträcka som elektrifieras, hur många transformatorstationer som krävs och vilken kapacitet nätet behöver klara av. Merkostnaden för anpassning av fordon uppgår till ca 0,5-0,8 MSEK/fordon och avgifter för elkraft och elnät vid användning av elvägen beräknas uppgå till 0,7-1,6 SEK/körd km.

### **Betalningsmodell och prissättning**

Betalningsmodellen för ett elvägssystem behöver innefatta betalning av användning av elvägsinfrastrukturen, förbrukning av energi och anslutning till elnätet samt fordon och avtagare. Det finns flera möjliga betalningsmodeller för varje delaffär, som till viss del påverkas av lagar och regler såsom ellagen och eurovinjettdirektivet. En tänkbar betalningsmodell är att transportören betalar en elvägsavgift till en elvägsoperatör som i sin tur betalar elnätsföretag och elhandlare för distribution och elkraft. Betalning för fordon och avtagare antas ske separat.

Priset för användning av elvägen kan vara reglerat eller inte. Vid en marknadsprissättning är det rimligt att priset för att använda elvägen, inklusive elförbrukning, närmar sig, men inte överstiger, det effektiva priset per kilometer för ett alternativt drivmedel inkl. fordonets merkostnad.

### **Tänkbara affärspaket**

Utifrån elvägssystemets totala omfattning har fyra förslag på affärspaket tagits fram, där de olika fysiska komponenterna och tjänsterna har paketeras med syfte att ta fram kommersiellt gångbara affärer. De fyra affärspaketen är:

- **Affärspaket 1: Elnätutbyggnad**, som består av anslutningspunkten för elväg samt elnät längs vägen
- **Affärspaket 2: Elvägsinfrastruktur**, som består av tekniken för överföringen av el
- **Affärspaket 3: Fordon anpassat till elvägen**, som består av fordonet, avtagare och system för nyttjandemätning
- **Affärspaket 4: System för avläsning och betalning**, som består av system för avläsning av nyttjande, betaltjänst, informationshantering och tillträdeskontroll

Dessa affärspaket ska ses som ett första steg till framtida affärer och kan mycket väl komma att se annorlunda ut, både avseende innehåll och genomförande, vid en faktisk utbyggnad.

### **Finansiering**

En utbyggnad av elvägar kräver omfattande investeringar som inte nödvändigtvis ligger inom offentlig sektors ansvar. Staten har traditionellt sett ansvar för väginfrastruktur medan drivmedel sköts av privata marknadsaktörer. Elvägar kan sägas kombinera dessa två system och därför finns

ingen part som självklart bör svara för helheten. Det finns ett uttalat intresse för att investera i en elvägsutbyggnad från aktörer som t.ex. pensionsförvaltare utifrån de möten och referensgruppsmöten som har hållits under utredningen.

Trafikvolymen anses vara den viktigaste parametern för att skapa en ekonomiskt hållbar kalkyl för en sådan investering. I ett tidigt skede kommer det troligen att behövas någon form av subvention, garanti eller liknande från Trafikverket eller staten för att öka intresset för externa aktörer att investera i elvägsteknologi. Exempel är volymgarantier, dvs. att staten täcker upp för intäkter upp till en viss trafikvolym om utfallet skulle bli lägre när elvägen byggs ut, eller ger stöd för inköp av fordon likt Tyskland, där bidrag om 40 000 euro ges för inköp av lastbilar som drivs av el eller bränsleceller.

För de delar av elvägen som är aktuella för ett statligt engagemang kan det vara lämpligt med alternativa finansieringslösningar med en privat finansieringskomponent. Den privata finansieringen ska då primärt ses som ett sätt att fördela risker mellan olika aktörer och den ofta högre kapitalkostnaden än vid en finansiering via Riksgälden kan ses som en riskpremie för staten att sätta en tydlig begränsning på sitt kostnadsutfall med elvägssatsningar.

### **Koncession eller offentlig upphandling**

För de delar av elvägen staten kan komma att ansvara för kan antingen koncession eller offentlig upphandling vara aktuellt som anskaffningsform. Av de fyra affärspaketen är det främst paket 2, elvägsinfrastrukturen, där en offentlig huvudman, t.ex. Trafikverket, framstår som lämplig och som i så fall kan upphandlas som koncession eller genom offentlig upphandling.

I en pilotfas kan både koncession och offentlig upphandling vara lämpligt, medan koncession med överförd verksamhetsrisk bör vara mest lämpligt på längre sikt i en storskalig utbyggnad. På en övergripande nivå kan konstateras att upphandlingsförfaranden som lämpar sig vid en högre grad av osäkerhet och innovationspotential bör vara aktuella vid upphandling av elvägsinfrastrukturen. Valet av förfarande behöver dock föregås av en fördjupad förstudie, vilket inte ingått i denna utredning.

Innovationsupphandling, som beskrivs i 0, skulle kunna prövas för utbyggnaden av elvägar eftersom marknaden har stor utvecklingspotential och att det är viktigt att den lösning som handlas upp stödjer vidare utveckling, särskilt under en pilotfas men även under ett senare skede.

### **Rekommendationer för vidare arbete**

Under utredningen har ett antal områden identifierats där vidare utredning krävs för att bedöma om, och i så fall hur, elvägsutbyggnaden kan komma att påverkas. Framförallt rekommenderas en kompletterande och fördjupad förstudie inför den kommande pilotutbyggnaden för att mer djupgående besvara frågeställningar kring teknikval, kostnader, risker och dess fördelning samt finansiering och upphandling. En indelning av pilotanläggningen efter den affärspaketering som tagits fram föreslås även om det behöver utvärderas under förstudien då det inte nödvändigtvis är lämpligt i praktiken även om det i denna utredning funnits vara troligt.

Övriga rekommendationer till vidare utredning är:

- Fortsätta genomföra demonstrationsprojekt och piloter
- Pröva lämplig form av anslutning av elvägen till elnätet
- Fortsätta utreda framtida utveckling av elskatter
- Fortsätta utreda legala aspekter
- Driva frågan om standardisering av elvägstekniker

## BEGREPPSFÖRKLARING

<b>Begrepp</b>	<b>Förklaring</b>
Avtagare	Komponent på fordon som tar emot el
Demonstrationssträcka	Sträcka ämnad för test av elvägsteknik
Dynamisk laddning	Laddning under fordonets rörelse
Elhandlare	Elleverantör, försäljare av el
Elnätsföretag	Elnätsdistributör, ägare av elnäten
Elvägsanläggningen	Elvägen med tillhörande komponenter (dock inte nödvändigtvis innefattande väginfrastrukturen)
Elvägsavgift	Avgift från transportör till elvägsoperatör för att nyttja elvägsinfrastrukturen
Elvägsleverantör	Leverantörer av elvägsteknik
Elvägsoperatör	Aktör som driver elvägen (dock inte nödvändigtvis innefattande väginfrastrukturen)
Elvägsteknik	Teknik för hur elöverföringen sker
Konsortium	Sammanslutning av flera aktörer
Pilotsträcka	Sträcka på allmän väg ämnad för test av elvägssystem som helhet
Transportör	Nyttjaren av elvägen, vägtransportleverantör
TRL	Technology Readiness Level, skala på hur välutvecklad en teknologi är som går från 1-9

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

---

Sammanfattning .....	1
Begreppsförklaring .....	4
1 Inledning .....	7
1.1 Bakgrund .....	7
1.2 Syfte och omfattning .....	7
1.3 Avgränsningar .....	8
1.4 Metodbeskrivning .....	8
1.5 Rapportdisposition .....	9
2 Introduktion till elvägar .....	10
2.1 Beskrivning av olika tekniska lösningar för elvägar .....	10
2.2 Internationell utblick .....	12
2.3 Utblick av affärsmodeller för elvägar .....	13
2.4 Beskrivning av elvägssystemet .....	14
2.5 Faktorer som påverkar en affärsmodell .....	15
3 Marknadsaktörer och intressenter för elvägar .....	15
4 Övergripande kostnader för utbyggnad och drift av ett elvägssystem .....	18
5 Betalningsmodeller .....	20
5.1 Betalningsmodeller som tagits upp i tidigare studier .....	20
5.2 Möjligheter för betalningsmodeller i ett elvägssystem .....	21
5.3 Prissättning .....	23
6 Tänkbara affärspaket för utbyggnad av elvägar .....	24
6.1 Affärspaket 1: Elnätsutbyggnad .....	24
6.2 Affärspaket 2: Elvägsinfrastruktur .....	27
6.3 Affärspaket 3: Fordon anpassat till elvägen .....	28
6.4 Affärspaket 4: System för avläsning och betalning .....	30
6.5 Kombinationer av olika affärspaket .....	32
7 Risker och ansvarsområden rörande elvägar .....	32
7.1 Värdering av riskkategorier och olika elvägsteknikers påverkan .....	34
7.2 Allokering av riskkategorier mellan aktörer i offentlig och privat sektor .....	37
8 Finansiering av elvägar .....	38
8.1 Förutsättningar för privat finansiering .....	39
8.2 Offentliga stöd och styrmedel .....	40
8.3 Alternativa finansieringslösningar och genomförandeformer vid ett statligt åtagande .....	40
9 Prövning om offentlig upphandling eller koncession är tillämpligt för utbyggnad av elväg .....	41

9.1	Prövning av vilka affärspaket som kan vara aktuella för koncession eller offentlig upphandling.....	41
9.2	Överväganden vid val av upphandlingsförfarande .....	44
9.3	Innovationsupphandling.....	46
10	Slutsatser .....	46
11	Rekommendationer för ytterligare utredningar och nästa steg .....	48
12	Källförteckning.....	51
	Bilaga I : Upphandling av koncession enligt LUK och offentlig upphandling enligt LOU eller LUF.....	55
	Bilaga II : Bedömning av grad av osäkerhet och innovationsgrad vid upphandling .....	57
	Bilaga III : Innovationsupphandling .....	58

# 1 INLEDNING

---

## 1.1 BAKGRUND

Vägtrafikens klimatpåverkan är betydande och en av de största utmaningarna för att minska de samlade negativa miljö- och klimateffekterna är att minska transporternas inverkan [1]. Till 2030 förväntas transportarbetet i Sverige öka med 25 % jämfört med 2010 [2] samtidigt som Sverige har mål om att minska utsläppen av växthusgaser från inrikes transporter (exklusive luftfart) med minst 70 % till 2030 [3]. Till år 2045 ska Sverige inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser. Ett steg för att nå Sveriges ambitiösa klimatmål är därför elektrifieringen av vägtransporter genom elvägar.

Sverige, Tyskland och USA ligger idag i framkant gällande demonstration och forskning av elektrifierade vägar [4]. I Tyskland är tre pilotsträckor beslutade som kommer att byggas inom de kommande åren [4, 5, 6]. I Sverige finns hittills två demonstrationssträckor som baseras på olika tekniker, en på E16 med Region Gävleborg som huvudman och en i Rosersberg utanför Arlanda med ett konsortium som huvudman [7].

Trafikverket upphandlar för närvarande ytterligare demonstrationssträckor och i Regeringens beslut i den nationella infrastrukturplanen för 2018-2029 har Trafikverket getts i uppdrag att bygga och driftsätta en elväg som en pilotsträcka senast 2021 [8]. Statens finansiering av pilotsträckan förutsätter en betydande medfinansiering från näringslivet genom att den statliga finansieringen i Regeringens beslut är begränsad till högst 50 % av det totala investeringsbehovet och maximalt 300 miljoner kronor.

Trafikverkets arbete med elvägar är organiserat inom ett Elvägsprogram som utöver de pågående teststräckorna även utreder ett flertal områden som miljöeffekter, kraftförsörjning, drift, underhåll och regelverk för att få en helhetsbild av förutsättningarna för elvägar i Sverige [7]. Sedan 2016 bedrivs forskning genom en forskningsplattform för elvägar, som syftar till att bl.a. tydliggöra förutsättningar och nyttor samt ta fram förslag på implementeringsstrategier, regelverk och framgångsfaktorer för hög acceptans [9]. Fokus i Elvägsprogrammet och i denna utredning ligger på de tunga transporterna, som står för ca 20% av utsläppen av växthusgaser från vägfordon [10].

I november 2017 lämnade Trafikverket en färdplan för elvägar till regeringen [11]. Rapporten lyfter hur olika faktorer som val av tekniska lösningar, modeller för ägandeskap, finansieringsmodeller och samarbete mellan privata och offentliga parter kommer att ha en avgörande betydelse för hur framgångsrikt elvägar kan införas i Sverige i stor skala. Rapporten lyfter också fram utmaningar med att sitta fast i tidigare strukturer vilket kan tendera att styra bort nya innovationer.

För att Sverige, trots ökade vägtransporter, ska nå sina ambitiösa klimatmål krävs därför fördjupade analyser av elvägsmarknaden, dess aktörer samt möjliga affärsmodeller, finansieringslösningar och organisationslösningar som kan ligga till grund för framtida beslut. I februari 2018 tilldelade Trafikverket EY uppdraget att analysera möjliga affärsmodeller för utbyggnaden av elvägar i Sverige.

## 1.2 SYFTE OCH OMFATTNING

Syftet med uppdraget är att utreda och föreslå tänkbara organisationslösningar och finansieringslösningar för utbyggnaden av elvägar för tung trafik och vad de har för styrningsimplikationer för Trafikverket och staten.

Uppdraget innefattar vidare att:



- Kartlägga och beskriva de aktörer som kan ingå i en framtida elvägsmarknad
- Analysera och föreslå tänkbara organisatoriska modeller för att tillhandahålla ett elvägssystem
- Analysera och föreslå finansieringsmodeller och affärsmodeller för utbyggnaden av elvägar
- Pröva hur upphandlingsformer som innovationsupphandling, innovationspartnerskap och koncessioner med olika inslag av teknikutveckling och innovation kan användas för att främja utvecklingen av affärsmodeller för elvägar
- Föra in internationella erfarenheter i arbetet ovan

En viktig förutsättning för utredningsarbetet har varit att inte enbart utgå från ett traditionellt statligt åtagande för transportinfrastrukturen utan att förutsättningslöst utreda hur ett elvägssystem skulle kunna byggas ut i Sverige. En utgångspunkt har varit att finna lösningar där privata aktörer tar ett fortsatt stort ansvar för försörjningen av drivmedel så som idag.

Tidsmässigt inriktar sig utredningsarbetet på en utbyggnad av elvägar i en fas mellan de första demonstrationsprojekten och en storskalig utbyggnad på en mogen marknad. För de fall tidsperspektivet antas påverka slutsatser och resonemang beskrivs på vilket sätt och vilka slutsatser som gäller för vilket perspektiv.

Övergripande har utgångspunkten varit ett öppet konkurrensneutralt elvägssystem i större skala och till viss del i pilotfas med hänsyn till befintliga lagar och regler, däribland EU-rätten inom transportinfrastrukturområdet och statsstödsregler. Med öppet system menas att det är öppet för olika aktörer på marknaden till skillnad från interna system som uteslutande försörjer på förhand bestämda aktörer, t.ex. inom ett större logistikcentrum. Interna system kan vara viktiga både ur ett utsläppsperspektiv och för att testa teknik, men har dock inte utretts särskilt under uppdraget.

### 1.3 AVGRÄNSNINGAR

Elvägar definieras i denna utredning som dynamisk överföring av el under färd för framdrift och laddning, dvs. laddning av fordonet under färd och ej stillastående laddning genom olika typer av fast laddinfrastruktur. I uppdraget är utgångspunkten elvägar som riktar sig till tung trafik huvudsakligen utanför städer. De olika elvägsteknikerna är även möjliga att tillämpa i städer och vissa även för personbilar men det är inte något som har tagits särskild hänsyn till under detta utredningsarbete.

Uppdraget innefattar inte utredning av regelverksaspekter för elvägssystem vilket utreds separat av Trafikverket. Under utredningen har ett flertal olika regelverk och lagar visat sig ha betydelse för hur utbyggnaden kan organiseras och finansieras rörande bl.a. elnät (t.ex. ellagen, den s.k. IKN-förordningen), lagstiftning på planeringsområdet (t.ex. väglagen, plan- och bygglagen, miljöbalken) och EU-lagstiftning (t.ex. rörande vägavgifter). I vissa fall har aktuella regelverk kortfattat beskrivits utan att göra djupare bedömningar eller tolkningar av dess innebörd.

Trots att många satsningar pågår för att utveckla och bygga ut elvägar är det fortfarande relativt nytt, marknaden är omogen och en stor grad av osäkerhet finns kring den framtida utvecklingen. Det kan därför tyckas vara tidigt att utreda och föreslå lämpliga affärsmodeller, också eftersom tillgången till underlag och erfarenheter är begränsad. Några viktiga principer för den fortsatta utvecklingen kan dock ställas upp vilket denna utredning fokuserat på.

### 1.4 METODBESKRIVNING

Uppdraget har bedrivits under februari - juni 2018 och har genomförts i fem övergripande faser:

1. Projektetablering
2. Definition av tekniska lösningar och kartläggning av marknadsaktörer
3. Analys av affärsmodeller, finansierings- och organiseringslösningar inkl. följande analyser:
  - Kostnader
  - Betalningsmodell
  - Övergripande modeller
  - Riskanalys
  - Alternativ finansiering
4. Prövning av lämpliga upphandlingsformer
5. Rapportering av resultat

Arbetet har bedrivits genom studier av tidigare utredningar, ca 15 intervjuer och möten med olika marknadsaktörer och experter inom olika områden, två workshops, två större referensgruppsmöten med Trafikverket och externa deltagare, samt möten och utbyten med forskare inom området. Under samtliga interaktioner med marknadsaktörer och andra har kunskap, erfarenheter och intressen samlats in som legat till grund för analyserna. Arbetet har bedrivits i nära samarbete med Trafikverket och veckovisa arbets- och statusmöten har hållits under hela uppdragets genomförande för att löpande rapportera status och diskutera pågående aktiviteter.

## 1.5 RAPPORTDISPOSITION

Resultatet från utredningen återges i denna rapport och innehållet i respektive kapitel beskrivs övergripande nedan. Kapitel 2 och 4 delar av innehållet i kapitel 3 och 5 bygger på tidigare forskning och studier medan kapitel 6-11 bygger på nya resultat som tagits fram under utredningen.

*2. Introduktion till elvägar* – Inledande introduktion till vad elvägar är, de olika teknikerna som finns och internationella erfarenheter. En övergripande beskrivning av elvägssystemet i helhet har därefter tagits fram för att skapa en genomgående terminologi för systemets ingående komponenter och tjänster.

*3. Marknadsaktörer och intressenter för elvägar* – Tänkbara aktörer i ett elvägssystem kartläggs och beskrivs och ett förslag på hur olika roller kan definieras i ett elvägssystem har tagits fram.

*4. Övergripande kostnader för utbyggnad och drift av ett elvägssystem* – Övergripande kostnader för investering och underhåll har identifierats utifrån tillgängliga källor och till viss del tillverkares uppgifter.

*5. Betalningsmodeller* – Möjliga betalningsmodeller beskrivs utifrån tidigare studier och ett antal kriterier för lämplig utformning av betalningsmodeller för ett elvägssystem har tagits fram.

*6. Tänkbara affärspaket för utbyggnad av elvägar* – Förslag till tänkbar organisering av utbyggnaden beskrivs genom ett antal affärspaket som elvägssystemet logiskt kan delas upp i. Respektive affärspaket beskrivs utifrån ingående komponenter, tänkbar leverantör, kund, riskexponering, betalningsmodell och eventuella andra överväganden.

*7. Risker och ansvarsområden rörande elvägar* – En övergripande riskanalys har genomförts genom en värdering av riskkategorier och bedömning av hur de olika teknikerna påverkar riskbildningen. En principiell allokering av risker och ansvar har tagits fram baserat på vilka riskkategorier som bör fördelas mellan staten och privata marknadsaktörer.

*8. Finansiering av elvägar* – Möjligheter för finansieringslösningar för utbyggnaden beskrivs övergripande inklusive förutsättningarna för privata investeringar i en svensk elvägsutbyggnad.

9. *Prövning om offentlig upphandling eller koncession är tillämpligt för utbyggnad av elväg* – Prövning av huruvida offentlig upphandling, koncession eller andra lösningar är tänkbara för elvägsutbyggnaden görs för respektive affärspaket. Innovationsupphandling och ett antal förfaranden pekats ut som tänkbara för de fall upphandling eller koncession framstår som lämpligt för delar av elvägssystemet som staten eller Trafikverket kan antas ansvara för.

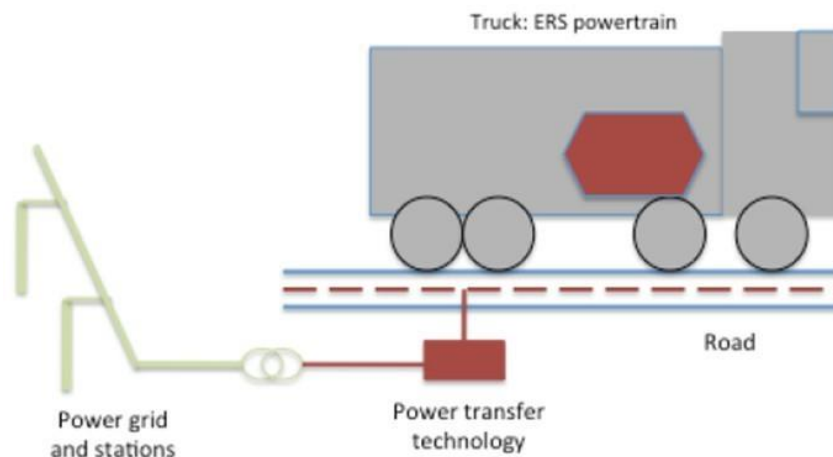
10. *Slutsatser* – Utredningens slutsatser sammanfattas avseende organisation och finansiering samt andra överväganden som har framstått avgörande för den fortsatta utvecklingen.

11. *Rekommendationer för ytterligare utredningar och nästa steg* – Avslutningsvis ges kortfattade rekommendationer för vidare utredningar och arbete för att realisera utbyggnadsplanerna för elvägar för tung trafik i Sverige.

## 2 INTRODUKTION TILL ELVÄGAR

Elvägar kan beskrivas som vägar med infrastruktur för elöverföring som kan förse ett fordon med el under rörelse, även kallat Electric Road System, ERS. Då dagens teknologi för batterier inte har kapaciteten för att driva tunga fordon över längre körsträckor med bibehållen lastbärarkapacitet, behövs andra lösningar för att möjliggöra eldrivna tyngre transportfordon [12].

I tidigare studier beskrivs elvägen genom fyra huvudsakliga komponenter: ett fordon, en väg, en elnätsinfrastruktur samt en teknik för elöverföring, se Figur 1 [13], eller som fem delsystem: energitillförsel, väg, elöverföring, drift av elvägen och elvägsfordon [14]. Konceptet för en elväg innebär att ett fordon som färdas på en elväg, under dess rörelse kan laddas genom dynamisk elöverföring. Elnätsinfrastrukturen som ligger i närheten till vägen anpassas för att löpa längs med vägen och slutligen finns en elöverföringsteknik inbyggd i vägområdet för överföringen av el till fordonet. Genom att tekniken byggs in i väginfrastruktur så kommer dessa vägar således att vara tillgängliga för både elektrifierade och andra fordon.



Figur 1: Överblick av de fyra komponenterna, enligt Tongur och Engwall [15]

### 2.1 BESKRIVNING AV OLIKA TEKNISKA LÖSNINGAR FÖR ELVÄGAR

Det finns idag tre huvudsakliga tekniker för hur den dynamiska överföringen av el från väg till fordon kan ske och som den här utredningen utgår ifrån. Dessa är baserade på konduktiv teknik, även kallad CPT (conductive power transfer), vilket innebär överföring genom direkt fysisk kontakt, samt induktiv

teknik, även kallad IPT (inductive power transfer), överföring utan kontakt genom elektromagnetiska fält. De tre teknikerna är [11, 16]:

- Konduktiv överföring genom luftledning
- Konduktiv överföring via någon form av spår eller ledare i eller på vägen
- Induktiv överföring genom elektromagnetiska fält från väggroppen



Figur 2: Exempelbilder av de tre överföringsteknikerna, från vänster: Överföring via luftledning [17], överföring via spår i vägen [12], överföring via elektromagnetiska fält [18]

Utöver de tre teknikerna ovan finns även en teknik med konduktiv överföring från sidan som utvecklas av Honda i Japan. Denna likställs tillsvidare med konduktiv teknik i eller på vägen.

Utöver skillnaden mellan hur el överförs har teknikerna olika mognadsgrader vilket kan definieras genom Technology Readiness Level, TRL, på en skala 1-9 där 9 innebär ett system som har testats operationellt och fungerar [19]. De olika teknikerna har även olika för- och nackdelar [11, 13, 20]:

- De luftburna ledningarna är den mest testade och där teknikutvecklingen har kommit längst. Nackdelarna med tekniken är att den inte är tillämpbar för personbilar på grund av avståndet mellan fordon och luftledning, samt visuell och annan påverkan som ledningarna har på natur och miljö. En fördel är att tekniken inte medför någon inverkan på väggroppen.
- Överföring via spår är mindre testad och det föreligger fortfarande osäkerhet om teknikens funktion. Det uppstår även en friktion mellan vägbana och fordon som kan påverka säkerheten och även orsaka partikelgenerering (liksom i fallet med luftledning). Det är även oklart hur väl tekniken klarar svåra klimat. Tekniken är dock tillämpbar på samtliga fordon och har inga påtagliga visuella effekter.
- För den induktiva överföringen pågår fortfarande mycket utveckling. Det diskuteras huruvida den elektromagnetiska strålningen kan medföra risker för människors hälsa samt påverka annan elektronisk utrustning. Induktiv teknik är även den dyraste av de tre teknikerna att bygga. Den har dock ingen påtaglig visuell påverkan och inte heller någon friktion mellan vägbana och fordon, den kan även användas av alla fordonstyper.

I Sverige testas idag de konduktiva teknikerna på olika anläggningar. Den luftburna tekniken testas på en 2 km lång vägsträcka utanför Sandviken på E16 i ett projekt med Scania och Siemens. Konduktiv överföring via spår testas på två anläggningar i Sverige, dels på en 2 km lång sträcka på allmän väg utanför Arlanda, dels på Volvos interna testanläggning i Hällered genom ett samarbete med Alstom. Konduktiv överföring från ledare på vägen testas av Elonroad på en teststräcka utanför Lund också på ett internt vägavsnitt.

Internationellt testas olika typer av tekniker i olika stadier vilket påverkar mognadsgraden. Det finns olika typer av tester och pilotprojekt som beskrivs av bl.a. Tongur [13] och i den här rapporten

används följande begrepp som ligger i linje med vad som används av Trafikverket i den nationella färdplanen för elvägar [11]:

- Demonstrationsprojekt – tidsbegränsat test av en elvägsteknik på allmän väg där endast en eller ett fåtal utvalda transportörer använder elvägen
- Pilotprojekt– testning av elvägssystemet i helhet på allmän väg som är öppet för flera olika aktörer och drivs med kommersiella inslag
- Storskalig utbyggnad – permanent utbyggnad av ett öppet system för marknadens aktörer på kommersiella grunder

## 2.2 INTERNATIONELL UTBLICK

Sverige har för närvarande en ledande roll i tester av elvägsteknik och demonstratorer inom elektrifierade vägar, och introducerade världens första elväg på allmän väg utanför Sandviken år 2016. Flera andra länder bedriver dock forskning och utveckling inom ämnet. Tidigare studier lyfter fram flera länder, bland annat Tyskland, USA, Sydkorea, Israel och Spanien [11, 16].

### Tyskland

Tyskland ligger i framkant gällande utvecklingen av elvägar. De bedriver projekt inom flera av de nämnda teknikerna:

- Bombardier forskar på induktiv kraftöverföring och har utvecklat ett system integrerat i en Scania-lastbil som de testar på en 80 meter lång testbana i Mannheim.
- Tyskland har tre kommande projekt inom luftburen överföring. Staten har bland annat finansierat tre projekt där tekniken under 2018 och 2019 ska installeras på tre sträckor på allmän väg [21, 5, 22].

### Sydkorea

Sedan 2008 har KAIST University genom företaget OLEV bedrivit forskning och utveckling inom induktiv kraftöverföring. Där testas en lösning för bussar på allmän väg med två bussar i drift som drivs med hjälp av en induktiv elväg.

### Israel

Israeliska bolaget Electreon har en 30 meter lång testbana för induktiv överföring i Caesarea och under 2018 planeras tekniken att testas i Tel Aviv på en 800 meter lång sträcka i kollektivtrafik.

### USA

Under sommaren 2017 startades en testanläggning likt Siemens anläggning utanför Sandviken med konduktiv överföring via luftledningar. Teststräckan var 1,6 km lång och låg utanför Los Angeles. Inom den induktiva överföringen så bedriver fem universitet tillsammans forskning inom ett så kallat SELECT-center.

### Spanien

I Malaga har ett EU-projekt för induktiv kraftöverföring genomförts. Projektet byggde på en självkörande elektrisk buss som laddades på en 100 meter lång sträcka med hjälp av induktiv kraftöverföring. Arbetet är ett samarbete genom företagen CIRCE och Gulliver.

### Japan

I Japan utvecklas och testas den elvägsteknik som bygger på konduktiv överföring från sidan. Honda driver utvecklingen och testar tekniken i hastigheter upp till 150 km/h med en effekt på 450 kW, matat från ett storskaligt batterisystem [23].

## 2.3 UTBLICK AV AFFÄRSMODELLER FÖR ELVÄGAR

Relaterat till de olika komponenterna i en elväg, se Figur 1, så tillkommer faktorer till en färdig affärsmodell, bland annat finansiering, ägarskap och betalningsflöden. En översiktlig genomgång av tidigare studier har gjorts, där främst två har befunnits vara aktuella: Stefan Tongurs avhandling *Preparing for takeoff* [13] och RISE Viktorias *Förstudie av affärsekosystem för elvägar* [24]. Dessa redogörs för kort i detta avsnitt.

Tongur beskriver i *Preparing for takeoff* [13], samt refererar till fler studier inom området, problematiken som uppstår vid en investering rörande alternativ infrastruktur. Alternativ infrastruktur, vilket i det här fallet är elvägar, anses av Tongur vara riskfylld på grund av flera aspekter. Investeringen i infrastrukturen är omfattande, samtidigt som den initialt riskerar att karaktäriseras av en låg nyttjandegrad. Utöver det tillkommer även risken att valet av ny teknik i ett tidigt skede snabbt kan bli obsolet på grund av snabba förbättringar inom området.

För att hantera dessa investeringsrisker så kan projekt finansieras på olika sätt, där finansieringen kan komma från offentlig sektor, privat sektor eller en kombination av de båda.

Tongur [13] konstaterar vidare att det ännu inte finns några självklara affärsmodeller för hur elvägar ska kommersialiseras men belyser att det antagligen inte kommer vara en ensam aktör som genomför investeringen, utan ett samspel av aktörer troligtvis behövs. Vidare nämner Tongur att pilotsträckor kan vara ett viktigt steg i att testa och utvärdera affärsmodeller.

Även RISE Viktoria berör möjliga affärsmodeller för ett framtida elvägssystem i *Förstudie av affärsekosystem för elvägar* [24]. RISE Viktoria fokuserar problematiken på en så kallad two-sided market, vilket innebär att värdet av att investera på ena sidan (i infrastrukturen) beror av antalet aktörer som investerar på den andra sidan (i kompatibla fordon). Vid ett sådant problem behöver den part som kontrollerar intäkterna från systemet troligen subventionera den andra parten för att ett användarnät ska växa, vilket i det här fallet skulle innebära att den som kontrollerar elvägen behöver skapa incitament för potentiella användare.

Eftersom subventioner från elvägsoperatören skulle medföra en betydande risk för längre återbetalningstid av dennes investering, är det mindre troligt att en privat aktör skulle ta denna roll på marknaden.

RISE Viktoria diskuterar även tre olika tänkbara scenarion i ett elvägssystem angående offentliga respektive privata aktörers involvering:

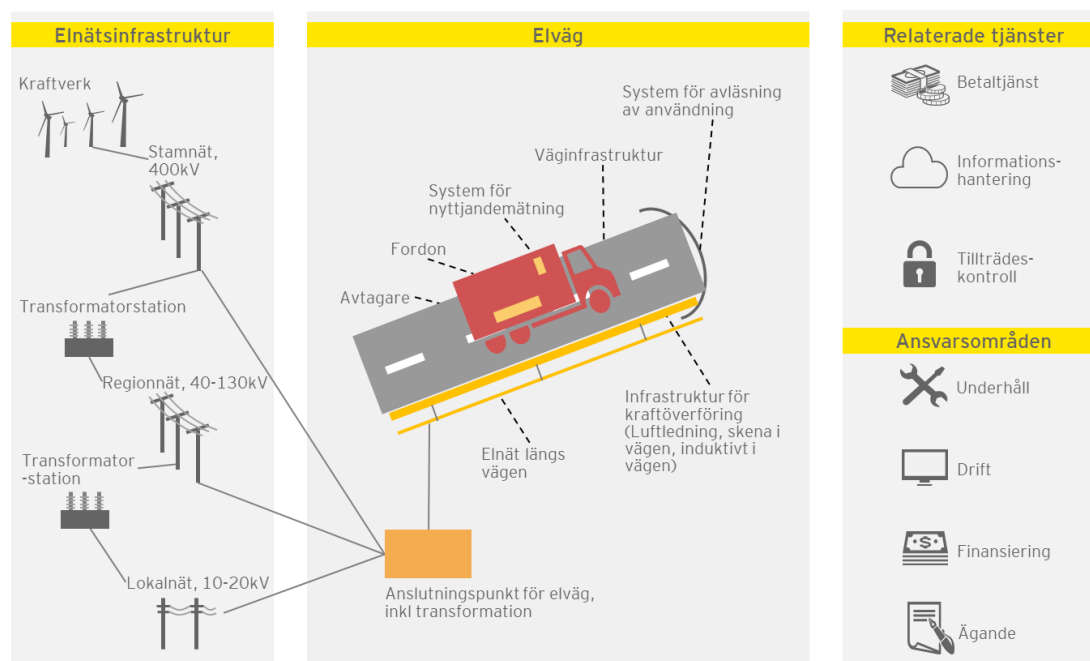
- Privat, sluten väg
- Öppen väg, ägd och driven av offentlig aktör
- Öppen väg, ägd och driven av privat aktör

Även Trafikverket nämner i den nationella färdplanen för elvägar [11] olika fördelningar mellan aktörer i privat och offentlig sektor i flera tänkbara scenarion för finansierings- och organiseringsmodeller.

Sammanfattningsvis finns begränsade erfarenheter och studier rörande affärsmodeller och inga konkreta förslag på lämplig affärsmodell har gått att finna i de tidigare studierna som har granskats. Det är dock inte oväntat, då området fortfarande är i ett tidigt utvecklingsstadium.

## 2.4 BESKRIVNING AV ELVÄGSSYSTEMET

Baserat på tidigare studier, de intervjuer och möten som hållits under utredningen har en översiktlig bild av elvägssystemet som en helhet tagits fram, som utgångspunkt för att ta fram möjliga affärsmodeller, se Figur 3.



Figur 3: Översiktlig bild av elvägssystemet

Bilden illustrerar fyra delar:

- Befintlig elnätsinfrastruktur
- Elväg
- Relaterade tjänster
- Ansvarsområden

Elnätsinfrastrukturen består av nuvarande struktur för stamnät, regionnät och lokalnät som förser elvägen med energi. Det är tekniskt möjligt att koppla elvägen till olika funktionella nivåer i elnätsinfrastrukturen [25]. Efter det redan existerande elnätet, vid den så kallade anslutningspunkten, behöver elen transformeras till rätt spänning för elvägen varefter den överförs via ett nytt lokalt elnät längs vägen till infrastrukturen för kraftöverföring, dvs. elvägstekniken. Elkraften förs sedan över till fordonet med hjälp av en avtagare alternativt induktivt beroende på vilken elvägsteknik som används.

I grundscenariot kan det antas att elektrifiering kommer att tillföras en redan befintlig väg. Det är därtill möjligt att bygga ut elvägsinfrastruktur genom att utöka en befintlig väg med ett nytt körfält där elvägstekniken byggs. Vid nyanläggning av väg kan elvägsinfrastruktur också vara en integrerad funktionalitet.

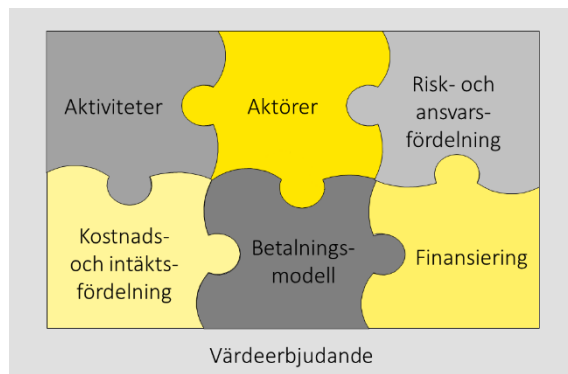
För att möjliggöra debitering av användning behövs ett system för nyttjandemätning som mäter elförbrukning och identifierar fordonen. I Figur 3 sitter detta system i fordonet. Ett system för avläsning av användning krävs också för att samla in information från fordonen, kontrollera att de som använder elvägen har tillåtelse att göra det och för att minimera otillåten användning.

De relaterade tjänsterna till elvägen består av betaltjänst, informationshantering samt tillträdeskontroll, som kopplas till systemen för nyttjandemätning, och avläsning av användning i mittsektionen av Figur 3. Betaltjänsten behöver hantera debitering av elförbrukning, nätavgift och mätning av användning av elvägen. Den information som genereras i systemet, såsom fordonets identitet och position, behöver också hanteras och kontrolleras för att säkerställa vilka som nyttjar elvägen.

En ytterligare dimension är ansvarsområden som underhåll, drift, finansiering och ägande där någon aktör behöver ansvara för ett eller flera av dessa.

## 2.5 FAKTORER SOM PÅVERKAR EN AFFÄRSMODELL

För att ta fram förslag på affärsmodeller för elvägar har utredningsarbetet utgått från ett antal olika faktorer som gemensamt kan sägas utgöra förutsättningar till en affärsmodell för marknaden. De olika faktorerna illustreras likt ett pussel i Figur 4. Det är utifrån dessa pusselbitar, eller faktorer, som uppdraget övergripande har utgått från och som ingår i metodbeskrivningen i avsnitt 1.4. Inom ramen för en affärsmodell kan flera olika s.k. värdeerbjudanden av olika aktörer tillhandahållas baserat på en sammanhållen affärsidé, i detta fall elvägsutbyggnaden.



Figur 4: Faktorer som påverkar en affärsmodell

## 3 MARKNADSAKTÖRER OCH INTRESSENER FÖR ELVÄGAR

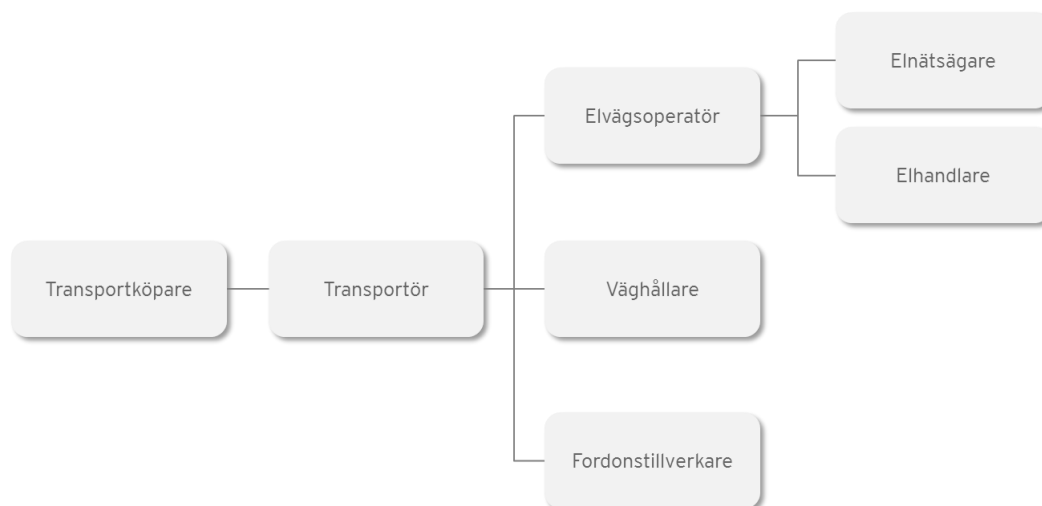
Ett elvägssystem består av flera komponenter och tjänster, vilket gör att flera olika aktörer behöver interagera i olika roller för att systemet som helhet ska fungera. I Figur 5 beskrivs schematiskt de roller elvägssystemet kan bestå av och hur de kan struktureras. Samtliga roller, förutom rollen elvägsoperatör, finns företrädda genom företag på marknaden redan idag, vilket innebär att det redan finns aktiva aktörer som sannolikt kan ta en roll i en framtida elvägsaffär. Dessa aktörers nuvarande affärsmodeller behöver dock inte vara direkt överförbara till elvägen utan kan behöva modifieras i olika utsträckning.

Eventuell horisontell och/eller vertikal integration mellan olika roller är möjlig, vilket skulle skapa nya affärsmodeller med nya värdeerbjudanden. Ett exempel utifrån Figur 5 kan vara att ett elnätfsföretag helt eller delvis tar rollen som elvägsoperatör. Vidare skulle elvägsoperatören, om den inte är ett elnätfsföretag, kunna agera elhandlare genom att köpa in elkraft och förmedla vidare till transportören. I det här fallet är det också möjligt att förändra värdeerbjudandet genom att t.ex. sälja tidsbegränsad tillgång till elvägen istället för el.

Rollen som elvägsoperatör, att tillhandahålla infrastruktur för kraftöverföring, har idag ingen självklar aktör. Något som diskuteras är Trafikverkets roll i ett elvägssystem. Bland de aktörer som intervjuats



nämner vissa Trafikverket som en naturlig part för att ta rollen som elvägsoperatör. Det är bland annat därför viktigt att definiera vilka roller Trafikverket skulle kunna ta ansvar för. Trafikverket har idag rollen som väghållare men det är inte givet att de logiska sambanden mellan elvägsinfrastrukturen och väginfrastrukturen är tillräckligt starka för att motivera en statligt ägd elväg [11]. Traditionellt sett har staten därtill, som ovan noterats, inte varit ansvarig för att förse vägfordon med drivmedel vilket dynamisk tillförsel av el kan ses som.



Figur 5: Roller i ett elvägssystem

Strukturen för rollerna i elvägssystemet utgår i grunden från att en transportköpare väljer att transportera sitt gods på väg. Därefter är det upp till transportören att frakta godset från plats A till plats B. Om transportören väljer att använda elvägen behöver denna ett fordon anpassat till elvägen, en elvägsinfrastruktur att använda samt en väg att köra på. För att elvägsinfrastrukturen ska fungera behövs en anslutning till elnätet samt tillförsel av elkraft.

Strukturen som beskrivs ovan och i Figur 5 skulle kunna se annorlunda ut. I ett slutet system, t.ex. vid transport inom ett privat industriområde, kan transportköparen stå för sina egna transporter och därmed även utgöra transportör. I ett slutet system kan också transportköparen vara en viktig drivare för att etablera en elväg och skulle kunna ta en roll i utbyggnaden såväl som driften av elvägen [26]. Systemet kan även se annorlunda ut beroende på tidpunkt. Nätverket i Figur 5 utgår från ett fullt utbyggt elvägssystem på allmän väg.

Det finns idag ett stort antal intressenter för elvägar på marknaden. Dessa kan delas in i direkta och indirekta intressenter där direkta intressenter kan ha en framtida roll i elvägssystemet och indirekta intressenter kan komma att påverkas av elvägen utan att inneha en roll i elvägssystemet. Fördelningen mellan dessa kan se annorlunda ut beroende på tidpunkt och i olika projekt. Eftersom intressenterna kommer vara involverade på olika sätt har de även olika drivkrafter för elvägar. Drivkrafterna påverkar i sin tur viljan att ta olika roller i elvägsutbyggnaden. I Tabell 1 presenteras översiktligt potentiella drivkrafter för de direkta intressenterna att engagera sig i elvägar.

Tabell 1. Drivkrafter för elvägens intressenter

Direkta intressenter	Potentiella drivkrafter för elväg
Transportköpare	Lägre transportkostnader Hållbarhet som konkurrensfördel
Transportör	Lägre drivmedelskostnader och underhållskostnader Hållbarhet som konkurrensfördel i ett tidigt skede

Fordonstillverkare	Ny affärsmöjlighet I ett inledande skede möjlighet att påverka teknikval och därmed tidigt ta marknadsandelar Hållbarhet som konkurrensfördel Ökad andel miljövänliga fordon
Elvägsleverantör	Försäljning av elvägsinfrastruktur I ett inledande skede möjlighet att påverka teknikval och därmed tidigt ta marknadsandelar
Elvägsoperatör	Ny affärsmöjlighet
Väghållare	Minska andelen transporter med fossila drivmedel Ökad energieffektivitet Minskat fordonsbuller och emissioner
Elhandlare	Ökad försäljning av el
Elnätsföretag	Tillväxt genom utökad nätverksamhet
Investerare	Långsiktig investering med stabilt kassaflöde över tid Gröna investeringar

### Transportköpare och transportörer

För både transportköpare, det vill säga den som äger varan som ska transporteras, och för transportörer, t.ex. en speditör, är en väsentlig drivkraft att minska kostnaderna. Drivmedel utgör idag transportörens näst största kostnad efter förarkostnaden [27]. Minskar transportörernas kostnader vid användning av elvägen är det rimligt att anta att de kommer använda den. Detta skulle i sin tur leda till möjligheten att erbjuda lägre priser till kunderna, det vill säga transportköparna. Elektrifierade fordon uppges också i ett längre perspektiv vara mindre underhållskrävande än förbränningsmotorförsedda fordon.

Förutom kostnader är en drivkraft för transportköparna även driftsäkerhet. Om varorna inte kommer fram inom en rimlig tid spelar transportkostnaderna mindre roll. Vid antagandet att driftsäkerheten är oförändrad vid införandet av elvägar bör transportköparna välja de transportörer som kan leverera transporttjänsten till den lägsta kostnaden. Hybriddrift med el och diesel kommer troligen vara dominerande, i alla fall under ett tidigt skede, för att kunna använda lastbilen på andra sträckor när så krävs. Det är positivt för driftsäkerheten eftersom lastbilen då kan drivas med diesel om elförsörjningen inte fungerar även om fordonets komplexitet ökar. Att öka transporttjänstens hållbarhet kan ses som en extra fördel då kundernas medvetenhet samt politiska krav och incitament för att minska miljöpåverkan ökar.

### Fordonstillverkare

Fordonstillverkare får i och med elvägen möjligheten att sälja en ny typ av fordon. Vidare finns möjligheten att i ett tidigt skede vara med och etablera den nya elvägsmarknaden, vilken elvägsteknik som kommer bli gängse standard och potentiellt dra konkurrensfördelar från det. Även hållbarhet kan vara en viktig drivkraft för fordonstillverkarna.

### Elvägsleverantörer

Elvägsleverantörer, de aktörer som utvecklar elvägsinfrastruktur, drivs rimligen av att kunna sälja denna infrastruktur och av att kunna påverka vilken elvägsteknik som utgör en framtida standard.

Dessutom kan möjligheten att sälja tjänster kopplade till elvägen uppstå som t.ex. service och viss drift.

#### **Elvägsoperatör**

För en framtida elvägsoperatör innebär etableringen av elvägar en ny affärsmöjlighet med möjligheter till lönsam drift och investeringar.

#### **Väghållare**

På allmän väg är staten genom Trafikverket, eller i vissa fall kommuner, väghållare. Deras drivkraft för elvägar är att minska andelen transporter med fossila drivmedel, som en del i att nå de uppsatta klimatmålen men också för att öka energieffektiviteten. Därtill kan buller från trafiken minska genom elektrifieringen.

#### **Elhandlare och elnätsföretag**

För både elhandlare och elnätsföretag skapas genom elvägen möjligheter till tillväxt i ett nytt marknadsområde och därmed nya kunder med nya efterfrågemönster.

#### **Investerare**

Investerare, såsom infrastrukturfonder, kan vara intresserade av elvägar eftersom det finns potential till långsiktiga investeringar med stabila kassaflöden över tid. Möjligheten att investera hållbart kan även vara intressant för vissa. Förutsättningarna för finansiering beskrivs i kapitel 8.

#### **Indirekta intressenter**

Utöver de direkta intressenterna finns det även indirekta intressenter som på något sätt har ett intresse av elvägutbyggnaden eller kan komma att påverkas av den. Dessa är t.ex.:

- Byggbolag
- Akademin och andra forskningsaktörer
- Departement och myndigheter
- Regioner och kommuner
- Leverantörer av fossila drivmedel
- Allmänheten

## **4 ÖVERGRIPANDE KOSTNADER FÖR UTBYGGNAD OCH DRIFT AV ETT ELVÄGSSYSTEM**

---

Eftersom elvägar är en relativt ny teknik som ännu inte har testats i större skala under en längre tidsperiod är det svårt att med precision beräkna kostnaderna för att bygga ut och driva ett sådant system. De siffror och underlag som redogörs för i detta avsnitt bygger på tidigare studier och utredningar och är i många fall uppskattningar utifrån tidiga erfarenheter och andra liknande lösningar så som spårväg, järnväg och trådbuss. Även om de faktiska kostnaderna vid en framtida utbyggnad sannolikt skiljer sig från dessa bedömningar i tidiga skeden ger de ändå en fingervisning om storleksordningen som bör vara rimlig.

I Tabell 2 nedan presenteras kostnaderna förknippade med elvägen översiktligt, för att ge en bild av storleken på de investeringar som krävs.

Tabell 2. Övergripande investeringsutgifter och driftkostnader för elvägen

<b>Investeringsutgifter</b>		<b>Källa</b>
Utbyggnad av elväg (Infrastruktur för kraftöverföring och elnätsutbyggnad) i båda riktningarna	Konduktivt luftburet: 9-14 MSEK/km	[24], [28], [29], information från tillverkare
	Konduktivt från vägen: 5-10 MSEK/km	
	Induktivt från vägen: 10-35 MSEK/km	
Endast elnätsutbyggnad	4-8 MSEK/km	[24], [29], [28]
Merkostnad för anpassning av fordon	0,5-0,8 MSEK/fordon	[24]
<b>Driftkostnader</b>		
Elkraft- och elnätsavgift vid användning av elvägen	0,7-1,6 SEK/körd km	[24], [29]
Underhåll av elväg	Uppskattning om ca 1,5 % av CAPEX	Information från tillverkare och Trafikverket, baserat på erfarenhet från järnväg

Investeringsbehovet i elvägar är osäkert, både beroende på teknikval men också för enskilda tekniker. Investeringsvolymen för induktiv överföring från vägen förefaller vara särskilt osäker, troligtvis på grund av att det är en nyare och mindre beprövad teknik. Den lägre gränsen i intervallet för induktiv teknik är sannolikt en optimistisk skattning. Infrastrukturen för kraftöverföring har även en osäker livslängd, vilket gör investeringskalkyler svåra att genomföra. Elnätsutbyggnaden har jämförelsevis en mer förutsägbar livslängd. Trots osäkerheten är det intressant att jämföra elvägens investeringsbehov med annan infrastruktur. I lätt terräng bedöms investeringsutgiften för motorväg vara ca 50 MSEK/km och dubbelspårig järnväg ca 100 MSEK/km enligt Trafikverkets erfarenheter. Funktionaliteten är dock inte helt jämförbar. Även underhållskostnaden är en grov skattning, baserad på erfarenhet från järnvägen och studier i Tyskland. Elvägen skulle potentiellt kunna försvåra underhållet av väginfrastrukturen vilket kan orsaka merkostnader.

Investeringen för utbyggnad av elnätet beror t.ex. på vilken vägsträcka som elektrifieras, hur många transformatorstationer som krävs och vilken kapacitet nätet behöver klara av. Just kapaciteten kan ha en extra stor påverkan på kostnaden. Vid en elektrifiering av vägsträckan Stockholm-Jönköping-Göteborg beräknar Viktoria Swedish ICT investeringsutgiften till ca 20 MSEK/km för att klara maxkapacitet [28]. På grund av att förstärkningar behöver göras i regionnätet i detta fall blir investeringsbehovet betydligt högre än det som presenteras i Tabell 2, vilket illustrerar osäkerheten. Den beräknade maxkapaciteten i det här fallet var dock mycket hög.

Fordonsmerkostnaden består av avtagare och andra tillägg som behövs för att kunna ta emot elkraft [24]. Kostnaden för elkraft och elnät varierar men beror också på fordonets energiförbrukning per kilometer. Differensen mellan denna kostnad för eldrift och diesel avgör den potentiella ekonomiska

vinningen en elväg kan ge för transportören. Av den anledningen kan förändringar i skatter för dessa två drivmedel få en avgörande påverkan på affären för transportören och därmed hela elvägssystemets värdeerbjudande och realiserbarhet. Flera marknadsaktörer har lyft fram skatterna som en viktig parameter för genomförbarheten [30]. Effekten av eventuella skatteförändringar studeras inte vidare inom ramen för denna utredning men kan konstateras ha en väsentlig påverkan på elvägens ekonomiska potential på sikt. Att just diesel används som jämförelse beror på att det i dagsläget är det alternativ som har lägst kostnad. I framtiden kan detta, delvis beroende på just skatter, förändras och jämförelsen kan då istället behöva göras med något annat drivmedel.

Osäkerheten i investeringsutgifter och driftkostnaderna påverkar den ekonomiska kalkylen, där det är särskilt svårt att beräkna vid vilken årsdygnstrafik elvägen når lönsamhet, dvs. break even. På grund av detta är demonstratorer och piloter väsentliga att genomföra för att samla in ytterligare kostnadsdata och erfarenheter.

Hur kostnaderna i Tabell 2 förhåller sig till olika genomförandefaser är svårt att avgöra då källorna skiljer sig åt i hur de presenterar kostnadernas tidpunkt. Troligen belyser kostnadsestimaten bäst en tidig kommersiell fas, vilket nämns i en av källorna, där det varken handlar om den allra första anläggningen men inte heller om en mogen fas. Det är troligt att fordonsmerkostnad och kostnaden för infrastruktur för kraftöverföring kan minska med tiden.

## 5 Betalningsmodeller

---

Vid användning av elvägen kan övergripande fyra komponenter identifieras som drivare av kostnader och som behöver tas hänsyn till vid utformning av en lämplig betalningsmodell:

- Elvägsinfrastruktur
- Energi (elenergi och elnät)
- Fordon och avtagare
- Väginfrastruktur

Då väginfrastrukturen finansieras genom statliga anslag idag och antas fortsätta så även vid en utbyggnad av elväg bör den posten kunna exkluderas från betalningsmodellen för elvägssystemet. Det kan dock tänkas att vägavgifter kommer att införas i högre grad än idag under kommande år, som kan påverka finansieringsmodellen. Övriga tre komponenter bedöms därför ingå i en framtida betalningsmodell för elvägen.

### 5.1 BETALNINGSMODELLER SOM TAGITS UPP I TIDIGARE STUDIER

Tänkbara betalningsmodeller för elvägar har i begränsad utsträckning tagits upp i tidigare studier. RISE Viktoria har dock särskilt utrett frågan i deras *Förstudie om betalsystem för elvägar* [16] och den används därför som primär källa i detta avsnitt utan att ställning tas till olika förslag och dessas genomförbarhet. I förstudien jämförs elvägar med telekommunikation och järnväg. Även kilometerskatt på väg tas upp som en möjlig brukarfinansiering. De betalningsmodeller som beskrivs utifrån telekom, järnväg och kilometerskatt återges kort nedan.

I en modell liknande den för telekom kan infrastrukturen ägas av en aktör, drivas av en annan och användas till att sälja tjänster av en tredje. Nyttjaren kan använda en aktörs infrastruktur vid en tidpunkt och sedan använda infrastruktur ägd av någon annan vid en annan tidpunkt, vilket kan bli fallet i ett elvägssystem med olika elvägssträckor som hanteras av olika elvägsoperatörer. Nyttjaren

har dock bara kontakt med den som säljer den slutliga tjänsten [16]. Kunden betalar ofta fastpris för ett abonnemang där en viss mängd förbrukning av olika tjänster ingår.

Elvägssystemet kan också liknas vid järnvägen genom att det i grunden utgör handel med elenergi för transporter. På järnvägen betalar nyttjaren avgifter till Trafikverket, där en del är elförbrukningsavgift. Trafikverket köper i sin tur upp elkraft på marknaden via ombud [16]. Denna lösning är dock ett specialfall på grund av historiska skäl och inte självklart giltig för elvägar.

För att finansiera framtida underhåll och investeringar i väginfrastruktur kan en kilometerskatt tas ut. I nuläget finns det ingen sådan skatt i Sverige men i en potentiell modell skulle användaren bli försedd med en fordonsenhet som ger information om användarens id och position. På så sätt kan sedan fordonsägaren beskattas baserat på den sträcka fordonet kört [16].

RISE Viktoria [16] beskriver också möjliga betalningsmodeller för elvägar med olika användningsområden. En av dessa är varutransport på elväg. I det exemplet antas väghållaren i form av Trafikverket eller kommuner tillhandahålla elvägen och ett lokalt elnät för vägen. Elvägen är i sin tur ansluten till flera olika elnät och väghållaren betalar den sammanlagda avgiften till respektive elnätsföretag. Speditören betalar väghållaren för användning och underhåll av elvägarna. Elen köper speditören antingen av valfri elhandlare eller från väghållaren, som på järnvägen. Denna modell är inte helt olik de roller och den struktur som beskrivs i Figur 5, med skillnaden att det här antas att väghållaren och elvägsoperatören utgörs av samma part och att denna part är Trafikverket eller kommuner.

## 5.2 MÖJLIGHETER FÖR BETALNINGSMODELLER I ETT ELVÄGSSYSTEM

Som nämnts tidigare bör betalningsmodellen för ett elvägssystem hantera betalning för användning av elvägsinfrastrukturen, förbrukning av elenergi och anslutning till elnätet samt fordon och avtagare.

### **Elvägsinfrastruktur**

Nyttjaren kan potentiellt betala för användning av elvägsinfrastrukturen på flera sätt. Betalningen kan t.ex. baseras på hur mycket el som förbrukats, hur lång tid nyttjaren använt elvägen eller utifrån körsträcka. Möjligheten finns också att skapa abonnemang med fastpris. Fördelar med att basera priset på elförbrukning är att det skapar incitament för energieffektivisering, samt att en mer rättvis struktur uppstår då olika tunga fordon förbrukar olika mycket el per kilometer.

I en fas där elvägar byggs ut storskaligt kan det uppstå situationer då nyttjaren använder olika elvägar ägda av olika operatörer. För att undvika separata avtal med flera olika aktörer är det därför troligt att någon form av roaming-avtal utvecklas, likt inom telekom.

Elvägsinfrastrukturen kan teoretiskt ses som en del av väginfrastrukturen som därmed finansieras inom samma finansieringsform. Alternativ som den tidigare nämnda kilometerskatten är då möjliga. I detta fall påverkas dock möjliga betalningsmodeller av det så kallade eurovinjettdirektivet som beskriver hur avgifter på tunga godsfordon för användning av vissa infrastrukturer får tas ut [31]. Vidare utredning av legala förutsättningar ingår som ovan nämnts inte i utredningen och möjligheter och eventuella begränsningar med kilometerskatt kommer därför inte vidare beskrivas. Trafikverket utreder detta och andra legala implikationer för elvägar separat.

### **Elnätsinfrastruktur**

De avgifter som tas ut för överföring via, samt anslutning till, elnätet regleras av Energimarknadsinspektionen, Ei. Elnätsavgiften består vanligen av en fast abonnemangavgift och en rörlig elöverföringsavgift [32]. I ett elvägssystem kan nyttjaren potentiellt röra sig mellan områden

med olika elnätsföretag vilket betyder att betalning i så fall ska kunna ske till flertalet aktörer. En möjlighet för att underlätta betalningsmodellen är att elvägsoperatören ingår elnätsavtal och betalar elnätsavgiften till respektive elnätsföretag och sedan gör ett motsvarande påslag i prissättningen mot nyttjaren, vilket också föreslås i *Förstudie av betalsystem för elvägar* av RISE Viktoria [16] samt vid intervjuer [33]. Oberoende av hur elnätet byggs ut, se avsnitt 6.1 för beskrivning av alternativen, kommer ett fysiskt gränssnitt mellan elnätsföretag och elvägsoperatör att uppstå där de komponenter som ägs av elvägsoperatören möter de komponenter som hör till elnätet. Det är därför logiskt att elvägsoperatören ingår elnätsavtal.

### **Elhandel**

Förbrukning av el betalas i vanliga fall till ett elhandelsföretag som väljs fritt av den person eller företag som ingått ett elnätsavtal [34]. Priset per kWh bestäms på marknaden och kunden kan välja ett rörligt pris eller att fixera det över en viss tid [35]. Det är troligt att elhandeln via elvägen kommer fungera likadant, vilket innebär att elvägsoperatören köper in elkraft från marknaden, enligt resonemanget att elvägsoperatören innehar elnätsavtal i föregående stycke. Det teoretiska fallet att Trafikverket skulle utgöra elvägsoperatören kan liknas vid modellen för järnvägen, där Trafikverket köper in elkraft som säljs vidare, överensstämmer till viss del med förslaget ovan om att elvägsoperatören köper in elkraft. Modellen för järnvägen ses dock som ett specialfall och kommer antagligen inte efterliknas för elvägar enligt de initiala diskussioner som förts med Trafikverket om detta under utredningen.

Att ge enskilda transportörer möjlighet att välja elhandlare är ett annat alternativ. Likt dagens drivmedelsmarknad skulle då transportören fritt få välja drivmedelsleverantör, vilket innebär en ökad konkurrens jämfört med ovan berört alternativ. Det här scenariot är dock mer komplext då transaktioner mellan transportör och elhandlare behöver hanteras. För att göra detta möjligt behöver någon aktör ansvara för att mäta elförbrukningen i varje fordon samt hantera information om vilken elhandlare som är leverantör till respektive fordon. Det är tveksamt om en framtida elvägsoperatör är motiverad att erbjuda en sådan lösning men elhandeln skulle möjligtvis kunna separeras i ett scenario där en annan aktör ansvarar för elmätningen.

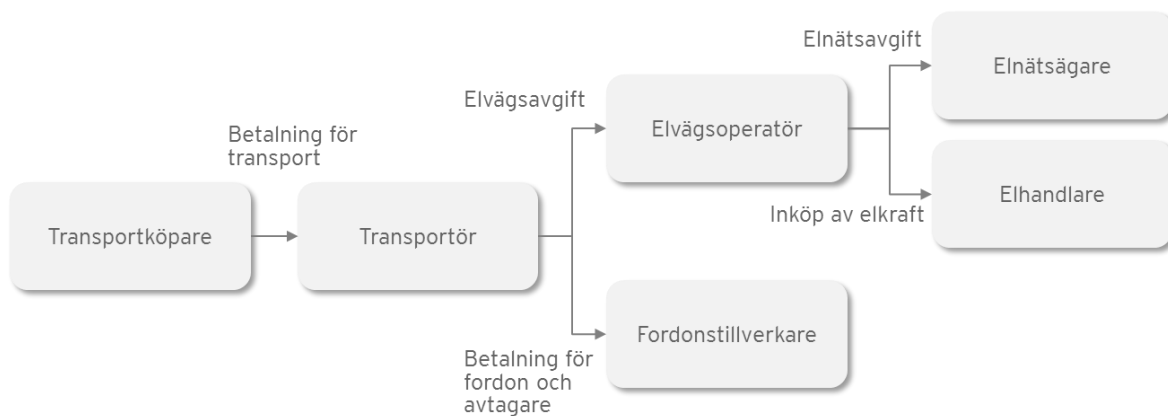
Oavsett vem som köper in elkraft från marknaden kan ett rörligt pris över dygnets timmar införas mot transportörer. Då kan ett kostnadsincitament skapas för att förlägga vissa transporter under kvällar och nätter när elpriset är lägre, vilket sammanfaller med tider då vägnätet är lägre belastat. Detta kan samtidigt medföra andra ökade kostnader t.ex. för personal som kan motverka kostnadsfördelen som elpriset kan ge. Detta utreds dock inte vidare i denna rapport.

### **Fordon och avtagare**

Slutligen ska även fordonet och avtagaren betalas för. Scania, Volvo och andra fordonstillverkare hanterar dessa tillsammans och driver utvecklingen med olika typer av avtagare till sina fordon [36] [37]. För Elonroads elvägslösning med konduktiv överföring via skena på marken utvecklas avtagaren separat som en tredjepartslösning [38]. I framtiden är det möjligt att avtagare köps separat från fordonet och monteras i efterhand. På en mer mogen marknad kan fordon och avtagare potentiellt ses som en tjänst som ingår affärsmodellen för elvägar där nya värdeerbjudanden eventuellt kan skapas, t.ex. genom att erbjuda transportlösningar och inte enbart drivmedel. Den här utredningen utgår dock från att fordonet och avtagaren kommer anskaffas, det vill säga köpas eller leasas, av transportören i en separat transaktion.

### **Möjlig betalningsmodell**

Sammantaget kan en möjlig affärsmodell utifrån resonemangen i avsnitten ovan beskrivas genom Figur 6.



Figur 6. Möjlig betalningsmodell för ett elvägssystem

I det fall elvägsoperatören köper in elkraft finns möjligheten till olika värdeerbjudanden mot transportörer, vilket inte behöver vara baserat på elförbrukning. I en modell där elevägsavgiften inte baseras på elförbrukning behövs det å ena sidan ingen elmätare i fordonet. Å andra sidan skapar individuell elmätning incitament till energieffektivare körning. Möjligheten att ge transportören fritt val av elhandlare, vilket skulle stärka konkurrensen på marknaden, samt eventuella begränsningar som följd av ellagen bör utredas vidare.

### 5.3 PRISSÄTTNING

Huruvida priset som transportörerna betalar till elvägsoperatören för att använda elvägen bör regleras eller inte har diskuterats i utredningen. Likt elnätet uppstår naturliga monopol då det endast kommer finnas en elväg att tillgå på en specifik sträcka, vilket talar för att en reglering behövs. Transportören har dock valet att inte använda elvägen, förutsatt att fordonet är hybridiserat. Vid en marknadsprissättning, inom ramen för ellagen, är det därför rimligt att priset för att använda elvägen, inklusive elförbrukning, närmar sig men inte överstiger det effektiva priset per kilometer för det alternativa drivmedlet. För att motivera fordonsmerkostnaden behöver en differens mellan alternativen troligen finnas. Om priset för elvägen på lång sikt skulle överstiga alternativet är det inte troligt att transportörer investerar i ett fordon anpassat för elvägen. I samband med utbyggnaden av demonstrationssträckan på E16 tillfrågades transportörer om deras betalningsvilja och det framkom att de endast ville använda elvägen så länge den var billigare än alternativa drivmedel [39].

Om en så hög elevägsavgift krävs för att uppnå önskad avkastning på infrastrukturinvesteringen att transportören inte minskar sina kostnader kommer en utbyggnad av elväg antagligen inte vara ekonomiskt hållbar, om man ser enskilda vägsträckor för sig. Bäst ekonomiska förutsättningar har de vägsträckor med mycket tung trafik, vilket också är de sträckor där en elektrifiering kan bidra mest till minskade utsläpp. En annan viktig förutsättning är öppna standarder för elvägsteknik och anpassade fordon för att möjliggöra effektiv konkurrens och öka tillgängligheten till systemet för olika leverantörer. På en konkurrensdriven marknad finns över tid tendensen att aktörer som inte uppnår lönsamhet på vissa delmarknader ändå kan tillhandahålla tjänster genom intern korssubventionering. Under en övergångsperiod kan stöd från offentliga aktörer krävas för att uppnå tillräcklig lönsamhet för vissa sträckor.



## 6 TÄNKBARA AFFÄRSPAKET FÖR UTBYGGNAD AV ELVÄGAR

Utifrån den övergripande bilden av systemet och dess totala omfattning kan de olika fysiska komponenterna och tjänsterna paketeras på olika sätt för att skapa affärer. Ett antal kriterier har tagits fram för att vägleda affärspaketeringen:

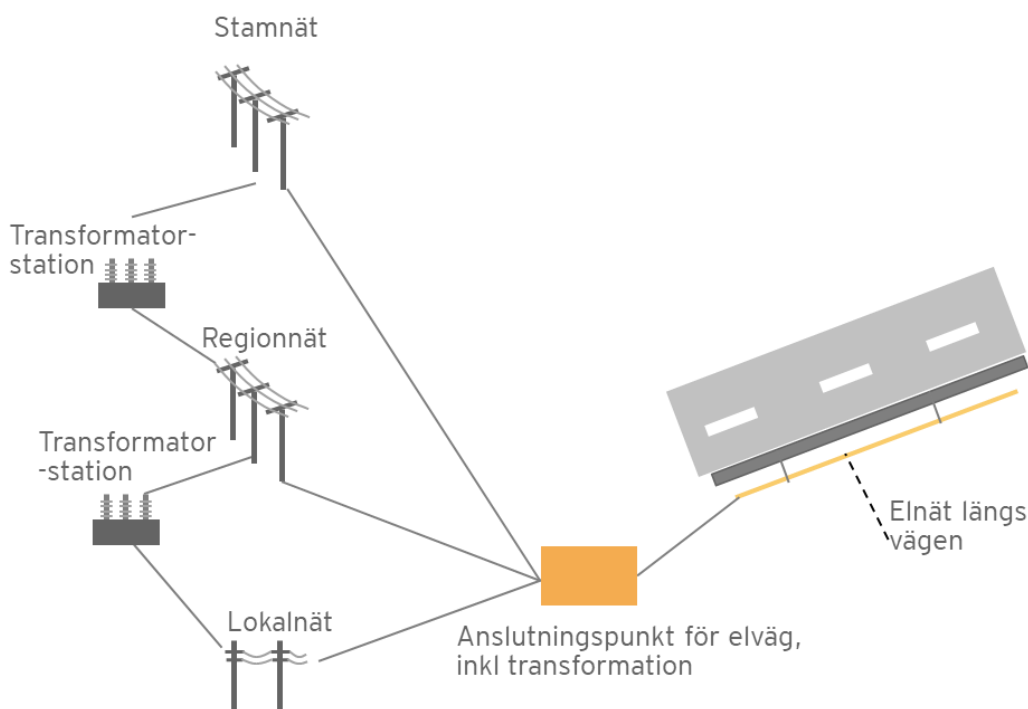
- Affären ska innehålla minst en fysisk tillgång
- Det ska finnas relaterade tjänster till denna tillgång
- Det ska finnas en tydlig leverantör och kund
- Möjlighet till leveransåtagande över tid bör finnas och leveransen ska gå att mäta
- Det ska finnas möjlighet för alternativa former för genomförande, dvs. det ska vara möjligt för en privat aktör att helt eller delvis driva affären

Syftet med dessa kriterier är att så långt som möjligt ta fram kommersiellt gångbara affärer som har potential att attrahera privata aktörer att bidra till utbyggnaden av elvägar.

Under utredningen har fyra förslag på affärspaket tagits fram som successivt framstått som rimliga och hållbara utifrån dessa kriterier och de intervjuer, möten och workshops som har genomförts. Paketet består av de olika fysiska komponenter och tjänster som beskrivs i elvägssystemet ovan och kan ses som byggstenar i ett större system. Dessa affärspaket ska ses som ett första steg till framtida affärer och kan mycket väl komma att se annorlunda ut, både avseende innehåll och genomförande, vid en faktisk utbyggnad. I avsnitten nedan beskrivs respektive paket för sig varefter tänkbara kombinationer av paket beskrivs.

### 6.1 AFFÄRSPAKET 1: ELNÄTSUTBYGGNAD

Det första affärspaketet består av anslutningspunkten för elväg samt elnätet längs vägen, se Figur 7.



Figur 7: Komponenter i affärspaket 1

Ingående komponenter	Tänkbar leverantör	Tänkbar kund
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anslutningspunkt för elväg</li> <li>• Elnät längs vägen</li> <li>• Ev. förstärkning av befintligt elnät</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elnätsägare</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elvägsoperatör</li> <li>• Nyttjare av elvägen (transportörer)</li> </ul>

Huruvida elnätet längs vägen byggs ut från stamnät, regionnät eller lokalnät kan lämnas öppet då samtliga alternativ är möjliga [40, 33].

Den tänkbara leverantören är i detta paket en elnätsägare och kunden kan antingen ses som elvägsoperatören som betalar elnätsavgift eller nyttjaren av elvägen beroende på hur betalningsmodellen utformas, se avsnitt ovan för beskrivning av tänkbar betalningsmodell.

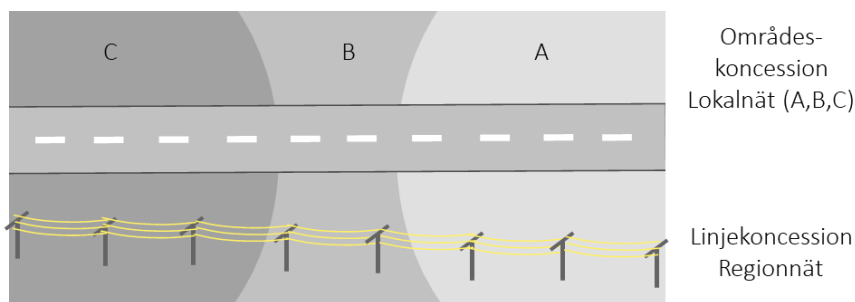
Den här affären kan ses som en traditionell utbyggnad av elnätet och det finns idag en fungerande reglerad marknad för det. Affären bör jämfört med övriga paket innebära en relativt låg risk då det kan ses som en konventionell affär för ett elnätsföretag så länge ett nyttjande finns. Nyttjandegraden för den nya anläggningen är något som särskilt framhållits som viktig av elnätsföretag för att reducera risk, där det vidare behöver utredas om eventuella garantier för detta skulle kunna ges av staten [33, 40].

Vidare finns det potential att använda elnätsutbyggnaden till mer än endast elvägen. Ett elnät längs vägen kan t.ex. användas till statisk laddinfrastruktur eller andra etableringar såsom ny vindkraft [30]. Utbyggnaden kan jämföras med utbyggnad av öppen fiber där flera aktörer och leverantörer kan ansluta sig i efterhand. Att elektrifiera vägen kan med detta synsätt vara en bra investering för elnätet i stort för att förstärka och bygga ut kapaciteten [40, 41]. Att kunna använda elnätet längs vägen till andra användningsområden än enbart elväg tyder på att ett logiskt affärsgränssnitt finns mellan elnätet längs vägen och infrastrukturen för kraftöverföring.

Hur elnätsutbyggnaden praktiskt kan genomföras regleras av Ellagen (1997:857) och Förordning (2007:215) om undantag från kravet på nätkoncession enligt ellagen (1997:857), den sk. IKN-förordningen, och tre alternativ förefaller finnas:

1. Elvägen ansluts till respektive nätkoncession för område (lokalnät) som elvägen passerar, utbyggnaden till vägen ingår då i nuvarande koncessioner
2. Anslutningspunkt för elvägen och elnät längs vägen byggs ut, från regionnätet, genom ny nätkoncession för linje
3. Anslutningspunkt för elvägen och elnät längs vägen byggs ut, från exempelvis regionnätet, som ett internt icke koncessionspliktigt nät

Alternativ 1 ovan skulle medföra att elvägen behöver anslutas till flera olika nätägare och att flera olika elnätsavgifter ska betalas, vilket riskerar vara en komplicerad lösning i praktiken, vilket nämns i avsnitt 5.2. I Figur 8 illustreras i ett exempel hur vägen kan gå genom olika områdeskoncessioner samt att det kan finnas en linjekoncession längs vägen. Alternativ 2 och 3 ovan har båda lyfts fram som möjliga för elvägsutbyggnaden under de möten och intervjuer som hållits. Om elnätet längs vägen byggs ut som icke koncessionspliktigt nät försvinner dock möjligheten att använda nätet för andra kommersiella syften. I detta scenario integreras elnätsutbyggnaden i elvägsinfrastrukturen.



Figur 8: Illustration av områdeskoncessioner och linjekoncession

Exakt hur elnätsutbyggnaden kan organiseras är något som har diskuterats mycket under utredningen och någon helt entydligt slutsats har inte gått att nå. Det konstateras att elvägsutbyggnaden medför en ny situation där den nuvarande regleringen och tolkningen av denna måste prövas i en ny situation, förslagsvis i en kommande pilotsträcka, av marknaden och av regleringsmyndigheten. En hypotes är att elnätet kommer vara koncessionspliktigt enligt ellagen men att det inte byggs ut inom nuvarande koncessioner, utan att en ny tilldelning av koncession kommer att ske av Ei. Hur elnätet kommer byggas ut och behandlas regleringsmässigt i praktiken bestäms dock först då Ei gör en prövning.

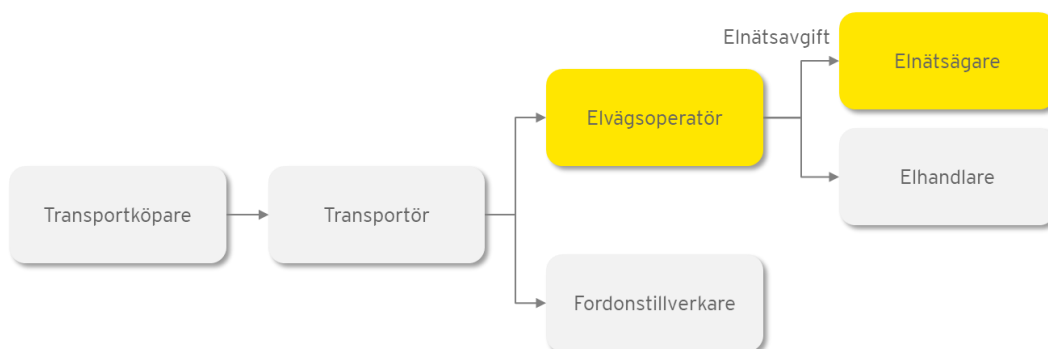
En fördel med detta affärspaket rörande elnätsutbyggnaden är att det är en känd struktur och att det finns en känd tillsynsmyndighet genom Ei. Detta är något som kan underlätta för privata investerare och skapa viss trygghet i att det finns en stabilitet och långsiktighet i förutsättningarna.

### Betalningsmodell

Vid användande av elvägen uppstår en kostnad för nyttjande av elnätet och en elnätsavgift behöver därför betalas. Två alternativ för vem som ska betala denna avgift är möjliga som beskrivs mer utförligt i avsnitt 5.2:

1. Det första alternativet är att den som tillhandhåller infrastrukturen för kraftöverföring, elvägsoperatören, ses som kund till elnätsägaren och betalar elnätsavgift
2. Det andra alternativet är att nyttjaren av elvägen, i det här fallet transportören, ses som kund till elnätsägaren och betalar avgiften

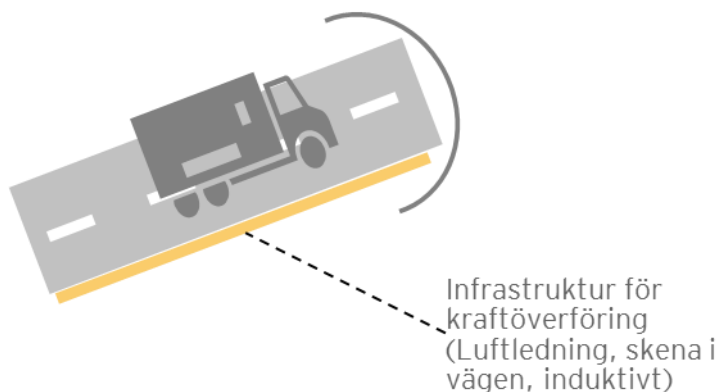
I Figur 9 beskrivs det första alternativet schematiskt.



Figur 9: Möjlig betalningsmodell för affärspaket 1

## 6.2 AFFÄRSPAKET 2: ELVÄGSINFRASTRUKTUR

Det andra affärspaketet består av infrastrukturen för kraftöverföring, se Figur 10.



Figur 10: Komponenter i affärspaket 2

Ingående komponenter	Tänkbar leverantör	Tänkbar kund
<ul style="list-style-type: none"><li>• Infrastruktur för kraftöverföring (t.ex. luftledning, skena i vägen eller induktiv överföring från vägen)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elvägsoperatör</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nyttjare av elvägen (transportörer)</li></ul>

I detta paket ingår elvägstekniken som t.ex. kan vara konduktivt luftburen, konduktivt i vägen eller induktivt i vägen. En tänkbar leverantör är en elvägsoperatör som ansvarar för uppförandet och drift av systemet med nyttjaren av elvägen som kund. Det finns inte idag någon given aktör på marknaden som naturligt kan ta rollen av att vara elvägsoperatör, men det skulle kunna vara ett konsortium eller nytt bolag med syftet att just driva elvägen. Det finns ett flertal olika leverantörer av elvägstekniker men de ser sin roll primärt som just leverantörer av teknik och tjänster men har inte uttryckt intresse av att driva elvägen på sikt [30].

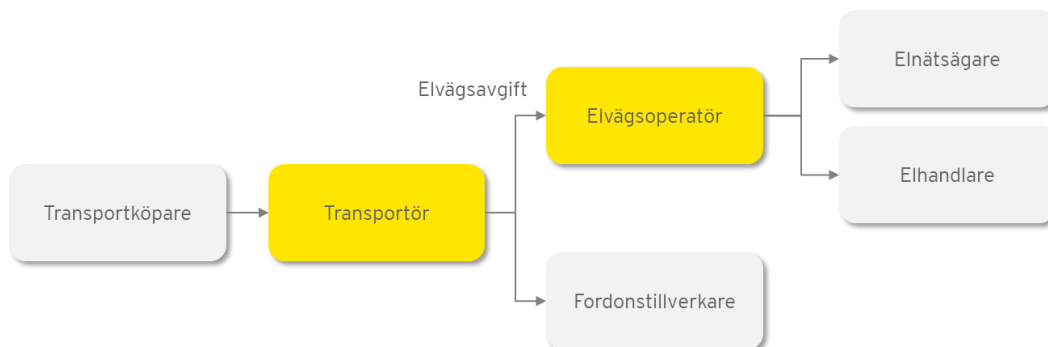
Ett annat förslag som har lyfts fram är att en elnätsägare skulle kunna stå för hela elöverföringen från befintligt nät till fordonet [40, 30]. Det skulle innebära en hopslagning av affärspaket 1 och 2, vilket generellt anses attraktivt av investerare då investeringsvolymen ökar [42]. I det här fallet måste dock elhandeln ske separat från elvägsoperatören eftersom ett elnätsföretag, enligt ellagen, inte får sälja el. Dessutom innebär det att elnätsägaren skulle få ett gränssnitt mot väghållaren, som kan uppfattas som svårt att reglera, t.ex. när det gäller underhållsåtgärder och ansvar.

Jämfört med affärspaket 1 innebär elvägsaffären, affärspaket 2, en högre kommersiell risk då marknaden är omogen och det inte går att avgöra hur användningen av anläggningen på sikt kommer att utveckla sig. Det är även osäkert vilken eller vilka elvägstekniker som en kommersiell utbyggnad i större skala kommer att byggas på, varför det är viktigt att bygga mer kunskap och erfarenheter genom demonstrationsprojekt och piloter. Vidare kan osäkerheterna kring uppförandekostnad samt driftkostnad över tid minskas i piloter. I dagsläget är kostnaderna svårbedömda vilket medför en risk.

### Betalningsmodell

Elvägsoperatören som tillhandahåller infrastrukturen för kraftöverföring kan potentiellt ta betalt av nyttjare av elvägen, transportörer, på flera olika sätt, beskrivet närmre i avsnitt 5.2. Oavsett hur

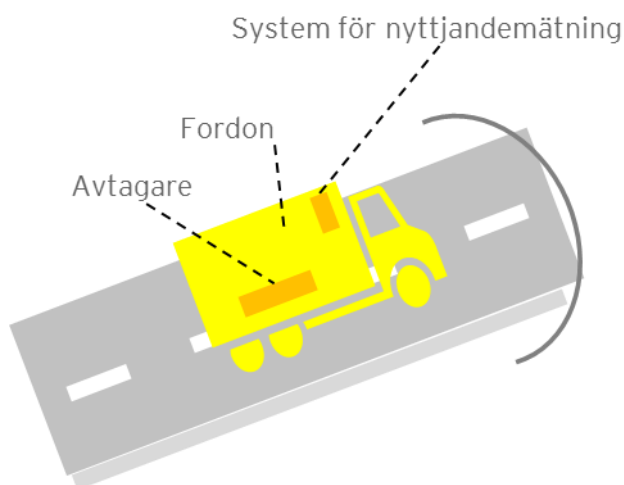
elvägsavgiften är uppbyggd sker betalning från transportören till elvägsoperatören för användning av elvägen, se Figur 11. Vid en större utbyggnad av olika elvägar kan transportörer komma att använda elvägar ägda av olika operatörer längs de vägsträckor de kör. Ett sätt att genomföra detta på är att, precis som inom telekom, skapa ett system för roaming vilket också RISE Viktoria beskriver i sin förstudie om betalsystem för elvägar [16] som refererats tidigare. Transportören behöver då endast vara kund hos en operatör men kan använda de andra operatörernas infrastruktur. Operatörerna ingår i sin tur avtal för att hantera betalningar mellan varandra.



Figur 11: Möjlig betalningsmodell för affärspaket 2

### 6.3 AFFÄRSPAKET 3: FORDON ANPASSAT TILL ELVÄGEN

Det tredje affärspaketet består av fordonet, avtagaren och system för nyttjandemätning, se Figur 12.



Figur 12: Komponenterna i affärspaket 3

Ingående komponenter	Tänkbar leverantör	Tänkbar kund
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fordon</li> <li>• Avtagare</li> <li>• System för nyttjandemätning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fordonstillverkare</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportör</li> </ul>

I fordonspaketet är hypotesen att båda avtagare och system för nyttjandemätning integreras i själva fordonet. Leverantören är fordonstillverkare och kunden transportörer.

Systemet för nyttjandemätning antas åtminstone innebära identifiering och elmätning. Huruvida elmätaren ska finnas i fordonet eller inte är något som har diskuterats under utredningen och det finns olika möjligheter. Om elförbrukning ska mätas för varje enskilt fordon kan elmätaren antingen finnas i fordonet eller i elvägen. Mätning från elvägen beskrivs närmre i avsnitt 6.4. Om elförbrukning inte ska mätas för varje fordon räcker mätningen för den totala förbrukningen som sker i gränssnittet mellan elnätsägaren och elvägsoperatören, beskrivet i affärspaket 1 ovan.

För att fordonen ska kunna köra på sträckor utan elväg kommer de rimligen att vara hybridfordon. Avtagaren behöver nödvändigtvis inte ingå i fordonsaffären utan skulle kunna införskaffas separat eller i ett annat affärspaket. Fordonen skulle då behöva byggas på ett sätt som gör att en avtagare enkelt kan monteras av en annan aktör. Till en början, innan elvägar har etablerats, är det troligt att fordonstillverkare kommer att utveckla avtagaren som en del av fordonet för att säkerställa att tekniken fungerar.

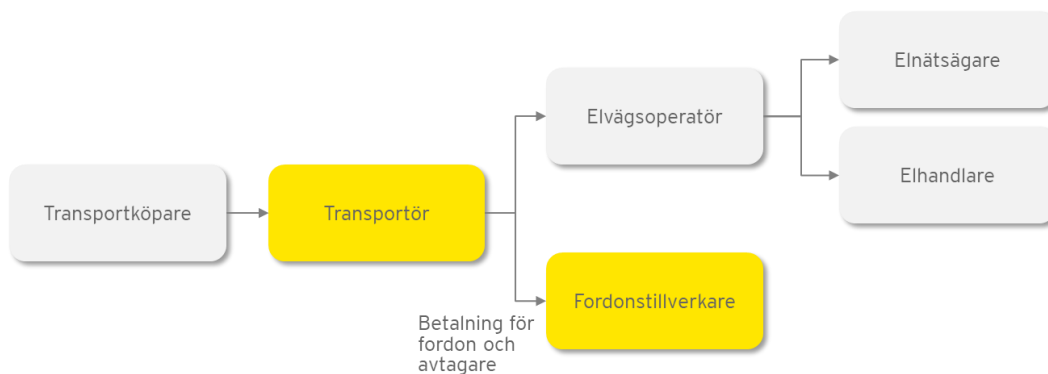
På sikt kan det vara aktuellt att köpa och montera avtagaren separat eller att den ingår i någon form av abonnemangslösning, likt affärspaket 2 ovan. För fordonstillverkare kan det också vara mer attraktivt att sälja fordon där avtagare och ev. system för nyttjandemätning monteras i efterhand för att kunna standardisera tillverkningen mer.

Något som är särskilt viktigt för transportörerna är dels att fordonsaffären lönar sig på den korta avskrivningstiden, ca 2-3 år, dels att det finns en likvid andrahandsmarknad för dessa fordon för att minimera riskerna vid anskaffningen [41]. För att få en högre likviditet på andrahandsmarknaden är det viktigt med en teknikstandard så att ett fordon inte bara kan användas på en viss elvägssträcka. En likvid andrahandsmarknad talar också för en framtida lösning där avtagare och ev. system för nyttjandemätning monteras separat för att kunna använda ett ursprungligen elvägsanpassat fordon till vanliga vägar, men också kunna köpa ett elhybridfordon i andra hand och därefter kunna anpassa det till elväg. Sådana möjligheter påverkas dock av vilken typ av elmotor och batterikapacitet fordonet har vilket inte har undersökts vidare i denna utredning.

I framtiden är det möjligt att avtagare köps separat från fordonet och monteras i efterhand. På en mer mogen marknad kan fordon och avtagare potentiellt ses som en tjänst som ingår affärsmodellen för elvägar där nya värdeerbjudanden eventuellt kan skapas, t.ex. genom att erbjuda transportlösningar och inte enbart drivmedel. Den här utredningen utgår dock från att fordonet och avtagaren kommer anskaffas, det vill säga köpas eller leasas, av transportören i en separat transaktion.

### **Betalningsmodell**

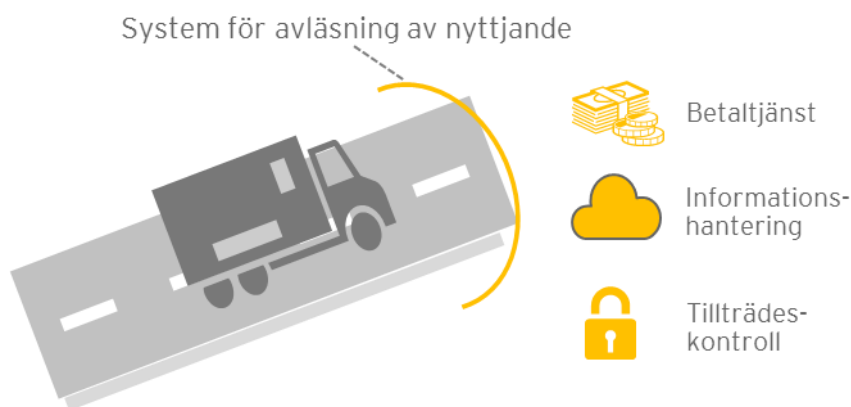
Betalningsmodellen för fordon anpassat till elvägen är troligen relativt lik den för fordon idag, i alla fall initialt. Transportören införskaffar fordonet, genom antingen inköp eller leasing, från fordonstillverkaren i en affär separat från både drivmedel och infrastruktur, se Figur 13. På längre sikt är det möjligt att betalningsmodellen för fordon förändras, t.ex. genom att det inte längre är transportörerna som anskaffar fordonen.



Figur 13: Möjlig betalningsmodell för affärspaket 3

## 6.4 AFFÄRSPAKET 4: SYSTEM FÖR AVLÄSNING OCH BETALNING

Det fjärde affärspaketet består av system för avläsning av nyttjande, betaltjänst, informationshantering och tillträdeskontroll, se Figur 14.



Figur 14: Komponenter i affärspaket 4

Ingående komponenter	Tänkbar leverantör	Tänkbar kund
<ul style="list-style-type: none"> <li>System för avläsning av nyttjande</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ny aktör: operatör av avläsning</li> <li>Elvägsoperatör</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elvägsoperatör</li> <li>Nyttjare av elvägen (transportörer)</li> </ul>

Det här paketet innefattar systemet för avläsning av nyttjande som syftar till att identifiera fordon för att kontrollera dess möjlighet att ta emot el och eventuellt mäta dess elförbrukning samt undvika olovlig användning.

Systemet för avläsning kan organiseras och byggas upp på olika sätt, i bilden ovan illustreras det som en båge över vägen likt trängselskattkontroller. Oberoende av design kommer systemet behöva kommunicera med en enhet i fordonet som avger id, position och tidpunkt. Även elförbrukning kan mätas och kommuniceras till systemet.

Ett sätt att kommunicera med fordonet är direkt från elvägen. På så sätt är det även möjligt att integrera nyttjandemätning och tillträdeskontroll, genom att mäta och kontrollera tillförseln av el till fordonen. Detta kräver dock att det är möjligt att identifiera fordonen samt slå av och på ström med korta intervall, för att kunna kontrollera enskilda fordon medan de kör. Detta illustreras i Figur 15 nedan.



Figur 15: Bild över identifiering och elöverföring

I Figur 15 kommunicerar lastbilen med systemet för avläsning som identifierar fordonet och tillåter att el överförs där fordonet är. Bakom och framför lastbilen finns inget fordon som kommunicerar med systemet och det finns därför ingen ström i dessa intervall.

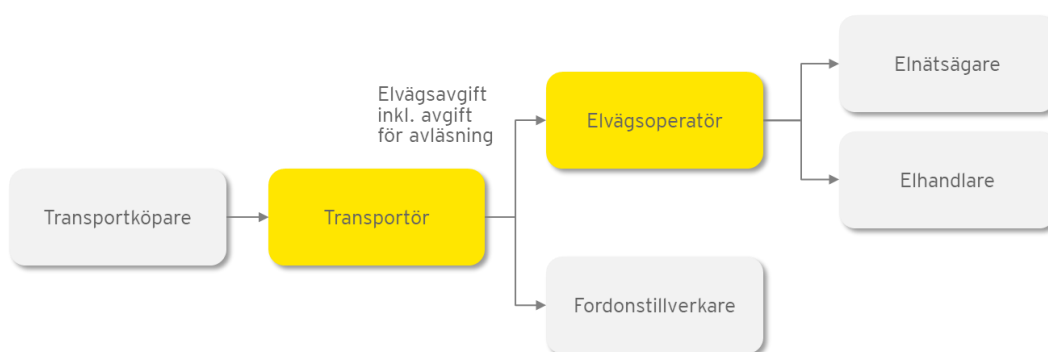
Olika intervallängder är möjliga, t.ex. ca 44 meter för konduktiv överföring via spår i vägen med Alstoms teknik [28] och endast ca 10 meter för konduktiv överföring genom skena på vägen med Elonroads teknik [43].

Det finns ingen marknad för avläsning idag vilket gör det svårt att identifiera en tänkbar leverantör. Dock finns liknande tjänster inom många olika områden såsom telekom och mobildata där enheten identifieras och debiteras utifrån förbrukning. Vidare kommer elvägar sannolikt att samexistera med autonoma fordon i framtiden, vilket gör kommunikation mellan fordon och infrastruktur extra viktig. Leverantören skulle kunna vara en helt ny aktör, en befintlig aktör från t.ex. telekombranschen men det är också sannolikt att en elvägsoperatör även vill ta ansvar för detta paket och att affärspaket 2 och 4 därmed skulle kunna utgöra en och samma affär. Den tänkbara kunden kan därför antingen vara elvägsoperatören eller nyttjaren av elvägen, dvs. transportören, beroende på om affärspaket 2 och 4 utgör en och samma affär.

Huruvida användandet av elvägen bör kontrolleras ytterligare har diskuterats i utredningen. Större kontrollfunktioner likt vägtullar är sannolikt uteslutet då vägen ska vara tillgänglig för samtliga fordon och för att undvika köbildning. Avläsning likt systemet för trängselskatt kan vara ett alternativ för att säkerställa att otillåten användning minimeras men som kan medföra ett relativt stort arbete att bygga ut och administrera.

### Betalningsmodell

Betalningsmodellen för systemet för avläsning och betalning skiljer sig från övriga då det inte är en direkt förbrukning eller tjänst som syns för nyttjarna och kunden behöver heller inte nödvändigtvis vara transportören även om betalningen kommer därifrån. En lösning skulle kunna vara att elvägsoperatören är kunden och att operatören av betalningstjänsten får en mindre ersättning för varje transaktion. För det fall affärspaket 2 och 4 utgör en och samma affär kan avgiften för avläsning ingå i elvägsavgiften som beskrivs i affärspaket 2 ovan. Detta skulle innebära en enklare lösning för hantering av betalningar och illustreras i Figur 16 nedan.



Figur 16: Möjlig betalningsmodell för affärspaket 4



## 6.5 KOMBINATIONER AV OLIKA AFFÄRSPAKET

Som nämns i avsnitten ovan finns det olika tänkbara definitioner av de olika paketen. Även olika kombinationer eller ytterligare uppdelningar är tänkbara. Eftersom det fortfarande är ett tidigt skede och marknaden är under utveckling finns potentiellt ett stort antal olika kombinationer och uppdelningar som är möjliga. I detta avsnitt återges de alternativ som framstått som tänkbara:

- Helt separata affärspaket enligt beskrivningarna ovan
- Kombination av affärspaket 2 och 4 genom att elvägsoperatören har ett helhetsansvar för avläsning, betalning och överföring av el till fordonen
- Kombination av affärspaket 1 och 2 genom att en elnätsägare har ett helhetsansvar för utbyggnad och tillhandahållande av elnät samt överföring av el till fordonen
- En kombination av affärspaket 1, 2 och 4 genom att en elnätsägare har ett helhetsansvar för utbyggnad och tillhandahållande av elnät, överföring av el till fordonen samt avläsning och betalning
- Uppdelning av affärspaket 3 i fordon respektive avtagare där avtagare monteras separat

I en storskalig utbyggnad av elvägar är det möjligt att olika kombinationer av affärspaket uppstår på olika vägsträckor. I öppna system på allmän väg är det dock troligt att en dominerande struktur för gränssnitten mot transportörerna uppstår.

## 7 RISKER OCH ANSVARSOMRÅDEN RÖRANDE ELVÄGAR

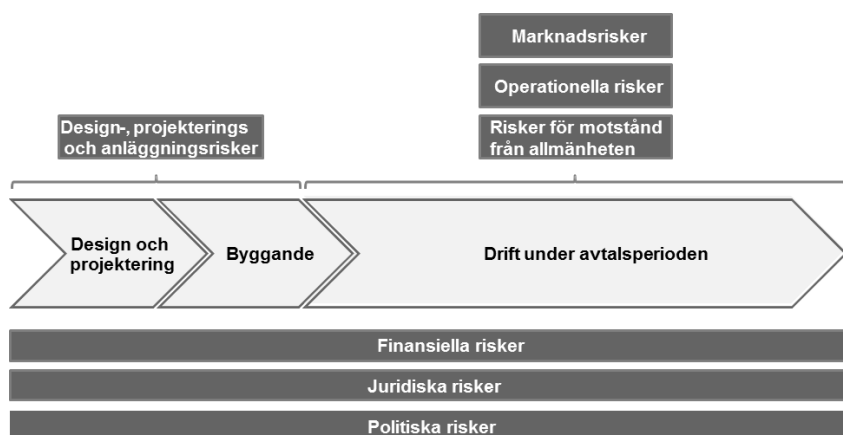
---

En god samlad riskhantering är viktigt för att hantera ett projekts totala riskexponering, minska kostnaderna och öka måluppfyllelsen med projektet. Utbyggnaden av elvägar kommer med all sannolikhet att ske genom att aktörer i privat och offentlig sektor tar olika roller som till stor del skulle kunna organiseras utanför statens förvaltning. Riskhanteringen nedan behöver därför göras både av aktörer i privat och offentlig sektor. En översiktlig riskanalys har gjorts i den här utredningen genom tre steg:

1. Identifiering av risker
2. Värdering av risker utifrån sannolikhet och konsekvens
3. Allokering av risker mellan olika aktörer

Riskanalysen har gjorts utifrån olika riskkategorier som har värderats och allokerats mellan aktörer i offentlig sektor och privat sektor. Syftet med analysen är att förstå för vilka kategorier staten eller Trafikverket kan komma att behöva ta en större roll och för vilka delar marknaden bör kunna ansvara. Analysen har genomförts genom en riskworkshop med arbetsgruppen och inbjudna representanter från bl.a. Trafikverket och KTH med kunskap och erfarenhet av elvägar.

De riskkategorier som används utgår från ett projekts livscykel, se Figur 17:



Figur 17: Översikt över risker under ett projekts livscykel

Till varje kategori har ett antal risker identifierats utifrån genomförd riskworkshop, erfarenheter från demonstrationssträckan på E16 [44] och EYs erfarenheter från liknande transportrelaterade projekt. De identifierade riskerna syftar till att beskriva kategorin och tydliggöra vilken typ av risk den representerar.

Kategorierna och exempel på risker per kategori återges i Tabell 3:

Tabell 3. Exempel på risker per riskkategori

Riskkategori	Risikexempel
Design-, projekterings- och anläggnings-risker	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nödvisdigt marktillträde ges inte</li> <li>• Planeringsrisker pga. väglagen, plan och bygglagen, miljöbalken</li> <li>• Brister i utformning och projektering</li> <li>• Fördringar under byggandefasen</li> </ul>
Operationella risker	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bristande kvalitet och funktionalitet</li> <li>• Underhållsåtgärder leder till skador på elväg eller underhållsfordon</li> <li>• Otillräcklig teknisk utveckling och innovation över tid</li> <li>• Oförutsett mycket och kostsamt underhållsbehov</li> <li>• Ökad komplexitet för räddningsinsatser vid trafikolyckor</li> <li>• Fler trafikolyckor uppstår pga. elvägen</li> <li>• Brister till följd av extrema väderförhållanden</li> </ul>
Marknadsrisker	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efterfrågan är mindre än förutsett</li> <li>• Otillräcklig belastningskapacitet i anläggningen för att möta efterfrågan</li> <li>• Begränsad konkurrens för elhandel</li> <li>• Komplikerad och dyr lösning för betalning etableras</li> <li>• Standardiseringsbeslut gör vald elvägsteknik obsolet</li> </ul>
Finansiella risker	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lågt intresse från privata investerare och finansiärer</li> <li>• Förändringar i elpriser</li> <li>• Ränteförändringar</li> </ul>
Juridiska risker	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Förändringar i lagar och regler</li> <li>• Osäkerhet i ellagen (koncessionsplikt eller inte)</li> <li>• Nödvisdiga tillstånd och godkännanden erhålls inte</li> <li>• Elsäkerhet</li> </ul>

Politiska risker	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bristande intresse för att driva elektrifieringsfrågan</li> <li>• Elskatt för transporter införs för att kompensera för minskade intäkter från annan bränsleskatt</li> </ul>
Risker för motstånd från allmänheten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Undermålig kommunikation med allmänheten</li> <li>• Negativ lokal opinion och motstånd bland allmänheten</li> </ul>

## 7.1 VÄRDERING AV RISKKATEGORIER OCH OLIKA ELVÄGSTEKNIKERS PÅVERKAN

En värdering av riskkategorier har gjorts för att förstå vilka som är av större betydelse för elvägen och vilka som är av mindre betydelse. Som beskrivet i föregående avsnitt uppstår riskkategorierna i olika faser av ett projekt, från design och projektering till drift. Projektet kan i sin tur upprättas i olika faser av elvägsetableringen, från tekniska demonstratorer till en fullt utbyggd lösning på en mogen marknad. Den här riskanalysen tar sin utgångspunkt i en tidig kommersiell fas, även om delar kan vara applicerbara även vid en storskalig utbyggnad. Värderingen av riskkategorierna har utgått från en generell risknivå graderad mellan 0-3:

- Risknivå 0 innebär ingen väsentligt ökad risk jämfört med ett nollalternativ om att ingen elvägsutbyggnad sker, dvs. en väg utan elektrifiering
- Risknivå 3 innebär mycket hög risk att försena, fördyra eller försvåra en elvägsetablering i tidig kommersiell fas

För att undersöka om, och i så fall hur, de olika teknikerna påverkar riskbilden har en bedömning gjorts utifrån om någon teknik framstår som mer eller mindre riskfylld jämfört med den generella risknivån för elvägar som också skattats. Syftet är att ge en nulägesbild av teknikerna och hur de eventuellt påverkar riskerna, inte att bedöma dess potential. Detta illustreras med ett plustecken alternativt minustecken i Tabell 4 nedan.

- Ett plustecken (+) betyder ökad risk
- Ett minustecken (-) betyder minskad risk

Resultatet från den övergripande riskvärderingen är återges nedan i Tabell 4:

Tabell 4. Övergripande riskvärdering

Kategori	Generell risknivå för elvägar (skala 0-3)	Tekniker (om någon skiljer sig från generell nivå)		
		Konduktivt luftburet	Konduktivt från vägen	Induktivt från vägen
<b>Design-, projekterings- och anläggningsrisker</b>	2			+
<b>Operationella risker</b>	3	-		
<b>Marknadsrisker</b>	2			
<b>Finansiella risker</b>	• Elväg	2	-	+
	• Elnät	1		
	• Fordon	2		
<b>Juridiska risker</b>	2			
<b>Politiska risker</b>	1			
<b>Risker för motstånd från allmänheten</b>	1		+	+

Det kan övergripande noteras att de kategorier som anses mest riskfyllda är operationella risker och de som anses mindre riskfyllda relaterar till finansiella risker för elnät, politiska risker och risker för motstånd från allmänheten. Ingen större skillnad i riskexponering kan ses mellan teknikerna, den induktiva framstår dock som något mer riskfylld och den luftburna något mindre riskfylld än den generella nivån. De olika teknikerna har olika TRL-nivåer och det är viktigt att påpeka att oavsett teknik behöver en tillräcklig TRL-nivå uppnåtts innan storskalig utbyggnad är möjlig.

Nedan beskrivs riskvärderingen per riskkategori övergripande och eventuell påverkan av de olika teknikerna:

#### *Design-, projekterings- och anläggningsrisker*

De olika teknikerna innebär olika förutsättningar vid projektering och byggnation. Den luftburna tekniken behöver mer plats vid sidan av vägen vilket kan vara problematiskt om inte tillräcklig marktillgång kan säkerställas. Konduktiv teknik i vägbanan ses som mer riskfyllt utifrån att vägens bärighet kan försämrats av att vägkonstruktionen förändras. Den induktiva tekniken anses i sammanhanget mest riskfylld då en större del av vägen behöver grävas upp och det är osäkert hur tekniken och vägunderbyggnaden påverkas av säsongsvariationer, temperaturskillnader, tjällossning osv.

#### *Operationella risker*

Under driftperioden finns också olikheter mellan de olika teknikerna som kan påverka utförandet. Stolparna vid luftburen teknik kan påverka snöröjning och andra insatser vid sidan av vägen. Det kan också finnas risker kopplade till slitage och skador på kontaktledningen vid högre trafikflöden, dessa bedöms dock inte vara omfattande och är något som det finns kunskap om och erfarenheter av från liknande lösningar, t.ex. järnvägen. Skenan i marken vid konduktiv teknik i vägbanan förändrar underhållsbehovet för vägen och kan t.ex. påverkas av fukt, väta och av tjäle. Det finns också en mängd komponenter i elmatningen som ska underhållas då elen behöver slås på och av kontinuerligt. Detta gäller även för den induktiva tekniken i vägbanan. Den induktiva tekniken kan också göra det svårt att byta ut delar eftersom vägbanan då behöver öppnas. En fördel är dock att det inte är någon mekanisk kontakt i överföringen, vilket minskar risken att delar går sönder genom förslitning vid direktkontakt.

En generell risk för samtliga tekniker är att säkerställa att det finns tillräcklig elkapacitet vid den tid och plats det behövs.

#### *Marknadsrisker*

Efterfrågan kan antas bero till stor del av priset på el för eldrift jämfört med priset på annat drivmedel för nyttjaren, varför det troligtvis underlättar introduktionen av elvägar om priset är lägre jämfört med andra drivmedel. Beroende på hur viktig hållbarhet är för en nyttjare kan jämförelsevärdet vara fossila drivmedel eller biobränslen såsom biodiesel. Marknadsutvecklingen påverkas också av standardisering där en standard bör innebära att transportörerna är mer villiga att investera i fordon som kan använda elvägen. Särskilt gränssnittet till avtagaren är viktigt att standardisera oavsett överföringsteknik.

På en övergripande nivå påverkas marknadsriskerna av utvecklingen av elvägar i närliggande länder. Om en annan elvägsteknik än den som Sverige väljer att bygga ut i stor skala får större genomslagskraft internationellt kan en risk vara att elvägstekniken i Sverige behöver bytas ut och eventuellt också avtagarna i fordonen om de inte är standardiserade enligt ovan.

Marknadsrisken för elektrifiering längs vägen kan minska tack vare att utbyggnaden medför andra mervärden än elvägen, t.ex. förstärkning av de lokala eller regionala elnäten.

Inga större skillnader har identifierats rörande de olika teknikerna mer än att konduktiv teknik från vägen och induktiv teknik potentiellt kan innebära fler kunder då även andra fordon än tunga fordon kan använda elvägen.

#### *Finansiella risker*

De finansiella riskerna innefattar bl.a. investeringsvilja vilket bedöms skilja sig mellan olika delkomponenter i elvägen:

- Elvägen - Infrastrukturens livslängd är lång vilket kan ge förutsättningar för långsiktig avkastning. Det finns dock en risk att investeringsviljan är låg så länge TRL-nivån är låg, varför den induktiva tekniken kan vara något mer riskfylld och den luftburna något mindre. På sikt finns också risken generellt att elvägen blir utkonkurrerad av andra drivmedel, nya batterityper med bättre prestanda eller av konkurrerande elvägstekniker.
- Elnät - Elektrifiering av vägen kan användas till att stärka elnätet generellt vilket borde skapa större investeringsvilja. Elnätsinfrastrukturen har lång livstid och innebär en relativt säker investering under förutsättning att ett nyttjande, eller garantier om nyttjande, finns.
- Fordon - Dynamisk eltillförsel konkurrerar med andra drivmedel varför pris och tillgänglighet är viktigt. Fordonen har dessutom en kort livslängd och behöver kunna skrivas av snabbt.

#### *Juridiska risker*

De juridiska riskerna är svåra att specificera då samtliga tekniker är obeprövade. Övergripande kan det dock konstateras att det finns en risk att konduktiv teknik från vägen och induktion påverkar elsäkerheten negativt. Det kan också finnas en risk att plan- och bygglagen och väglagen påverkar utbyggnadsplanerna. Finns det en vägplan för den vägsträcka som planeras att elektrifiera kan planen komma att påverkas. För det fall ingen vägplan finns kan en sådan komma att behövas tas fram vilket kan vara en tidskrävande process.

En elvägutbyggnad skulle också kunna påverkas av infrastrukturplaneringen för området där t.ex. en framtida ombyggnad av en vägsträcka påverkas av att det finns en elvägsinfrastruktur utbyggd, oavsett teknik. Detta är något som behöver regleras i framtida avtal samt utredas närmare vid en faktisk utbyggnad om och vilka ev. förändringar av den aktuella vägsträckan som planeras.

Det juridiska ansvaret vid skador på infrastruktur eller fordon är inte tydligt vilket i sig är en risk.

#### *Politiska risker*

Politiska beslut kommer till stor del styra prisnivån, inte minst vad gäller beskattning och prissättning av andra drivmedel. Hur olika drivmedel beskattas är en politisk prioriteringsfråga. Att minska koldioxidutsläpp har är dock en hög prioritering i statens målsättningar vilket talar för att elvägar troligen inte kommer att beskattas i alltför hög grad.

#### *Risker för motstånd från allmänheten*

En kategori som lagts till under utredningen är risker för motstånd från allmänheten vilka erfarenhetsmässigt visat sig vara av stor betydelse. Det finns en risk att t.ex. omkringboende vid byggande av en ny elvägsanläggning blir missnöjda om de inte involveras tidigt.

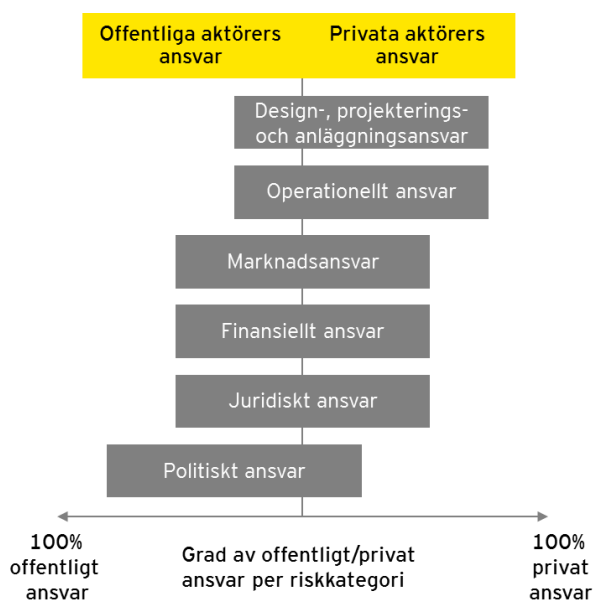
Luftburen teknik är relativt lätt att förstå och allmänheten är mer vana vid det från järnvägen och spårvägar, dock är den mer synlig och kan uppfattas fulare än de tekniker som ligger i vägbanan. Den

kan eventuellt också uppfattas som mindre robust då allmänhetens erfarenheter från järnvägen kan vara förknippade med fel i kontaktledningarna med stopp som följd. Induktiv teknik är svårare att förstå men anläggningen syns inte och kan väcka större intresse då det är en ny teknik. Konduktiv teknik genom skena i marken kan uppfattas riskfylld då det är möjligt att komma i direktkontakt med skenan. Dock kan den risken vara begränsad då skenor för spårvägar i stadsmiljö finns som allmänheten kommer i direktkontakt med utan att det uppfattas som riskfyllt.

## 7.2 ALLOKERING AV RISKKATEGORIER MELLAN AKTÖRER I OFFENTLIG OCH PRIVAT SEKTOR

Allokering av risker kan ha stor påverkan på det finansiella utfallet över livscykeln genom att skapa incitament för olika aktörer att arbeta på rätt sätt för att optimera och hantera den totala riskexponeringen. Det är viktigt att allokeringen görs på ett medvetet sätt och risker fördelas enligt vad som är mest lämpligt för det specifika projektet, snarare än enligt traditionella mönster.

I denna utredning har en övergripande allokering av riskkategorierna gjorts för att analysera vilka kategorier som potentiellt kan ägas av privata marknadsaktörer respektive av staten eller Trafikverket, för det fall staten eller Trafikverket står som huvudman för elvägen. Allokeringen illustreras i Figur 18 nedan där det också framgår att en kategori nödvändigtvis inte behöver vara 100 % allokerad till antingen den offentliga eller privata aktören utan kan delas i olika grad emellan.



Figur 18: Allokering av riskkategorier

Allokeringen visar att de flesta kategorier sannolikt behöver delas mellan offentliga och privata aktörer, vilket kan vara naturligt för projekt likt elvägar som inte är särskilt beprövade och sannolikt kräver en del offentligt stöd för att etableras. I takt med att marknaden mognar och just riskerna kring etableringen minskar kan fördelningen ovan komma att se annorlunda ut och fler kategorier bör kunna förskjutas till privata aktörer. Även den generella risknivån som beskrivs ovan kan komma att påverkas och möjligtvis minskas när mer erfarenheter och kunskap finns.

Det är viktigt att notera att allokeringen har tagits fram utifrån bedömt marknadsintresse och erfarenheter från de möten, intervjuer och workshops som genomförts under utredningen. Den har inte justerats utifrån specifika marknadsaktörers s.k. riskaptit, dvs. intresse av att bära risk utifrån möjlig ersättning, eller beställarens riskaptit och förmågor. För att ta fram en mer heltäckande och

konkret allokering är det viktigt att samtliga projektets risker noggrant görs igenom och stäms av med olika typer av marknadsaktörer.

Nedan beskrivs kort allokeringen per riskkategori:

#### *Design-, projekterings- och anläggningsrisker*

Ligger till störst del på privata aktörers ansvar. Tillstånd och förutsättningar är en uppgift för Trafikverket medan utformning, projektering och ansvar under byggfasen bör hanteras av utföraren, dvs. en privat aktör. Här finns olika etablerade entreprenadformer som kan tillämpas.

#### *Operationella risker*

Ansvar under drifttiden bör kunna hanteras av en privat aktör i hög grad. Beroende på kontraktsupplägg och vem som äger elvägen kan ett funktionsåtagande vara troligt, vilket innebär ett större ansvar (och risk) för den privata aktören.

#### *Marknadsrisker*

Bör långsiktigt hanteras av privata aktörer men i ett tidigt skede när det råder osäkerhet kring etableringen kan det behövas ett offentligt risktagande, t.ex. genom statliga subventioner eller garantier.

#### *Finansiella risker*

Påverkas till stor del av övriga kategorier och fördelas därför lika mellan parterna.

#### *Juridiska risker*

Tillstånd och förutsättningar, utöver ellagen, är en uppgift för Trafikverket liksom ev. beslut att bygga om aktuell vägsträcka i framtiden. Den privata parten bör ansvara för att säkerställa att tekniken uppfyller regelverk för elsäkerhet och liknande. I övrigt bör risker inom denna kategori delas mellan parterna.

#### *Politiska risker*

Bör till störst del ligga på offentlig aktör i ett tidigt skede på grund av osäkerheter kring etableringen. Ett exempel på politisk risk kan vara risken för att elvägar på sikt inte längre anses vara hållbart i jämförelse med andra alternativ. På längre sikt kan dessa typer av risker troligen delas mer lika mellan parterna genom att följer av ev. förändrad politisk inriktning eller beslut hanteras av båda parter.

## 8 FINANSIERING AV ELVÄGAR

---

En utbyggnad av elvägar kräver omfattande investeringar som inte nödvändigtvis ligger inom offentlig sektors ansvar. Staten och i vissa fall kommuner har traditionellt sett ansvar för väginfrastruktur för allmän väg medan drivmedel tillhandahålls av privata marknadsaktörer. Eftersom elvägar kombinerar vägen med el som drivmedel finns det ingen part som självklart har uppgiften att ansvara för helheten, vilket gör det viktigt att utreda olika former bl.a. för finansiering.

Aktörer i offentlig sektor kan förväntas åta sig ansvaret för vissa delar av elvägssystemet medan aktörer i privat sektor kan komma att svara för andra delar. Finansiering är en sådan del där privata aktörer kan komma att involveras, särskilt efter regeringens besked i anslutning till den nationella infrastrukturplanen om 50 % privat medfinansiering för pilotanläggningar [45].

En förskjutning av fördelningen mellan sektorerna kan också komma att ske över tid, t.ex. vid övergång från en tidig introduktion i en pilotfas till att planera för en mer storskalig utbyggnad. I en mer mogen marknad kan aktörer i privat sektor sannolikt ansvara för väsentliga delar av elvägssystemen, också på områden som skulle kunna ses som näraliggande Trafikverkets nuvarande ansvarsområde. Det är helt enkelt en ny situation som nu uppstår för vägtrafiken, väginfrastrukturen och dess organisering och finansiering. Det kan inte uteslutas att regleringen av ansvarsfördelningen därmed kan komma att behöva justeras över tid.

I tidigare avsnitt beskrivs olika marknadsaktörer och intressenter för elvägar samt tänkbara affärspaket och leverantörer, vilket visar på goda möjligheter för privata aktörer att ta på sig olika roller i utbyggnaden. Vissa delar borde därmed kunna tillhandahållas och finansieras av privata marknadsaktörer medan andra delar kan bli föremål för statlig finansiering.

## 8.1 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR PRIVAT FINANSIERING

Det finns ett uttalat intresse för att investera i en elvägsutbyggnad utifrån de möten och referensgruppsmöten som har hållits. Elvägar är kapitalkrävande och det uppges finnas tillgängligt kapital på marknaden samt intresse för sådana investeringar. Det som främst anses attraktivt är långsiktighet, förutsägbarhet, en känd struktur och tydlig reglering. Det är därmed inte nödvändigt att staten står för hela investeringen.

Aktörer som anses lämpliga för investeringar i projekt liknande elvägar är sådana som söker långa säkra kassaflöden så som infrastrukturfonder eller pensionskapital med viss kunskap om teknik och risker kopplat till detta område. Investeringshorisonten bör inte vara alltför kort, en horisont om minst 10-15 år har nämnts som lämpligt [42].

Känd reglering och kända riktlinjer lyfts av flera aktörer som viktigt för privata investerare [41]. Det anses fördelaktigt om det går att tillämpa nuvarande reglering i så stor utsträckning som möjligt för att skapa igenkänning. Ur ett investeringsperspektiv innebär kända förutsättningar mindre riskpremier och därmed billigare kapital och på samma sätt innebär osäkerheter högre riskpremier.

Det som är avgörande för privata investerare är potentialen till avkastning och en viktig drivare rörande elvägar är trafikvolymerna. Det är möjligt för privata investerare att ta viss volymrisk men det krävs prognoser för dessa för att kunna göra rimliga bedömningar, vilket efterfrågas av marknaden [46, 30]. Det ses som positivt om det fastställs långsiktiga utbyggnadsplaner för att bedöma volymerna på lång sikt.

En risk som nämns är att elvägstekniken blir obsolet och att den elvägsteknik som byggs ut behöver bytas till en annan längre fram. En utmaning är också att livslängden på de olika komponenterna i elvägen skiljer sig stort, fast infrastruktur kan ha en livslängd på runt 40 år medan elektronik och system för avläsning kanske bara ca 5 år [42]. Pilotanläggningarna är därför mycket viktiga för att skala upp och testa tekniken och förstå hur de olika komponenterna fungerar tillsammans.

Att sträva efter en teknik som är så kompatibel som möjligt och hitta en gemensam standard är positivt för att säkra långsiktigheten. Trafikverket haft lyfts fram som en viktig part i att driva standardiseringsfrågan [30]. Övergripande anses dock inte teknikriskerna vara de mest avgörande för investerare utan snarare hur kalkylen kommer att se ut, dvs. intäkts- och kostnadsflöden.

Trafikvolymen anses vara den viktigaste parametern för att skapa en ekonomiskt hållbar kalkyl och i ett tidigt skede kommer det troligen att behövas någon form av subvention, garanti eller liknande



från Trafikverket eller staten för att öka intresset [42, 46]. En modell som framhålls som särskilt intressant är koncessioner som är en känd struktur och som anses vara en attraktiv modell [46].

## 8.2 OFFENTLIGA STÖD OCH STYRMEDEL

För det fall elvägen inte är företagsekonomiskt hållbar kan olika typer av statligt stöd krävas för att privata aktörer ska vara intresserade av att finansiera och driva elvägen. Ett sådant stöd som har lyfts fram under utredningen är volymgarantier, dvs. att staten täcker upp för intäkter upp till en viss trafikvolym [46].

I andra länder finns olika typer av styrmedel för att driva på utvecklingen av fossilfria transporter. I Tyskland ges t.ex. ett bidrag om 40 000 euro för inköp av lastbilar över 12 ton som drivs av el eller bränsleceller [47]. I Tyskland kan även eldrivna lastbilar komma att slippa betala vägavgifter för att ge ökade incitament till transportörer att byta till eldrift [48]. I Norge är elbilar undantagna vägtullar, vägskatt och registreringsavgifter [49] vilket är ett steg i samma riktning även om inte lastbilar sannolikt berörs i särskilt stor utsträckning då full eldrift för lastbilar ännu är ovanligt. I Sverige införs bonus malus-systemet 1 juli 2018 för att främja fordon med lägre koldioxidutsläpp [50]. Systemet gäller endast nya personbilar, lätta bussar samt lätta lastbilar men i framtiden skulle liknande system för tung trafik även kunna införas.

För att underlätta introduktionen av elvägar och för transportörer att gå över till elvägsanpassade fordon kan det finnas behov av olika stöd och styrmedel vilket exemplen från Tyskland visar. Olika typer av styrmedel och dess potentiella effekter har dock inte vidare utretts i detta uppdrag och är något som bör utredas närmre i ett nästa steg.

## 8.3 ALTERNATIVA FINANSIERINGSLÖSNINGAR OCH GENOMFÖRANDEFORMER VID ETT STATLIGT ÅTAGANDE

Även för de delar av elvägen som är aktuella för ett statligt engagemang kan det vara lämpligt med alternativa finansieringslösningar och genomförandeformer. En alternativ genomförandeform innebär att en offentlig part, exempelvis en statlig myndighet, har för avsikt att initiera, designa, bygga, förvalta och/eller driva en anläggning men samtidigt har en önskan om att en privat partner helt eller delvis ska ansvara för genomförandet. Grundtanken är att dela på ansvar, risker och finansiering för att skapa incitament för den privata parten att öka effektiviteten och utveckla nya lösningar.

En privat finansieringskomponent ingår för att skapa ytterligare effektivitetsincitament och består vanligtvis av en kombination av eget kapital och lånat kapital för att, utifrån beställarens perspektiv, hitta en optimal nivå på den genomsnittliga kapitalkostnaden. Den privata finansieringen ska primärt ses som ett sätt att fördela risker och den ofta högre kapitalkostnaden ska ses som en riskpremie. Om det bedöms rimligt att en privat investerare, t.ex. en infrastrukturfond, kan leverera ett ökat värde jämfört med om finansieringen sker helt offentligt kan det vara intressant med alternativ finansiering. Om så inte är fallet och det endast är själva kapitaltillskottet som efterfrågas kan det istället vara billigare med offentlig finansiering.

Med avseende på intäkter, finns det huvudsakligen två olika modeller: tillgänglighetsbaserad och efterfrågebaserad modell som bygger på olika risk- och incitamentsfördelningar:

### **Tillgänglighetsbaserad modell**

En tillgänglighetsbaserad modell bygger på att en privat aktör tillhandahåller en infrastrukturlösning och ersätts för detta av den offentliga parten som utgör beställaren. Ersättningen är oberoende av utnyttjandegraden vilket gör att den privata parten inte bär någon volymrisk vilket ofta medför något lägre riskpremier jämfört med efterfrågebaserade modeller.

### **Efterfrågebaserad modell**

En efterfrågebaserad modell bygger på att en privat aktör tillhandahåller en infrastrukturlösning och ersätts huvudsakligen via brukaravgifter. Detta betyder att volymrisken i högre grad bärs av den privata aktören än vid en tillgänglighetsbaserad modell. För att en privat aktör ska vara villig att bära volymrisk krävs i allmänhet att anläggningen ifråga kan användas på en öppen marknad eller att efterfrågan förväntas vara relativt konstant.

Koncessioner är en vanlig variant av den efterfrågebaserade modellen där en privat aktör får rätten att driva en anläggning som ersättning eller del av ersättning för att bygga och underhålla den. Den privata parten får under koncessionstiden ta ut avgifter från brukarna som kan kompletteras med stödersättning från den offentliga parten i de fall anläggningen inte bedöms kunna generera tillräckligt kassaflöde för att motivera investeringen. För mer information, se Bilaga I.

## **9 PRÖVNING OM OFFENTLIG UPPHANDLING ELLER KONCESSION ÄR TILLÄMPLIGT FÖR UTBYGGNAD AV ELVÄG**

---

Som tidigare beskrivet kan vissa delar i utbyggnaden av elvägar komma att kräva ett statligt engagemang medan privata marknadsaktörer troligen kan ansvara för andra delar i marknadsmässiga former utan statlig upphandling.

För de delar staten kan komma att ansvara för kan antingen koncession eller offentlig upphandling vara aktuellt. I detta avsnitt beskrivs övergripande vilka överväganden som behöver göras för att bedöma huruvida koncession eller offentlig upphandling kan vara tillämpligt samt på en mycket övergripande nivå vilka typer av förfaranden som skulle kunna användas. Val av upphandlingsförfarande behöver senare föregås av en fördjupad förstudie utifrån ett tilltänkt upphandlingsobjekt vilket inte ingått i denna utredning. I Bilaga I finns en beskrivning av upphandling av koncessioner enligt LUK och offentlig upphandling enligt LOU och LUF samt en kort beskrivning av olika upphandlingsförfaranden.

### **9.1 PRÖVNING AV VILKA AFFÄRSPAKET SOM KAN VARA AKTUELLA FÖR KONCESSION ELLER OFFENTLIG UPPHANDLING**

För att avgöra huruvida koncession eller offentlig upphandling är tillämpligt är det angeläget att klargöra vem som utgör huvudman, dvs. vem som står bakom genomförandet. Om denna huvudman utgörs av en offentlig part innebär det för elvägsutbyggnaden att antingen bygg-, tjänstekoncession eller offentlig upphandling sannolikt kommer att användas. Av de affärspaket som beskrivits i avsnitt 6 kan det finnas olika tänkbara huvudmän vilket påverkar vilka delar i elvägsutbyggnaden som kan tänkas vara aktuella för koncession eller offentlig upphandling. Nedan beskrivs paketen utifrån tänkbar huvudman, om koncession, offentlig upphandling eller annat kan vara lämpligt samt eventuell statlig involvering.

**Affärspaket 1, Elnätsutbyggnad**, innebär en reglerad verksamhet som prövas av Ei efter ansökan från någon av elmarknadens aktörer. Paketet kan antingen hanteras separat och då ingå i nuvarande

elnätskoncessioner, ses som en ny koncession alternativt klassas som icke-koncessionspliktigt nät, beroende på Eis prövning.

Elnätsutbyggnaden skulle kunna hanteras i kombination med affärspaket 2, Elvägsinfrastrukturen, med ett elnätsföretag som huvudman. Vid en sådan kombination är en elnätskoncession aktuellt för själva elnätsutbyggnaden, även om offentlig upphandling eller en tjänstekoncession är tänkbar för utbyggnaden av elvägsinfrastrukturen.

Trafikverkets roll för affärspaket 1 kan vara att tydliggöra förutsättningarna för elnätsföretag och ge tillgång till vägområdet. Det skulle även vara möjligt att Trafikverket krävställer och sätter upp villkor för att upplåta marken. Det har även kommit förslag under utredningen om att Trafikverket eller staten skulle kunna stå för någon typ av volymgaranti [33] vilket skulle kunna minska risken för elnätsföretag.

**Affärspaket 2, Elvägsinfrastrukturen**, kan ha en offentlig aktör som huvudman där Trafikverket är en naturlig sådan, även om så inte måste vara fallet. Uppförande av anläggningen skulle kunna ske av en aktör som tilldelas en byggkoncession eller upphandlas genom offentlig upphandling. På längre sikt framstår bygg- eller tjänstekoncession som mest lämpligt för att kunna efterlikna marknadsmässiga villkor så långt som möjligt.

På kort sikt i en pilotfas finns det fördelar med både koncession och upphandling. Genom att använda koncession för en pilotutbyggnad blir upplägget som testas i högre grad mer likt den framtida lösningen, även om förutsättningarna inte är identiska. Fördelar med offentlig upphandling av en pilot är att den offentliga aktören då ges större rådighet över testningen och möjligheter att styra under kontraktets gång tack vare att ingen verksamhetsrisk förs över.

Oavsett om koncession eller offentlig upphandling tillämpas i en pilotfas är det viktigt att ta hänsyn till att de osäkerheter en pilot medför, t.ex. att testningen inte alls uppnår de förväntade resultaten eller att part drabbas av finansiella problem. Kontrakten behöver därför vara tillräckligt flexibla för att kunna hantera sådana förändringar, t.ex. genom klausuler för ev. avbrytande av kontraktet för båda parter och möjlighet för den offentliga parten att ta över åtagandet.

Förslag på kravställning som kan vara aktuell vid upphandling eller tilldelning av koncession kan vara krav på t.ex. betalningsflöden, konkurrensneutralitet och icke-proprietär teknik, teknisk kompatibilitet och uppfyllande av tillämpliga regelverk på nationell och EU-nivå.

**Affärspaket 3, Fordon**, kräver troligen ingen offentlig insats då antagandet är att marknaden driver den utvecklingen och bör därför inte vara aktuellt för varken tjänstekoncession eller upphandling. Vid byggnation av pilotsträckan i Hessen, Tyskland, sker också fordonsutveckling genom separata projekt från elvägsutbyggnaden [22] vilket tyder på att det bör vara ett rimligt antagande.

Potentiellt kan något offentligt åtagande underlätta utvecklingen, t.ex. upphandling av ett visst antal fordon för att skapa ett underlag för utvecklingen. Något som också har nämnts av olika aktörer är att staten bör verka för en gemensam standard, gärna på Europainivå, för att minska riskerna för marknadsaktörerna att utveckla lösningar som senare blir obsoleta [30]. Detta gäller såväl den fordonsbundna som infrastrukturbundna tekniken.

**Affärspaket 4, System för avläsning av nyttjande**, har inte någon självklar huvudman och utifrån att lösningen idag är relativt utvecklad borde det finnas goda möjligheter för marknaden utan offentliga bidrag att driva utveckling och innovation inom området. En privat marknadsaktör skulle potentiellt kunna handlas upp av staten genom Trafikverket men en mer trolig lösning är att denna utgör underleverantör till elvägsoperatören. Elvägsinfrastrukturen i affärspaket 2 behöver fungera

väl tillsammans med systemet för avläsning av nyttjande varför gränssnittet dem emellan bör underlättas. På kort sikt kan denna affär ses som unik med hög innovationsgrad medan den på lång sikt kan utgöras av en standardiserad lösning med flera elvägsoperatörer som kunder.

Utifrån hypotesen att affärspaket 4 drivs av en underleverantör till elvägsoperatören är det tveksamt om offentligt upphandling är lämpligt och huruvida staten eller Trafikverket bör ha en roll i affären överhuvudtaget. Möjligen skulle Trafikverket kunna bidra i kravställningen för affärspaket 2 ovan kring hur tjänsten ska fungera under förutsättningen att Trafikverket utgör huvudman för det. En koncession är tveksam för affärspaket 4 då det kräver att viss verksamhetsrisk bärs av den privata aktören vilket det finns begränsade möjligheter till.

I Tabell 5 nedan sammanfattas huruvida koncession eller offentlig upphandling bedöms lämpligt, vem som är tänkbar huvudman och vilket potentiellt statligt åtagande respektive affärspaket skulle kunna kräva.

Tabell 5. Översikt av huruvida koncession eller offentlig upphandling är lämpligt per affärspaket

Affärspaket	Tänkbar huvudman	Lämpligt med koncession?	Lämpligt med offentlig upphandling?	Potentiellt statligt åtagande
Affärspaket 1, Elnätsutbyggnad	Elnätsföretag	Ja, elnätskoncession	Nej	Nej, form för utbyggnad prövas av Ei
Affärspaket 2, Elvägsinfrastruktur	Trafikverket (även om så inte måste vara fallet)	På kort sikt i pilotfas: Kan vara lämpligt utifrån att i högre grad testa framtida förhållanden  På lång sikt vid storskalig utbyggnad: Ja, bygg- eller tjänstekoncession med överförd verksamhetsrisk bör vara lämpligt	På kort sikt i pilotfas: Kan vara lämpligt då en högre grad av offentlig rådgivning kan behövas under testning	Trafikverket tänkbar beställare i pilotfas och vid storskalig utbyggnad
Affärspaket 3, Fordon	Fordonstillverkare	Nej, då huvudmannen utgörs av en privat aktör	Nej, då huvudmannen utgörs av en privat aktör	Nej, då utvecklingen antas vara marknadsdriven
Affärspaket 4, System för avläsning av nyttjande	Elvägsoperatör (även om så inte måste vara fallet)	Nej, då huvudmannen antas utgöras av en privat aktör	Nej, då huvudmannen antas utgöras av en privat aktör	Tveksamt. Skulle kunna bidra i kravställningen genom upphandling av affärspaket 2 (under förutsättning att Trafikverket utgör huvudman för det)

## 9.2 ÖVERVÄGANDEN VID VAL AV UPPHANDLINGSFÖRFARANDE

Beroende på om upphandling är aktuellt kan olika upphandlingsförfaranden vara lämpliga för olika delar. Det finns ett flertal olika förfaranden som anges i upphandlingslagstiftningen och det är viktigt att se till hela spektrumet av alternativ för att kunna välja det som passar ett visst upphandlingsobjekt bäst. Vilket förfarande som är mest lämpligt kan väljas utifrån:

1. Tröskelvärden och typ av objekt
2. Grad av osäkerhet kring vad som önskas upphandlas inklusive:
  - a. Avvägning mellan funktion och instruktion i kravställningar
  - b. Behov av leverantörssamverkan under upphandlingen
3. Innovationsgrad

Då utbyggnaden av elvägar innebär omfattande investeringar kan tröskelvärdena enligt punkt 1 ovan antas uppfyllas oavsett affärspaket. Därmed kan främst graden av osäkerhet och innovationsgrad styra lämpligt förfarande. Hur bedömning av dessa kan ske beskrivs mer i Bilaga II.

Elvägar som är en ny typ av infrastruktur som ännu inte har byggts ut i stor skala kan konstateras karaktäriseras av en högre grad av osäkerhet då det inte på förhand går att avgöra exakt hur den framtida lösningen kommer att utformas. Det går även att konstatera att innovationsgraden är hög eftersom lösningen är ny på marknaden och har stor potential för vidare utveckling över tid.

De affärspaket som beskrivs i avsnitt 9.1 utgör en hypotes om olika upphandlingspaket som kan karakteriseras av en högre eller mindre grad av osäkerhet samt en högre eller lägre grad av innovation. Utifrån analysen framstår främst affärspaket 2, elvägsinfrastrukturen, aktuell för upphandling utifrån att det är det enda som antas ha en offentlig huvudman.

Även olika elvägstekniker kan uppvisa olika grad av osäkerhet och innovation. T.ex. framstår luftledningstekniken som något mindre osäker då den testats i högre utsträckning än induktiv teknik. Det är dock viktigt att notera att även om elvägsteknikerna uppnår högre mognadsgrad under de test och demonstrationer som genomförs, och därmed bedöms ha högre grad av säkerhet, finns det utvecklingspotential även för systemets kringtjänster och tillämpning. T.ex. kan hög potential för innovation finnas rörande betalningsmodell och informationshantering.

Ytterligare en dimension som är relevant för elvägutbyggnaden är tidsperspektivet. Olika förfaranden är troligen lämpliga beroende på om utbyggnaden sker som en pilot än en storskalig kommersiell utbyggnad.

Figur 19 nedan illustrerar kopplingen mellan olika anskaffningsförfaranden och graden av osäkerhet kring vad som önskas upphandlas i det fall Trafikverket bedöms vara en lämplig huvudman. Perspektiven som funnits relevanta för elvägar, tidsperspektivet och teknisk mognadsgrad, illustreras genom en skala för elvägar längst ned i figuren.



Figur 19. Tidsperspektiv och teknisk mognad för elvägar

I figuren illustrerar de gula delarna en glidande skala mellan användning av undantaget för forsknings- och utvecklingstjänster, FoU-undantaget, till vänster och traditionell upphandling enligt LOU och LUF till höger, där lösningen i högre grad är förutbestäm.

Förfarandena till vänster passar principiellt upphandlingsobjekt med hög grad av osäkerhet och de till höger paket med låg grad av osäkerhet. De förfaranden som framstår som aktuella för elvägar utifrån grad av osäkerhet och innovationsgrad, på en mycket övergripande nivå, är främst konkurrenspräglad dialog, förhandlat förfarande och förfarande om inträdande av innovationspartnerskap. Denna bedömning behöver stämmas av mot den upphandlingsstrategi som Trafikverket tillämpar.

När det gäller valet mellan konkurrenspräglad dialog och förhandlat förfarande är det av betydelse att fundera kring vad det är som definierar osäkerheten och när under upphandlingen information från marknaden bör införskaffas. I en konkurrenspräglad dialog sker inte förhandling men däremot genomförs efter en prekvalificering en eller flera dialogfaser under upphandlingssekretess. Indikativa icke bindande anbuds förfaranden kan genomföras inom ramen för själva upphandlingen i syfte att tillsammans med leverantörerna arbeta fram rätt förfrågningsunderlag med rätt beskrivna funktionskrav, riskfördelning och betalningsmodell. Därefter fastställs ett slutligt förfrågningsunderlag där dialogparterna kan välja att lämna anbud. Konkurrenspräglad dialog lämpar sig därför särskilt väl när det finns en osäkerhet avseende funktionskrav vad gäller ny teknik, lämpliga ansvars- och riskfördelningar samt finansiering. Om innovationsgraden i teknik, genomförande och drift bedöms vara tillräckligt hög kan även förfarande om att inträda innovationspartnerskap vara lämpligt.

I Lagen om upphandling inom försörjningssektorerna, LUF, är den konkurrenspräglade dialogen ett undantagsförfarande som får användas när det föreligger teknisk, finansiell eller legal komplexitet. Dessa kriterier får anses vara uppfyllda i detta fall.

I ett förhandlat förfarande sker eventuell kontakt med anbudsgivarna efter det att anbud inkommit och kontakten utgörs av förhandling där priset kan förhandlas. Innehållet är fastställt i förfrågningsunderlaget och får inte förhandlas om. Förfarandet är lämpligt när det finns en relativt stor säkerhet i hur tekniska och andra systemlösningar ska beskrivas för att leverantörer ska kunna leverera kompletta och konkurrenskraftiga lösningar men där det finns en önskan om att kunna förhandla om pris och t.ex. ingående riskpremier.

Inför en specifik upphandling behöver valet av upphandlingsförfarande mer noggrant utvärderas för respektive upphandlingspaket genom en fördjupad förstudie.

### 9.3 INNOVATIONSUPPHANDLING

Innovationsupphandling är något som ofta diskuteras och tolkas som ett sätt att handla upp produkter och tjänster som inte finns idag på marknaden, men denna upphandlingsform kan ha en betydligt bredare användning än så.

Vid innovationsupphandling tas ett större och bredare perspektiv på behov och utmaningar och hur de kan tillgodoses jämfört med vid traditionell upphandling. Skillnaden i förhållningssätt kan förenklat beskrivas genom att en traditionell upphandling utgår från dagens behov som tillgodoses genom att upphandla de varor eller tjänster som är mest lämpliga och som redan finns på marknaden. Innovationsupphandling utgår från framtida behov och möter mer övergripande mål. Vid innovationsupphandling efterfrågas framtidssäkrade lösningar och den i slutändan upphandlade lösningen behöver inte nödvändigtvis finnas på marknaden idag. Trafikverket arbetar med innovationsupphandling för att gynna och stimulera utveckling på leverantörsmarknaden och ser det som ett incitament för att få bättre funktion och ökad produktivitet [51].

För mer information om innovationsupphandling, när det är lämpligt och olika typer av innovationsupphandling, se Bilaga III.

Innovationsupphandling, så som det beskrivs i Bilaga III, förefaller aktuellt för utbyggnaden av elvägar eftersom marknaden har stor utvecklingspotential och att det är viktigt att den lösning som handlas upp stödjer vidare utveckling, särskilt under en pilotfas men även senare. Innovationsupphandling är lämpligt både för upphandling av elvägsutbyggnad med tekniker i olika mognadsstadier men också för att kunna utveckla och förbättra systemet som helhet över tid. I detta ingår alla kringtjänster så som betalningslösning, tillträdeskontroll, systemets robusthet och underhållsbehov osv samt ev. tillkommande funktioner över tid.

Metodiken vid innovationsupphandling är oberoende av upphandlingsförfarande och val av förfarande kan ske under en fördjupad förstudie utifrån de parametrar som beskrivits tidigare: grad av osäkerhet och innovationsgrad. Detta innebär att innovationsupphandling är lämpligt för upphandling av elvägar oavsett förfarande. Eftersom upphandling av koncessioner enligt Lagen om upphandling av koncessioner, LUK, får utformas relativt fritt bör innovationsupphandling vara lämpligt även i dessa fall. Utifrån bedömningen i avsnitt 9.1 framstår främst affärspaket 2, elvägsinfrastrukturen, som aktuell för antingen upphandling eller koncession och därmed också för innovationsupphandling.

## 10 SLUTSATSER

---

Transportsektorns klimatpåverkan är betydande och flera olika satsningar görs för att minska användningen av fossila bränslen till fördel för mer hållbara alternativ. Utbyggnaden av elvägar är en av många lösningar som i dagsläget gör stora framsteg genom teknikutveckling och testning, både i Sverige och internationellt. Sverige har som första land i världen introducerat elväg på allmän väg.

Denna utredning syftar till att utreda affärsmodeller för elvägar och hur de organisatoriskt och finansiellt kan byggas ut och fungera som ett öppet system i Sverige. Under utredningen har många aktörer och intressenter involverats, tillfrågats och hört av sig vilket visar på att intresset är stort, inte bara från den offentliga sektorn. En viktig förutsättning för utredningsarbetet har varit att inte låsa

fast ansvarsfördelning för tidigt t.ex. genom att utgå från ett traditionellt statligt åtagande vid transportinfrastruktur utan förutsättningslöst utreda vilka aktörer som kan och bör ta vilket ansvar samt och på vilket sätt elvägssystemet kan ägas, finansieras och drivas över tid.

Eftersom elvägar fortfarande är en relativ ny anläggningsform saknas ännu en etablerad marknad. Det är därför svårt att med säkerhet kunna dra fullständiga slutsatser om de affärsmässiga förutsättningarna. Som utgångspunkt har elvägssystemet som helhet kartlagts varefter ett förslag om uppdelning i fyra övergripande affärspaket tagits fram. Dessa hypotetiska affärspaket framstår som ett lämpligt sätt att analysera marknaden genom. Paketerna har utformats utifrån ett antal kriterier och har successivt visat sig rimliga utifrån de intervjuer, möten och workshops som har genomförts. De paket som elvägssystemet föreslås delas upp i är:

- Affärspaket 1: Elnätsutbyggnad
- Affärspaket 2: Elvägsinfrastruktur
- Affärspaket 3: Fordon anpassat till elvägen
- Affärspaket 4: System för avläsning och betalning

De olika paketen har olika karaktäristik och innehåller kombinationer av tekniska komponenter, tjänster och system. Varje pakets innehåll och ansvarsfördelning diskuteras utifrån tänkbara huvudmän och leverantörer. Kombinationer av de olika paketen är även möjliga och då särskilt en kombination mellan paket 2 och 4 eftersom affärspaket 3 kan ses som en separat affär och paket 1 till stor del regleras av ellagen, samt bedöms vara väsentligt mer moget än övriga paket. Skillnaden mellan olika tekniker har inte funnits påverka affärspaketerna i sig men teknikernas olika mognadsgrad påverkar tidsperspektivet och när de är redo för pilot respektive storskalig utrullning.

Tidsperspektivet är en särskilt viktig faktor och beroende på vilken fas systemet byggs ut i, dvs. i en semi-kommersiell pilotfas eller storskalig utbyggnad, krävs sannolikt olika grad av offentligt åtagande och styrning givet marknadens mognad och utveckling. Olika typer av offentliga stöd och garantier kommer troligen krävas i ett inledande skede både för att attrahera privata aktörer och investerare för utbyggnad och drift av elvägen men också för att skapa incitament för att växa fordonsparken för eldrivna tunga transporter. Erfarenheter och lärdomar från Tysklands nyligen införda bidrag vid inköp av eldrivna lastbilar är värdefulla om en svensk motsvarande modell övervägs. Eventuella stöd och garantier behöver dock vara noggrant avvägda för att säkerställa tillräckliga incitament för att öka användandet av vägen utan att skapa andra icke önskvärda beteenden som t.ex. fullständig övergång till godstrafik på väg istället för spårburen sådan.

Andra typer av offentliga åtaganden som kan vara lämpliga, särskilt i tidiga skeden vid en pilotutbyggnad, är att staten, t.ex. genom Trafikverket, tar på sig rollen som huvudman för delar av systemet. Av de olika affärspaketerna framstår paket 2 som mest aktuellt för ett sådant offentligt åtagande. I en pilotfas kan både koncession eller offentlig upphandling vara lämpligt som anskaffningsform för denna del av elvägar och på längre sikt koncession där en marknadsaktör kan driva elvägen med full eller delvis volymrisk. Detta behöver dock utredas vidare för att avgöra marknadens intresse för en sådant åtagande. Upphandlingsförfaranden som kan hantera en hög grad av osäkerhet och innovation och som tillåter dialog med leverantörer bör vara lämpliga oavsett upphandling eller koncession. Valet av upphandlingsförfarande behöver utvärderas särskilt genom en fördjupad förstudie inför en framtida pilotutbyggnad.

Det har visat sig finnas ett stort intresse hos privata aktörer för elvägar och även om inte marknaden har testats fullt ut i denna utredning kan konstateras att det finns privata aktörer som är intresserade av olika delar av elvägssystemet, dvs. de olika affärspaketerna ovan. Den osäkerhet som främst lyfts



fram är risken att den elvägsteknik som byggs ut senare blir obsolet och att standardisering, gärna på Europainivå, därför är viktigt.

Investeringar i transportinfrastruktur anses generellt ha en potential att bli trygga och stabila och är attraktiva för investerare som söker långsiktiga placeringar, såsom pensionskapital eller infrastrukturfonder. Det finns ett intresse bland investerare för att investera i en elvägsutbyggnad och även ta viss volymrisk under förutsättningen att dessa risker är kalkylerbara, dvs. att det finns underlag för kalkyler och prognoser. Fortsatt utbyggnad av pilotanläggningar är därför viktigt för att få mer erfarenhet och öka tillförlitligheten i underlag och bedömningar.

För att skapa goda affärsmässiga förutsättningar för elvägen är det viktigt att det finns en differens mellan priset för att nyttja elvägen och priset för andra bränslen. Utöver eventuella offentliga subventioner är det nämligen denna differens som ska bekosta samtliga investeringar, drift av elvägen samt incitament i form av vinstmarginal för transportörerna och aktörerna i elvägens värdekedja. Något som kan komma att påverka differensen är hur beskattningen av drivmedel kommer att utvecklas framöver. En sådan analys har inte ingått i denna utredning men frågan har lyfts fram av olika aktörer under utredningens gång.

Avslutningsvis kan konstateras att det finns goda förutsättningar för utbyggnaden av elvägar i Sverige även om en hel del arbete i form av testning, piloter och utredningar kommer krävas innan ett storskaligt kommersiellt system kan bli verklighet. En sannolik utveckling är att mindre lokala system först byggs ut där det finns särskilt gynnsamma förutsättningar i form av stora fordonsflöden i skytteltrafik, som senare kan länkas samman. Standardisering är därför åter viktigt för att möjliggöra en sådan sammanlänkning och underlätta för nyttjarna av elvägen inom Sveriges gränser och på sikt även över landsgränser.

Det är också viktigt att utöver statliga satsningar understödja marknadsaktörer att fortsätta driva utvecklingen från sitt håll, t.ex. genom utveckling av fordon och elvägstekniker. Genom ett uttalat intresse och fortsatta utredningar och investeringar från statens sida finns goda förutsättningar att uppmuntra och driva på även den privata utvecklingen, vilket kommer att krävas för att realisera elvägsutbyggnaden.

## 11 REKOMMENDATIONER FÖR YTTERLIGARE UTREDNINGAR OCH NÄSTA STEG

---

Under utredningen har ett antal områden identifierats där vidare utredning krävs för att förstå om, och i så fall hur, elvägsutbyggnaden kan komma att påverkas. De som bedöms vara av störst betydelse beskrivs kort nedan. För flera av de punkter som lyfts pågår redan arbete inom Trafikverket.

### *Genomföra en kompletterande och fördjupad förstudie inför kommande pilotutbyggnad*

Under denna utredning har ett antal analyser gjorts med syfte att undersöka lämpliga affärsmodeller och finansieringslösningar för elvägsutbyggnaden. Analyserna har dock till stor del genomförts på en övergripande nivå och skulle behöva fördjupas genom en kompletterande förstudie för att besvara frågeställningar kring teknikval, kostnader, risker och dess fördelning samt finansiering och upphandling.

Ett pilotupplägg liknande de affärspaket som tagits fram i denna utredning föreslås och då särskilt en uppdelning av paket 1, elnätsinfrastrukturen, med ett elnätsföretag som huvudman och en kombination av paket 2 och 4, elvägsinfrastruktur och system för avläsning och nyttjande, med

Trafikverket som huvudman. Trafikverket föreslås vidare pröva att, om detta alternativ väljs, upphandla paket 2 och 4 som ett gemensamt upphandlingsobjekt antingen som koncession eller genom offentlig upphandling, vilket behöver utredas närmare genom den fördjupade förstudien. Det föreslagna upplägget behöver genomgående utvärderas och detaljeras under förstudien då det inte nödvändigtvis är lämpligt i praktiken även om det i denna utredning funnits vara troligt.

Möjligheterna till 50 % privat finansiering enligt beslutet i den nationella infrastrukturplanen behöver utredas särskilt för att undersöka om det finns ett tillräckligt intresse på marknaden. Även om ett generellt intresse uttryckts under den här utredningen behöver det inte vara så i praktiken. För att kunna undersöka marknadens inställning mer konkret behövs underlag i form av kalkyler och prognoser.

#### *Fortsätta genomföra demonstrationsprojekt och piloter*

Fortsätta tester i form av demonstrationsprojekt och piloter krävs för att ta fram och testa detaljerade upplägg för affärsmodell och finansiering i praktiken och hur leverantörer och användare av systemet upplever det för att kunna detaljera affärsupplägget ytterligare. Delar som särskilt föreslås testas är betalningsmodell, system för avläsning och nyttjandemätning och tillträdeskontroll som varit svåra att bedöma under den här utredningen.

De kostnadsunderlag som finns relaterat till investering och drift av elväg är osäkra och det är därför viktigt med erfarenheter från fortsatta demonstrationsprojekt, piloter och internationella samarbeten för att så långt som möjligt samla in kostnadsdata baserade på verkliga utfall som underlag till vidare analyser och marknadsundersökningar.

#### *Pröva lämplig form av anslutning av elvägen till elnätet*

Som beskrivs tidigare i rapporten kan anslutningen till elnätet ske på olika sätt vilket skapar olika affärsrättsliga förutsättningar för elnätsutbyggnaden. Vilket sätt som är mest lämpligt behöver utredas vidare genom att Ei prövar frågan.

#### *Fortsätta utreda framtida utveckling av elskatter*

De ekonomiska incitamenten för transportörer att byta från nuvarande alternativ till elvägen skapas genom differensen mellan kostnaderna för diesel och el. Denna differens påverkas av skatter för respektive energikälla där det potentiellt finns en risk att de minskade skatteintäkterna från fossila drivmedel vid en elektrifiering skulle kompenseras av höjd energiskatt på el som drivmedel. Detta skulle kunna leda till att differensen mellan dessa energislag försvinner, vilket riskerar minska incitamenten att använda elvägen om kostnaden för alternativa drivmedel är lägre. Effekter av energiskatteförändringar behöver därför utredas vidare för att minska osäkerheten på marknaden. Även förslag på hur eventuellt minskade skatteintäkter från fossila drivmedel skulle kunna kompenseras bör utredas vidare.

#### *Fortsätta utreda legala aspekter*

Denna utredning har inte innefattat utredning av regelverksaspekter för elvägssystem, dock har ett flertal olika regelverk och lagar visat sig ha betydelse för hur elvägsutbyggnaden kan organiseras och finansieras. Trafikverket rekommenderas därför att fortsätta utreda dessa aspekter för att förstå om och hur en elvägsutbyggnad kan påverkas samt om ev. förändringar i nuvarande regelverk och lagar kan komma att krävas.

### *Driva frågan om standardisering av elvägstekniker*

Standardisering av vissa delar av elvägssystemet är viktigt för att minska osäkerheten på marknaden för att tekniken senare blir obsolet. Huruvida internationella eller nationella standarder behövs och vilka delar som bör standardiseras behöver utredas vidare och i samarbete med andra länder.

### *Utreda möjliga incitament för att etablera elfordon i större skala*

I den här utredningen har elvägstekniken och dess införande studerats men för att den ska få ett stort genomslag på marknaden, och därmed minska utsläppen, krävs också att fordonsmarknaden utvecklas och fordonsparken för eldrivna tunga transporter växer. Vidare utredning krävs för att se över hur incitament i tidiga skeden kan skapas för att få fler tunga elfordon i användning.

## 12 KÄLLFÖRTECKNING

---

- [1] Naturvårdsverket, "Transporterna och miljön," 06 04 2019.  
<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Transporter-och-trafik/>. [Använd 19 04 2018].
- [2] Trafikverket, "Prognos för personresor 2030 - Trafikverkets basprognos 2015," 2015.
- [3] Naturvårdsverket, "Sveriges klimatlag och klimatpolitiska ramverk," 14 07 2017.  
<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Sveriges-klimatlag-och-klimatpolitiska-ramverk/>. [Använd 14 05 2018].
- [4] eHighway, "Beispiele aus aller Welt," <https://www.ehighway-sh.de/de/beispiele-aus-aller-welt.html>. [Använd 12 06 2018].
- [5] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, "eWayBW," <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/mobilitaet-verkehr/lkw/ewaybw/>. [Använd 14 06 2018].
- [6] Hessen, "Hessen Mobil," <https://mobil.hessen.de/>. [Använd 14 06 2018].
- [7] Trafikverket, "Program Elvägar," 11 06 2018. <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuell-forskning/transport-pa-vag/elvagar--ett-komplement-i-morgondagens-transportsystem/>. [Använd 12 06 2018].
- [8] Näringsdepartementet, "Infrastruktur för framtiden - Bilaga 2 till beslut II 9 vid regeringssammanträde den 31 maj 2018," Regeringen, N2018/03462/TIF , 2018.
- [9] Fol-plattform för elvägar, "Samlad kunskap för gemensam framgång," [www.eleccroads.org](http://www.eleccroads.org), 2017.
- [10] Naturvårdsverket, "Utsläpp av växthusgaser per fordonsslag," 02 01 2018.  
<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Avpublicerat/Utslapp-vaxthusgaser-fordon/?>. [Använd 28 06 2018].
- [11] Trafikverket, "Nationell färdplan för elvägar," 2017.
- [12] Eroad Arlanda, "Varför elvägar?," Eroad Arlanda, 2018. <https://eroadarlanda.se/varfor-elvagar/>.
- [13] S. Tongur, Preparing for takeoff, Stockholm: KTH, Royal Institute of Technology, 2018, p. 113.
- [14] H. Sundelin, "Elvägsarkitektur, Steg 1 - Electric Road System Breakdown Structure," RISE Viktoria, 2017.
- [15] M. Engwall och S. Tongur, "The business model dilemma of technology shifts," *Technovation*, 2014.
- [16] M. G. H. Gustavsson, C. Börjesson, H. Kenani Dahlgren, L. Moberger och J. Petersson, "Förstudie om betalssystem för elvägar," RISE Viktoria, 2015.

- [17] H. Ahlbom, "Nu byggs Sveriges första elväg," Ny teknik, 02 02 2016.  
<https://www.nyteknik.se/teknikrevyn/nu-byggs-sveriges-forsta-eltvag-6336269>.
- [18] Scania, "Innovative Scania: First truck tests of inductive charging under way," Scania, 8 10 2013.  
<https://www.scania.com/group/en/innovative-scania-first-truck-tests-of-inductive-charging-under-way/>.
- [19] NASA, "Technology Readiness Level," NASA, 28 10 2017.  
[https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt\\_accordion1.html](https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html).  
[Använd 18 06 2018].
- [20] Trafikverket, "Malmtransporter från Kaunisvaaraområdet och elektriskt drivna lastbilar," Trafikverket, 2012.
- [21] E-highway, "E-highway," E-highway, 2017. <https://www.ehighway-sh.de/de/ehighway.html>.
- [22] A. Reusswig, "Presentation: ELISA / eHighway Hessen: The way from vision to reality," Electric Road Systems Conference 2018, Stockholm, 2018.
- [23] T. Tajima, "Development of Ultra-high Power and High Speed ERS (450 kW charge at 150 km/h)," Electric Road Systems Conference 2018, Stockholm, 2018.
- [24] H. Sundelin, A.-C. Mellquist, M. Linder, M. Gustavsson, C. Börjesson och S. Pettersson, "Förstudie av affärsekosystem för elvägar," RISE Viktoria, 2017.
- [25] Energimarknadsinspektionen, Intervju, *Elvägar och elnätet*. 20 04 2018.
- [26] S. Tongur och H. Sundelin, "The electric road system transition from a system to a system-of-systems," *2016 Asian Conference on Energy, Power and Transportation Electrification (ACEPT)*, 2016.
- [27] Sveriges Åkeriföretag, "Åkerinäringen med verksamhetsområden," 2016.
- [28] Viktoria Swedish ICT, "Slide-in Electric Road System, Conductive project report, Phase 1," 2014.
- [29] M. Taljegård, L. Thorson, M. Odenberger och F. Johansson, "Electric road systems in Norway and Sweden - Impact on CO2 emissions and infrastructure cost," 2017.
- [30] Referensgruppsmöte 1. 27 03 2018.
- [31] Europaparlamentet, Europeiska unionens råd, *Europaparlamentets och rådets direktiv 2011/76/EU av den 27 september 2011 om ändring av direktiv 1999/62/EG om avgifter på tunga godsfordon för användningen av vissa infrastrukturer*, 2011.
- [32] E.ON Energidistribution, "Vad är elnätsavgiften?," 25 05 2018.  
<https://www.eon.se/elnatsavgift>. [Använd 28 05 2018].
- [33] Vattenfall, Intervju, *Diskussion om elvägar*. 11 06 2018.
- [34] Hallå konsument, "Välja elhandelsavtal," 2018. <https://www.hallakonsument.se/tips-for-olika-kop/kopa-tjanster/valja-elhandelsavtal/>. [Använd 26 06 2018].

- [35] Energimarknadsinspektionen, "Elhandel," 16 03 2017. <https://www.ei.se/sv/for-energikonsument/el/ditt-elavtal/>. [Använd 28 05 2018].
- [36] Volvo, Intervju, *Diskussion om elvägar*. 13 02 2018.
- [37] Siemens, Scania, Intervju, *Workshop - Affärsmodeller och Finansieringsmöjligheter för Elvägar*. 22 02 2018.
- [38] E.ON Road, Intervju, *Diskussion om elvägar*. 25 05 2018.
- [39] J. Nylander, "Presentation: Experiences from two years of operation at the E16 electric highway - From vision to reality," Electric Road Systems Conference 2018, Stockholm, 2018.
- [40] E.ON Energidistribution, Intervju, *Elvägsmöte*. 12 06 2018.
- [41] Referensgruppsmöte 2. 22 05 2018.
- [42] Macquarie, Intervju, *Elvägar ur ett investeringsperspektiv*. 04 05 2018.
- [43] E.ON Road, Intervju, *Elvägsmöte*. 25 05 2018.
- [44] Region Gävleborg, "Bilaga 2 - Riskanalys v7," 2017-09-08.
- [45] Näringsdepartementet, "Regeringsbeslut: Fastställelse av nationell trafikslagsövergripande plan för 2018-2029," Regeringen, N2018/03462/TIF, 2018.
- [46] Fossilfritt Sverige, *Rundabordsamtal finansiering: elvägscase*. 23 02 2018.
- [47] electrive.net, "Bundesverkehrsministerium fördert umweltfreundliche Lkw," 04 06 2018. <https://www.electrive.net/2018/06/04/bundesverkehrsministerium-foerdert-umweltfreundliche-lkw/>. [Använd 15 06 2018].
- [48] Autovista group, "Germany could remove tolls for electric trucks as it aims to incentivise industry," 05 06 2018. <https://www.autovistagroup.com/news-and-insights/germany-could-remove-tolls-electric-trucks-it-aims-incentivise-industry>. [Använd 15 06 2018].
- [49] Norsk elbilforening, "norwegian-ev-policy,". <http://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/>. [Använd 3 april 2018].
- [50] Regeringen, "bonus-malus-och-branslebytet," 3 09 2017. <http://www.regeringen.se/artiklar/2017/09/bonus-malus-och-branslebytet/>. [Använd 26 03 2018].
- [51] Trafikverket, "Nya strategier, innovationer och sociala krav styr Trafikverkets upphandlingar," 18 09 2017. [Online]. Available: <https://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/Nationellt/2017-09/nya-strategier-innovationer-och-sociala-krav-styr-trafikverkets-upphandlingar/>. [Använd 25 06 2018].
- [52] Sveriges Riksdag, "Lag (2016:1147) om upphandling av koncessioner," [http://riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-20161147-om-upphandling-av-koncessioner\\_sfs-2016-1147](http://riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-20161147-om-upphandling-av-koncessioner_sfs-2016-1147). [Använd 08 06 2018].

- [53] Upphandlingsmyndigheten, "Den helt nya lagen om upphandling av koncessioner (LUK)," 25 01 2018. <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/upphandla/ny-lagstiftning/nya-lagarna---en-overblick/den-helt-nya-lagen-om-upphandling-av-koncessioner-luk/>. [Använd 07 06 2018].
- [54] Upphandlingsmyndigheten, "Vad är en tjänstekoncession?," 03 10 2017. <https://frageportalen.upphandlingsmyndigheten.se/org/upphandlingsmyndigheten/d/vad-ar-en-tjanstekoncession-1/#c2679558>. [Använd 07 juni 2018].
- [55] Karolinska universitetssjukhuset, Upphandlingsmyndigheten, EY, "Innovationsupphandling, En förstudie - så går det till, lång version," 2017.
- [56] Upphandlingsmyndigheten, "Tre nivåer av innovationsupphandling," 01 01 2017. <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/omraden/dialog-och-innovation/innovation-i-upphandling/tre-nivaer-av-innovationsupphandling/>. [Använd 08 06 2018].
- [58] Energimarknadsinspektionen, "Elnät och reglering av elnätsavgifter," 21 01 2016. <https://www.ei.se/sv/for-energiforetag/el/Elnat-och-natprisreglering/>. [Använd 28 04 2018].
- [59] Sveriges Riksdag, "Förordning (2007:215) om undantag från kravet på nätkoncession enligt ellagen (1997:857)," [http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2007215-om-undantag-fran-kravet-pa\\_sfs-2007-215](http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2007215-om-undantag-fran-kravet-pa_sfs-2007-215). [Använd 13 06 2018].
- [60] Sveriges riksdag, "Ellag (1997:857)," [https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/ellag-1997857\\_sfs-1997-857](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/ellag-1997857_sfs-1997-857). [Använd 13 06 2018].

# Bilaga I: UPPHANDLING AV KONCESSION ENLIGT LUK OCH OFFENTLIG UPPHANDLING ENLIGT LOU ELLER LUF

---

Nedan beskrivs kort koncession, offentlig upphandling samt olika upphandlingsförfaranden.

## Upphandling av koncession enligt LUK

För det fall bygg- eller tjänstekoncession är aktuellt sker upphandling enligt lagen om upphandling av koncessioner, LUK [52]. En bygg- respektive tjänstekoncession innebär att beställaren anförtror utförandet av ett uppdrag till en eller flera leverantörer där ersättningen antingen helt består av rätten av att erbjuda den aktuella tjänsten mot betalning från brukarna eller delvis den rätten och delvis betalning [53]. En viktig förutsättning är att verksamhetsrisk förs över till koncessionshavaren vilket innebär att koncessionshavaren tar full eller betydande risk för att uppnå ett tillräckligt resultat i verksamheten och därmed inte är garanterad att få täckning för sina investeringar.

Vid upphandling av koncessioner finns inga särskilda förfaranden som behöver användas utan beställaren är fri att utforma upphandlingen själv så länge principerna i 4 kap. 1 § och övriga bestämmelser enligt LUK följs [53].

Om en tjänst inte definieras som en koncession ska den i regel handlas upp genom offentlig upphandling enligt LOU eller LUF [54].

## Offentlig upphandling enligt LOU eller LUF

Beroende på typ av upphandlingsobjekt sker offentlig upphandling enligt Lagen om offentlig upphandling, LOU, eller Lagen om upphandling inom försörjningssektorerna, LUF. Båda är tänkbara för upphandling av elvägar och en fördjupad analys krävs för att avgöra vilket som bör tillämpas för vad. Då de båda innefattar liknande förfaranden utgår beskrivningarna nedan från förfarandena i sig och inte det lagrum de tillhör.

## Beskrivning av upphandlingsförfaranden

En kort beskrivning av möjliga upphandlingsförfarande ges i Tabell 6 nedan. Dessa förfaranden finns i LOU och LUF, i LUF är dock konkurrenspräglad dialog samt inrättande av innovationspartnerskap undantagsförfaranden.

Tabell 6: Beskrivning av upphandlingsförfaranden

---

<b>Öppet förfarande</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alla leverantörer som är intresserade får lämna anbud</li><li>• Kontraktsförhandlingar är inte tillåtna</li><li>• Den upphandlande myndigheten kan fritt välja att använda sig av ett öppet förfarande</li></ul>
<b>Selektivt förfarande</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alla leverantörer får ansöka om att delta, men endast sökande som inbjuds av den upphandlande myndigheten efter pre-kvalificering får lämna anbud</li><li>• Förhandlingar om anbuden är inte tillåtna</li><li>• Den upphandlande myndigheten kan fritt välja att använda sig av ett selektivt förfarande</li></ul>

---



<b>Konkurrenspräglad dialog</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Den upphandlande myndigheten för en dialog med de anbudssökande som har bjudits in att delta efter prekvalificering</li> <li>• När acceptabla lösningar som uppfyller myndighetens krav har utvecklats begärs slutliga anbud in</li> <li>• Förfarandet riktar sig till komplicerade tekniska, finansiella eller rättsliga omständigheter</li> </ul>
<b>Förhandlat förfarande</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Den upphandlande myndigheten inbjuder utvalda leverantörer efter prekvalificering och förhandlar om kontraktsvillkoren med en eller flera av dessa</li> <li>• Inga formella regler finns i LOU/LUF specifikt för förhandlingarna och inte heller något formellt slut på förhandlingarna</li> <li>• Kontraktsvillkor förhandlas utifrån en fastställd lösning</li> </ul>
<b>Projekttävling</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En projekttävling syftar till att den upphandlande myndigheten ska köpa en ritning eller en projektbeskrivning som en jury utsett till vinnande bidrag.</li> <li>• Om upphandlande myndighet även vill tilldela ett tjänsteavtal, det vill säga inte bara köpa ritningen eller projektbeskrivningen, kan det ske genom förhandlat förfarande utan föregående annonsering.</li> <li>• Om tävlingen har resulterat i fler än en vinnare ska myndigheten förhandla med alla vinnare.</li> </ul>
<b>Innovationspartnerskap</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovationspartnerskap syftar till att anskaffa en vara eller tjänst för att tillgodose behov som inte kan tillgodoses genom lösningar som finns på marknaden.</li> <li>• Partnerskapet ska delas upp i etapper som följer stegen i forsknings- och innovationsprocessen. Etapperna får också inkludera inköpet av varorna och tjänsterna</li> <li>• Vid delmålen får den upphandlande myndigheten avsluta partnerskapet eller minska antalet leverantörer.</li> </ul>

## Bilaga II: BEDÖMNING AV GRAD AV OSÄKERHET OCH INNOVATIONSGRAD VID UPPHANDLING

### Grad av osäkerhet

Figur 20 nedan illustrerar kopplingen mellan olika förfaranden och graden av osäkerhet kring vad som önskas upphandlas. Förfarandena till vänster passar principiellt upphandlingsobjekt med hög grad av osäkerhet och de till höger paket med låg grad av osäkerhet.



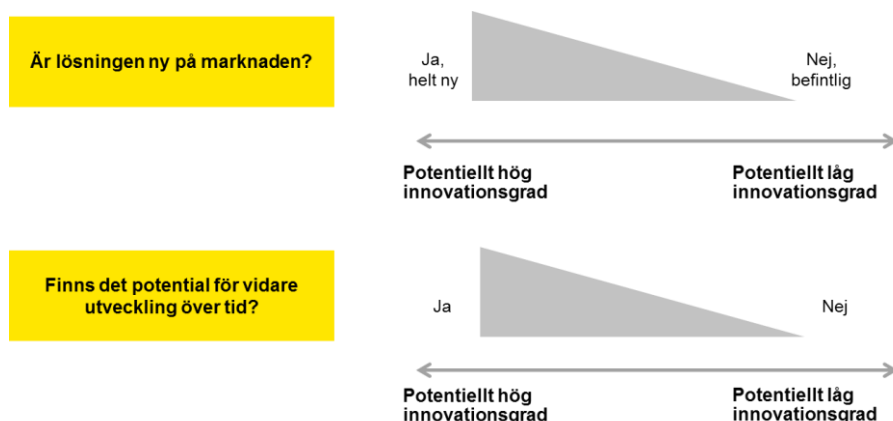
Figur 20. Val av upphandlingsförfarande i relation till osäkerhet om framtida lösning

### Innovationsgrad

Innovationsgraden kan bedömas genom två överväganden:

- Huruvida lösningen finns på marknaden idag eller inte
- Huruvida det finns potential för vidare utveckling av tjänsten/produkten över tid

Figur 21 visar kopplingen till en potentiellt låg eller hög innovationsgrad. En hög innovationsgrad innebär att marknaden är omogen och att det inte finns befintliga lösningar att handla upp. En låg innovationsgrad innebär på liknande sätt att marknaden är mogen och att det finns lösningar att upphandla.



Figur 21. Innovationsgrad

## Bilaga III: INNOVATIONSUPPHANDLING

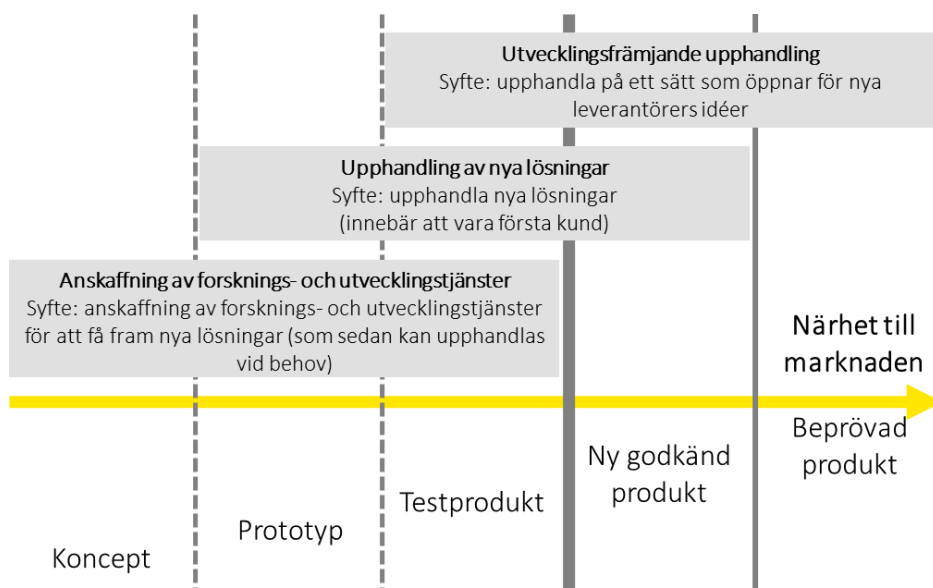
Innovationsupphandling är lämpligt om marknaden är föränderlig eller har utvecklingspotential [55]. Några exempel är:

1. Branscher där utvecklingen går snabbt, exempelvis teknik och IT
2. Den ekonomiska påverkan över livscykeln är stor, vilket kan möjliggöra mervärden över tid
3. Upphandlingsobjektet har stor potential att förbättras över tid, till exempel rörande teknik, ekonomi och slutkunder
4. Vid stora förändringar, t.ex. inom en organisation, så upphandlingen måste möta framtida behov

Trafikverket utgår från Upphandlingsmyndighetens definition och delar upp begreppet innovationsupphandling i tre delar [56, 51]:

1. **Utvecklingsfrämjande upphandling:** Upphandlande myndighet eller enhet är öppen för nya lösningar, men kräver det inte
2. **Upphandling av nya lösningar:** Upphandlande myndighet eller enhet fungerar som referenskund eller första kund av lösningar
3. **Anskaffning av forsknings- och utvecklingstjänster:** Upphandlande myndighet eller enhet efterfrågar utveckling eller till och med forskning för att driva fram nya lösningar

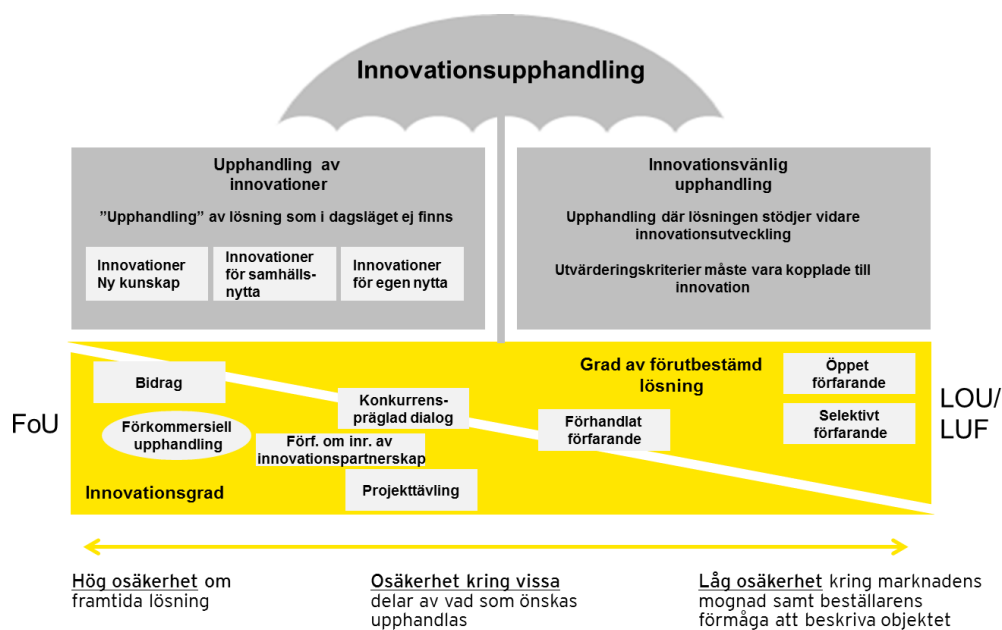
I Figur 22 nedan illustreras hur tidigt i en lösning utvecklingsprocess de olika innovationsupphandlingstyperna är lämpliga:



Figur 22. Tre nivåer av innovationsupphandling, illustration baserad på Upphandlingsmyndighetens förlaga [56]

Ett annat sätt att se på innovationsupphandling är att dela upp den i två typer som dessutom vägleder valet av upphandlingsförfarande. I Figur 23 illustreras två typer av innovationsupphandling [55]:

- **Innovationsvänlig upphandling:** En upphandling där lösningen stödjer vidare innovationsutveckling
- **Upphandling av innovationer:** En upphandling av lösning som inte finns i dagsläget



Figur 23. Innovationsupphandling

Om ett upphandlingsobjekt karaktäriseras som en innovation kan olika metodiker under upphandlingen användas beroende på när innovationen är tänkt att uppkomma:

- **Innovation direkt** – Det finns ett förslag på lösning alternativt att en lösning kan utvecklas under upphandlingen och det finns leverantörer på marknaden som kan leverera. Kravställning kan ske genom funktionskrav och eventuellt skalkrav.
- **Incitament för innovation över tid** – Lösningen som upphandlas regleras genom en betalningsmekanism som skapar incitament för innovation över tid. Leverantörsdialog är särskilt viktigt för att kunna bedöma om det finns leverantörer som har potential att leverera baserat på incitamenten över tid.
- **Innovationspartnerskap över tid** – Partnerskapet är ett gemensamt åtagande över tid mellan beställare och leverantör för att utveckla de nyttor som efterfrågas då det inte finns någon tillgänglig lösning på marknaden. Även här är leverantörsdialogen viktigt för att bedöma dels om det finns leverantörer som har potential att kunna utveckla önskade nyttor och dels om det finns intresse för ett innovationssamarbete över tid.

Processen för innovationsupphandling kan liknas vid en fördjupad förstudie innan själva upphandlingen inleds. Några av de analyser som rekommenderas under förstudien är [55]:

1. Vision och målformulering
2. Behovsanalys
3. Marknadsdialog
4. Identifiering och prioritering av innovationer
5. Paketering av innovationer
6. Finansiell analys
7. Val av upphandlingsförfarande