

# Efterfrågefleksibilitet från kommersiella transporter

RAPPORT FRÅN POWER CIRCLE



MAJ 2023



## Om projektet

Inom projektet **Affärsmodeller för öppen plattform för delad laddinfrastruktur** har Power Circle tillsammans med Chalmers, REARQ och Martin & Servera, undersökt potentialen och möjligheterna med en delad laddinfrastruktur för kommersiella transporter, med syfte att utveckla smarta system och affärsmodeller för laddinfrastruktur som kan delas av flera olika transportbolag. Projektet är finansierat av Vinnova.

Power Circles roll har primärt varit att undersöka vilken potential som finns för transportbolagen att ladda smart och vara flexibla, men även hur nyttan av flexibilitet från kommersiella transporter ser ut för elnätsbolagen och hur planering, prognoser och samverkan mellan aktörer kan bidra till bättre och smartare lösningar ur både ett transport- och elsystemsperspektiv.


Inom projektet har Power Circle gjort en omvärldsanalys av andra relevanta initiativ och projekt på området, genomfört intervjuer med transportbolag, elnätsägare, leverantörer av laddlösningar och aggregatorer, samt genomfört en case-studie där effektbehovet i en mindre godsterminal modellerats utifrån faktiska fordonsrörelser med olika lösningar och nivåer av smart laddning och flexibilitet.

Rapporten tar sin utgångspunkt i transportsektorns elektrifiering och beskriver sedan vad smart laddning är och hur flexibilitet kan komma till nytta för elsystemet. Därefter beskrivs olika aktörers perspektiv på smart laddning från kommersiella transporter och en mindre modellering inom ramen för projektet presenteras. Slutligen presenteras en analys av potentialen för efterfrågefleksibilitet från kommersiella transporter.



# Innehållsförteckning

<b>Transportsektorn ställer om</b>	<b>4</b>
<b>Smart laddning</b>	<b>7</b>
<b>Varför mer flexibilitet?</b>	<b>10</b>
<i>Flexibilitet löser olika utmaningar i elsystemet</i>	10
<i>Incentament för ökad flexibilitet</i>	11
<i>Smart laddning med hjälp av batterilager</i>	14
<b>Fem perspektiv: Smart laddning för kommersiella transporter</b>	<b>15</b>
<i>Intervjuer transportbolag</i>	15
<i>Intervju med fordonstillverkare</i>	17
<i>Intervjuer med laddinfrastruktursaktörer</i>	18
<i>Intervjuer elnätsbolag</i>	20
<i>Intervju med aggregator</i>	22
<b>Modellering av smart laddning</b>	<b>24</b>
<i>Resultat från modelleringen</i>	28
<b>Intresse och status för smart laddning för kommersiella transporter</b>	<b>36</b>
<i>Vad är nästa steg för smart laddning?</i>	37
<i>Utveckling med batterilager och V2X</i>	39
<i>Samverkan och datadelning för smart laddning</i>	40
<i>Delad laddinfrastruktur på terminaler och depåer</i>	42
<b>Potential för olika typer av smart laddning för kommersiella transporter</b>	<b>43</b>
<b>Ekonomisk potential</b>	<b>46</b>
<b>Sammanfattning</b>	<b>48</b>
<b>Bilaga 1: Utblick på andra projekt</b>	<b>51</b>






## Transportsektorn ställer om

Transportsektorn står inför en betydande omställning för att uppnå de transportpolitiska målen, med en minskning av utsläppen från inrikes transporter med 70 procent till 2030 och nollutsläpp till 2045. Utsläpp från lätta och tunga lastbilar utgör för närvarande cirka 30 procent av transportsektorns utsläpp och omställningen kräver en kombination av åtgärder och nya tekniker. Dessa inkluderar att skapa effektivare transporter, övergång till förnybara bränslen och elektrifiering.

**Utsläppen från transportsektorn ska minska med 70 % till 2030**

Framtiden för elektrifierade lastbilar, både lätta och tunga, är lovande. Fler och fler fordonstillverkare introducerar nya modeller som uppfyller kraven för olika typer av transporter och användningsområden. Samtidigt fortsätter teknikutvecklingen att förbättra batterikapacitet, laddhastighet och räckvidd, vilket gör elektriska fordon mer attraktiva för transportföretag. För att säkerställa att elektrifieringen fortsätter att utvecklas snabbt och effektivt krävs samarbete mellan politiska beslutsfattare, industrin och andra aktörer. Det innebär att stödja teknikutveckling, skapa incitament och riktlinjer för elektrifiering samt investera i infrastrukturen för laddning och smarta laddlösningar.

Denna rapport fokuserar på lokal och regional distribution vilket utgör en viktig del av den övergripande omställningen. Distribution med kortare till medellånga körsträckor och mer frekventa stopp är ofta redan idag möjligt att genomföra med elektrifierade fordon – och kan utöver minskade utsläpp leda till positiva effekter som minskade buller i stadsmiljöer, vilket förbättrar miljön för såväl invånare som chaufförer.

	 Lokala transporter	 Regionala transporter	 Fjälltransporter
Daglig körsträcka	150 - 200	300 - 400	400 - 600
Årlig körsträcka (km)	< 50 000	50 000 - 100 000	> 100 000
Energi (kWh/km)	0,5 - 1	1 - 1,5	1,5 - 2
Typisk verksamhet	Styckegods, livsmedel, sopbil, distribution	Styckegods, livsmedel, bränsletransport	Styckegods, livsmedel, bränsletransport, "bulk"



## Lastbilar elektrifieras

I januari 2022 omfattade Sveriges fordonsflotta över 600 000 lätta lastbilar, det vill säga fordon med en totalvikt under 3,5 ton. Antalet har stadigt ökat under de senaste 10 åren, och Trafikanalys långtidsprognos pekar på att antalet lätta lastbilar når 650 000 år 2030.



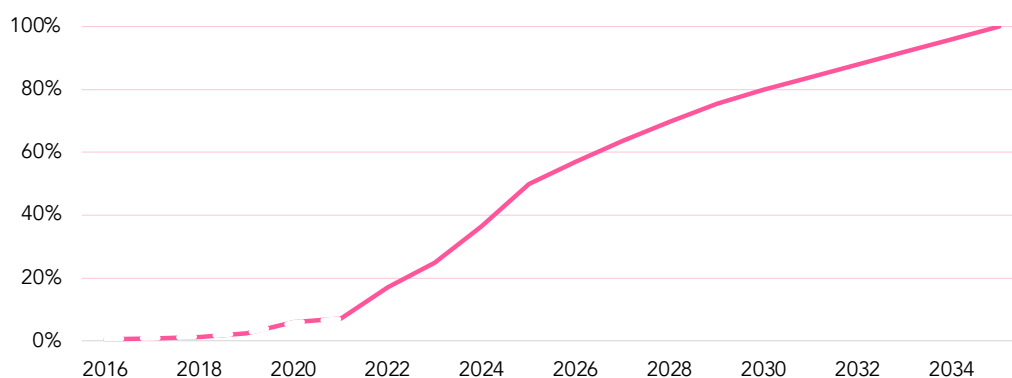
Tunga lastbilar - fordon med en totalvikt över 3,5 ton - uppgår till över 85 000. Antalet har ökat med i genomsnitt 1 % per år under de senaste 10 åren, och Trafikanalys långtidsprognos förutspår att antalet tunga lastbilar kommer att öka till 95 000 år 2030.

Elektrifieringen av lätta lastbilar har på senare tid accelererat, och modellutbudet förväntas fortsätta öka under de kommande åren. I slutet av februari 2023 fanns det 13 747 laddbara lätta lastbilar i trafik, och Mobility Swedens korttidsprognos förutspår att en av fem nyregistrerade lätta lastbilar kommer att vara eldrivna under 2023.

Förutsättningarna för att elektrifiera fordon varierar beroende på verksamhet och transporttyp. För lätta lastbilar nämner transportaktörer köpspris, modellutbud och regler kring B-körkort som några av de största begränsningarna. Power Circles prognoser<sup>1</sup> indikerar att elektrifieringstakten för lätta lastbilar kommer att öka ytterligare och att 80 % av nyregistreringarna år 2030 kan vara laddbara.

**80 % av  
nyregistrerade  
lastbilarna kan  
vara laddbara  
2030**

### Prognos över andel elektriska nyregistrerade lätta lastbilar



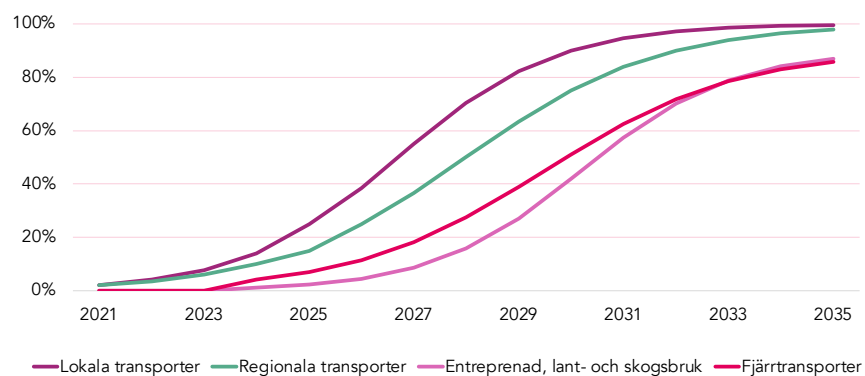
<sup>1</sup>Energiforsk (2022), [Långsiktiga scenarier för introduktion av elfordon](#)





För tunga lastbilar är möjligheterna att elektrifiera dessa fordon ännu mer beroende av användningsområde, viktklass och körmönster. Den högsta elektrifieringstakten för tunga fordon syns nu i de lägre viktsegmenten och för fordon som utför stadsnära distribution. Modellutbudet för tyngre transporter förväntas växa i närtid och även fordon för de tyngsta fjärrtransporterna demonstreras idag och förväntas börja säljas runt 2024. Power Circles långsiktsprognoiser<sup>1</sup> visar en exponentiell tillväxt av eldrivna tunga lastbilar på lång sikt, även om utvecklingen förväntas ta fart vid olika tidpunkter beroende på fordonstyp.

Prognos över andel elektriska nyregistrerade tunga lastbilar



## Laddning

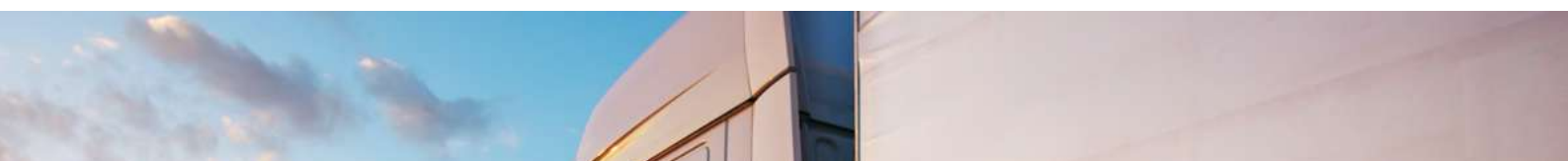
### Semi-publik laddning

Laddpunkter kan användas av flera olika transportörer som har tillgång till laddstationen.

Transportören kan dock behöva få access till området. Laddstationen är alltså inte helt öppet tillgänglig, men inte heller helt privat.

En stor andel av laddningen av elektrifierade kommersiella transporter, ca 80-90 procent av den tillförda energin, förväntas ske vid fordonets "hemmaterminal", eftersom det är här det är som smidigast och billigast att ladda. Vid laddning i depå och semi-publikt i godsterminaler behöver hänsyn till fastighetens totala effektbehov tas samtidigt som fordonen behöver tillgodoses med tillräcklig effekt. Elektrifierade lastbilar kan skapa utmaningar för elnäten, då elektrifiering av exempelvis godsterminaler och depåer förväntas leda till att effektbehovet ökar kraftigt vid en storskalig elektrifiering.

Att säkerställa tillräcklig elnätskapacitet är därför en av de viktigaste faktorerna för en framgångsrik omställning till elektrifierad transportsektor. Det kan innebära att man behöver hitta olika strategier och sätt att ladda fordonen för att anpassa sig efter de rådande förutsättningarna.





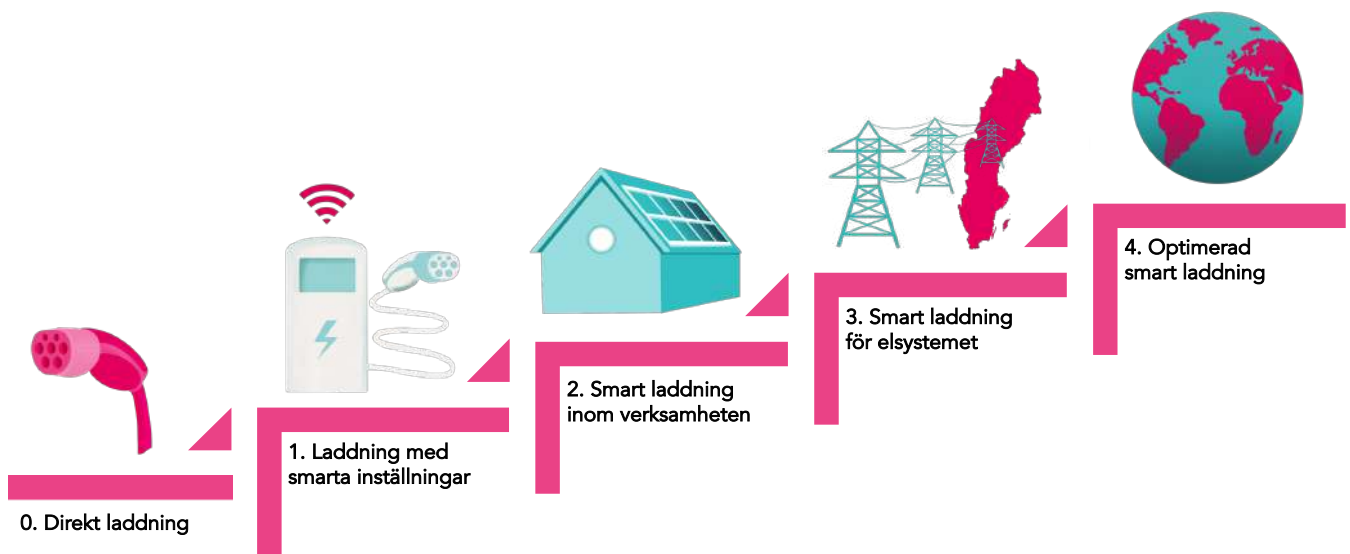
# Smart laddning

Smart laddning är ett sätt att hantera problemet, där fordonen kan bidra till att minska belastningen eller rent av stödja elnätet vid tidpunkter med hög belastning. Smart laddning innebär att laddningen anpassas eller optimeras utifrån olika parametrar kopplat till fordonsanvändarens och/eller elsystemets behov. Syftet med smart laddning är att laddningen ska uppfylla användarens behov, men på ett så kostnads- och resurseffektivt sätt som möjligt för både användaren och elsystemet.

Smart laddning kan exempelvis bidra till att minska behovet av nätförstärkningar, öka möjligheten att integrera mer variabel elproduktion, samt stabilisera elnätet. För fordonanvändaren kan smart laddning samtidigt resultera i reducerade kostnader och nya intäktströmmar. Detta sker genom att laddningen exempelvis kan förläggas till andra tider eller ske med en annan effekt under ett annat tidsspänn (ofta handlar det om att ladda med lägre effekt under en längre tidsperiod), för att minska belastningen eller ta hänsyn till situationen i elnätet.

Då flera saker åsyftas med begreppet "smart", tog Power Circle i ett faktablad kring smart laddning fram en trappa i fem steg som beskriver olika nivåer av smart styrning, där styrningen blir mer avancerad och tar hänsyn till elsystemets behov i större utsträckning för varje nivå.

**Smart laddning kan bidra till minskat behov av närförstärkningar**





## 0. Direkt laddning

Det finns ingen smart styrning, utan laddning startar med full effekt så fort ett fordon kopplas in och fortgår tills batteriet är fulladdat. Detta kallas i laddningstrappan "Direkt laddning".

## 1. Laddning med smarta inställningar

Första nivån av smart laddning innebär att användaren manuellt kan anpassa när laddningen ska ske via smarta inställningar i fordonet, en app eller via laddaren. Det kan utgå från när fordonet behöver vara fulladdat eller uppskattningar kring när elpriset antas vara lägre. Även smarta tjänster för publik eller semi-publik laddning som exempelvis bokning av laddplats ingår i denna nivå. För att användaren ska kunna styra på distans krävs att infrastrukturen eller fordonet är uppkopplat.

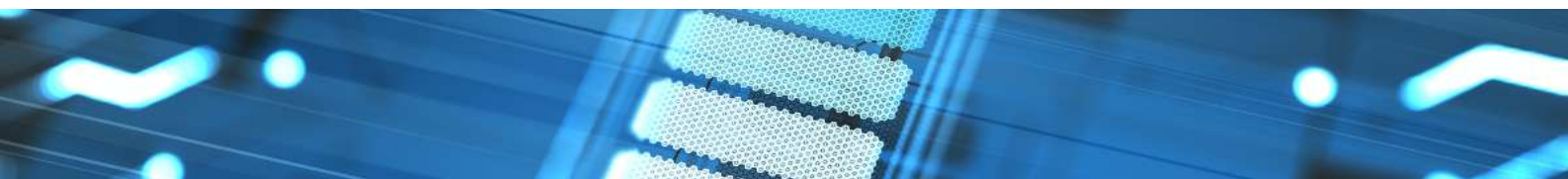
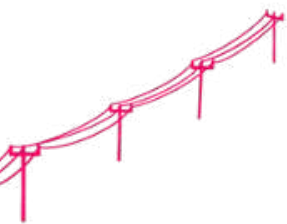
## 2. Smart laddning inom verksamheten

På nivå två optimeras laddningen utifrån verksamhetens eller fastighetens förutsättningar. Vid elektrifiering av en depå krävs ofta mer effekt än vad fastigheten idag använder och det finns ofta ett ekonomiskt incitament att höja abonnemanget så lite som möjligt. Ibland är ett stort ökat effektuttag inte alls möjligt och det är då intressant att undersöka hur laddningen kan optimeras inom fastighetens abonnemang.


Smart laddning kan göras med system för lastbalansering som kan styra flera ladduttag samtidigt och optimera efter både fordonens behov och verksamhetens elnätsabonnemang, eller ett energy management system som även möjliggör optimering utifrån egenproducerad solel eller om det finns någon form av energilager i fastigheten. För elsystemet skapas nytta genom att höga effekter och nätanslutningar undviks. Det ska dock noteras att mer elenergi kommer att användas i verksamheten.

## 3. Smart laddning för elsystemet

På den tredje nivån tas information från det omgivande elsystemet hänsyn till i större utsträckning, genom att uppkopplade fordon eller infrastruktur optimerar laddningen utefter elpris och/eller nättariffer. Incitamenten är att laddningen ska bli så billig som möjligt, samtidigt som användarens behov av laddning fortfarande uppfylls. Denna nivå bidrar till att matcha laddningen med tider då det finns gott om billig elproduktion tillgänglig i elsystemet eller tider då det finns nätkapacitet, vilket minskar behoven av att bygga ut lika mycket produktion och elnät.







För att smart laddning på nivå tre ska fungera på ett bra sätt är det viktigt att både ha rätt teknologi installerad, t.ex. smarta elmätare och uppkopplad infrastruktur, men också en differentierad prissättning.

Det är idag möjligt att som kund välja timprisavtal för inköp av el. Där emot är nättarifferna ofta varken dynamiska eller varierande efter olika tidpunkter beroende på belastning i nätet. År 2022 hade ca 20 av 150 elnätsföretag implementerat någon typ av effekttariffer, men år 2027 ska alla nätbolag ha infört någon form av effekttariff<sup>2</sup>. Effekttariffer kan dock utformas på många sätt och det är idag inte vanligt att de utformas på ett sätt som bidrar till att ge incitament för smart laddning.

#### **4. Optimerad smart laddning**

I den högsta nivån optimeras laddningen efter flera olika styrsignaler och marknader så att elfordonet kan bidra med flera olika tjänster till elsystemet. Här vägs användarens transportbehov ihop med förutsättningarna i verksamheten, elpris, nättariff, samt olika elmarknader - som lokala flexibilitetsmarknader och stödtjänster - för att optimera intäkter och kostnader. På den här nivån kommer även funktionaliteten Vehicle-to-grid, förkortat V2G, som innebär att fordonet inte bara kan styra laddningen utan även kan mata tillbaka el vid behov.

För att kunna delta på olika stöd- eller flexibilitetsmarknader krävs i nuläget ett minsta bud på flexibel effekt eller energi som är större än vad ett enskilt fordon kan erbjuda. Det kan krävas flera hundra fordon i ett bud. Detta innebär att aktörer som vill sälja sina tjänster på dessa marknader behöver ta hjälp av en aggregator, vilket är en aktör som samlar ihop resurser för flexibilitet och budar in dem på de olika marknaderna.

Även tekniskt finns det förutsättningar som behöver finnas på plats för att smart laddning på nivå fyra ska fungera. Förutom höga krav på uppkoppling och kommunikation så krävs snabba svarstider, högupplöst mätning och prognoser för effektbehov. Genom att samarbeta med en aggregator kan de båda hjälpa till att förkvalificera flexibilitetsresursen och se till att alla tekniska krav uppfylls så att det går att lägga bud till marknaden. De kan även stötta med budstrategier och optimering.

---

<sup>2</sup> Energimarknadsinspektionen, [Effekttariffer](#)



## Varför mer flexibilitet?

För att förstå förutsättningarna, vilka utmaningar och vilka incitament som finns för att arbeta med smart laddning är det även viktigt att förstå på vilket sätt och med vilka metoder det går att bidra med flexibilitet i elnätet, vilka marknader som finns, samt vilka av dessa möjligheter som är relevanta för en verksamhet med kommersiella transporter. I det här avsnittet beskrivs hur flexibilitet löser olika utmaningar i elsystemet, samt vilka metoder och marknader som finns för att realisera flexibilitet.



### Flexibilitet löser olika utmaningar i elsystemet

Flexibilitet i elsystemet handlar om elnätets förmåga att hantera variabilitet och osäkerhet kopplat till utbud och efterfrågan på el, både i ett långsiktigt och kortsiktigt perspektiv. Det kan handla om allt från att stabilisera elnätet på sekundnivå till att säkerställa långsiktig driftsäkerhet. Utmaningar som kan lösas med hjälp av flexibilitet innefattar bl.a:

**Frekvensreglering:** Elsystemet måste hela tiden vara i balans. Om elkonsumtionen och elproduktionen inte är i balans påverkas frekvensen, vilket måste åtgärdas omgående för att undvika problem som skadad utrustning och elavbrott. För att reglera frekvensen behöver det därför finnas reglerresurser som snabbt kan aktiveras för att systemet ska återvända till att vara i balans. Dessa resurser upphandlar Svenska kraftnät dagligen genom olika produkter på sina stödtjänstmarknader.

**Effektbrist:** Effektbrist uppstår när det inte finns tillräckligt med kraft i systemet för att möta efterfrågan. Det kan bero på brist i produktions- eller importkapacitet. Om bristen inte kan hanteras via flexibilitet, import eller den svenska effektreserven, behöver elanvändare börja kopplas bort från elnätet för att undvika skador och strömavbrott. Dessa situationer kan uppstå tillfälligt under ett par timmar, vanligtvis vintertid då elanvändningen i Sverige är som högst.

**Variationshantering:** Variationshantering innebär förmågan att på längre tidshorisonter som dagar eller veckor anpassa variabilitet på produktionssidan till efterfrågan och tvärtom. Anpassningen kan ske med olika tekniker som produktion, överföring, lagring eller konsumtion.

**Flexibilitet i elsystemet kan stabilisera elnätet på sekundnivå och säkerställa långsiktig drift**





**Kapacitetsutmaningar:** Kapacitetsutmaningar eller kapacitetsbrist innebär att elsystemets infrastruktur och/eller överföringskapacitet momentant inte klarar av att föra över den mängd el momentant som behövs, på grund av att efterfrågan på el eller produktionen av el lokalt i det ögonblicket är för stor för elnätet att hantera.

## Incitament för ökad flexibilitet

I dagsläget finns olika metoder för att realisera och ge incitament till flexibilitet i elsystemet. Potentialen för flexibilitet uppskattas i dagsläget vara långt större än behovet<sup>3</sup>, men behovet kommer att förändras över tid i och med energiomställningen. De metoder som finns är elpris och tariffer, bilaterala avtal, marknadsbaserad upphandling samt villkorade avtal. Dessa delas i sin tur upp i två kategorier där den ena ger kunden prissignaler som kunden kan reagera på om den vill medan den andra kategorin är på förhand uppgjord flexibilitet där styrning sker utifrån avtal eller upphandling. Metoderna är generella för olika kategorier av flexibilitet, men i denna rapport kommer fokus att vara på efterfrågefleksibilitet och lagring kopplat till kommersiella transporter.

Det totala priset för elen som en kund betalar idag bygger på tre olika delar: elanvändningen, vilket betalas till elhandelsföretaget, transporten av elen som betalas till elnätsföretaget, samt energiskatter och avgifter som går till staten. Genom att vara flexibel är det möjligt att sänka kostnaderna för både elhandeln och användningen av elnätet.

### Elpris och elhandelsavtal

Elhandelsavtalet avgör vad kunden betalar per kWh för elanvändningen. Enligt Energimarknadsinspektionen finns det fem avtalstyper som är de vanligaste: Fast pris, rörligt pris (månadsbaserat), timpris (rörligt pris per timme), mixavtal (en del rörligt och en del fast pris) samt anvisat pris, som fås automatiskt om kunden inte väljer ett elavtal<sup>4</sup>. Det är endast om man har ett avtal med timpris som det gör någon skillnad för kundens kostnader att styra konsumtionen på dygnsbasis. För större företag erbjuder även många elhandelsbolag ofta skräddarsydda lösningar och rådgivning eller speciella företagsavtal.

### Olika typer av flexibla resurser

**Efterfrågefleksibilitet:** Användaren anpassar sin efterfrågan på el under en kortare eller längre period.

**Produktionsfleksibilitet:** En kraftkälla ökar eller minskar sin produktion baserat på elsystemets behov.

**Energilagring:** Ett energilagrar lagrar el och flyttar användningen eller produktionen i tid.

Vissa resurser passar bättre än andra för att lösa de olika utmaningar som elsystemet har på ett kostnads- och resurseffektivt sätt.

<sup>3</sup> Power Circle (2022), [Kartläggning av flexibilitet för ett mer stabilt och driftsäkert system](#).

<sup>4</sup> Energimarknadsinspektionen (2023), [Avtalstyp och elområde](#)





## Elnätsabonnemang och tariffer

Nätavgiften kunden betalar ska gå till drift och underhåll av elledningarna samt transporten av elen dit den ska användas. Det finns i huvudsak två typer av elnätsabonnemang - säkringsabonnemang och effektabonnemang. I ett säkringsabonnemang består avgiften dels av en fast del baserad på storleken på fastighetens eller abonnemangets huvudsäkring, samt en rörlig del baserat på hur mycket el som används eller transporteras till kunden. Över en viss huvudsäkringsnivå så behöver verksamheten ofta ha ett effektabonnemang. Utöver fast abonnemangskostnad och rörlig kostnad per uttagen kWh innehåller ett effektabonnemang fler rörliga komponenter som t.ex. en effektagift, som är en taxa för det högsta genomsnittliga effektuttaget under en viss period. Det kan också innehålla olika differentierade påslag för höglast- och låglasttimmar. Priserna varierar även beroende på om verksamheten är anslutet på lokalnäts- eller regionnätetsnivå.

Energimarknadsinspektionen har bestämt att senast 1 januari 2027 ska alla elnätsbolag ha en effekttariff<sup>5</sup>. Det betyder att alla nätabonnemang ska ha minst en rörlig avgift för effektförbrukning, som på något sätt ska vara tidsdifferentierad, det vill säga att taxan är olika hög för olika tider för att återspegla belastningen på elnätet. Det finns hittills en stor variation i hur bolagen väljer att utforma effekttariffer, och ingen som i dagsläget är speciellt lämplig för smart laddning till vår kännedom. Exempel på effekttariffer idag är att ta betalt för det enskilt högsta timvärdet per år, eller för ett medelvärde av de högsta timvärdena.

***Senast 2027 ska  
alla elnätsbolag  
ha infört en  
effekttariff***

## Bilaterala avtal för flexibilitet

Bilaterala avtal är skräddarsydda avtal mellan nätbolaget och en aktör med tillgång till relativt stora flexibilitet, det kan exempelvis vara en enskild stor förbrukare eller en aggregator. Avtalet kan vara ett enkelt sätt för nätägaren att säkra upp möjligheten till flexibilitet, exempelvis genom att avtalet förbinder kunden att avstå en viss volym effekt under vissa givna tidsperioder eller i specifika situationer. Bilaterala avtal som upphandlats i konkurrens kan ses som ett marknadsmässigt alternativ till att som nätägare handla upp flexibilitet på en flexibilitetsmarknad<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Energimarknadsinspektionen, [Effekttariffer](#)

<sup>6</sup> Energimarknadsinspektionen (2023), [Villkorade avtal](#)





## Marknader för flexibilitet

Idag finns även marknader för att handla med flexibilitet. Dels testas och utvecklas ett antal lokala flexibilitetsmarknader med syftet att hantera toppar lokalt i elnätet och minska behovet av nätförstärkningar. Flexibiliteten köps av lokal- och regionnätägare, och leverantören måste ha sina resurser anslutna inom marknadens nätområde. Detta är ett bra sätt för nätägare att arbeta med flexibilitet när antalet bilaterala avtal blir så många att hanteringen blir ineffektiv och för komplex.

För att få delta som resurs på de lokala flexibilitetsmarknader som testas krävs en minsta budstorlek på 0,1 MW och minsta leveranstid eller uthållighet på 60 min, eller motsvarande energimängd på kortare tid. Aggregering för att komma upp i budvolymen är tillåtet på alla lokala flexibilitetsmarknader. Det finns även krav på prekvalificering, att flexibilitetsresurserna testas så att de uppfyller kriterierna för att få delta på marknaderna.<sup>7</sup> De olika marknaderna har dock flera faktorer gällande markandsdesignen som skiljer sig åt, gällande t.ex. olika ersättningsprinciper, samt hur produkterna som handlas ser ut.

Det finns även nationella marknader för flexibilitet, Svenska Kraftnäts balansmarknader för stödtjänster, där resurserna ska bidra till att balansera hela elnätet med avseende på att behålla rätt frekvens och hantera olika typ av störningar. Stödtjänsterna har olika funktioner och krav, men gemensamt är att för att delta och lägga bud krävs en viss volym (effekt) och uthållighet (tid) precis som på de lokala marknaderna. De senaste året har lönsamheten varit stor på dessa marknader.

## Villkorade elnätsavtal

Slutligen finns villkorade avtal som är en typ av elnätsavtal som villkorar kundens effektanvändning i vissa driftskritiska situationer. Ett exempel som testats är att en laddstation kan få anslutning snabbare till elnätet om den som driftar stationen går med på att maxeffekten styrs ned vid tillfällen då nätet är högt belastat. Oftast behöver styrningen aktiveras mycket sällan och de kunder som testat dessa avtal är oftast nöjda. Samtidigt anses villkorade avtal inte vara marknadsbaserad flexibilitet, vilket gör att nätägaren årligen behöver undersöka andra möjligheter, och villkorade avtal ska därför ses som en tillfällig lösning enligt Ei<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> Power Circle (2022), Lokala flexibilitetsmarknader

<sup>8</sup> Energimarknadsinspektionen (2023), [Villkorade avtal](#)






## Smart laddning med hjälp av batterilager

Slutligen är en möjlighet för att uppnå en ökad flexibilitet att installera ett stationärt energilager bakom elmätaren. Energilager är en teknologi som har hög potential att bidra till mer smart laddning även för kommersiella transporter om de installeras i anslutning till laddstationer. Stationära lager möjliggör en större flexibilitet i när effekt tas ut (eller matas in) i elnätet, men kan också vara en förutsättning för att kunna etablera laddning överhuvudtaget, som ett alternativ till att behöva vänta på att få öka sitt effektabonnemang.

Det finns flera exempel där detta har testas. Exempelvis i projektet Batterilager i Rocklunda används ett batterilager i anslutning till en laddstation för elbilsaddning i Västerås, där batteriet laddas upp när belastningen på nätet är låg för att sedan kunna laddas ur i samband med laddning när belastningen på nätet är hög och på så sätt kunna leverera laddning med minimal påverkan på elnätet. Batterilagret väntas kunna sänka effekttopporna och avlasta belastningen från laddningen på det lokala elnätet med över 80 %. Ett annat exempel är logistikbolaget Falkenklev Logistik som integrerar laddning för närdistribution med batterilager och egen solesproduktion. Lagret ska stötta upp laddningen men framför allt delta på olika flexibilitetsmarknader, samt styra laddningen efter elpris med hjälp av en aggregator.

***Tillfälliga  
batterilager  
kopplat till  
laddinfrastruktur  
blir allt vanligare***

Något som också blivit vanligare är att installera tillfälliga batterilager kopplat till laddinfrastruktur i samband med mycket säsongsbaserad trafik under till exempel skidsäsongen. Audi har sedan år 2022 erbjudit sportlovsladdning med hjälp av återvunna fordonsbatterier i Ljusdal och Sveg tillsammans med Jämtkraft, MER och SkiStar. Även Scania har tillsammans med DB Schenker, Sanberg & Jonsson och Martin & Servera satt upp en mobil laddstation med batterilager för tung transport i Åre. Den senare laddaren nyttjas av en ellastbil för varudistribution av livsmedel. Lastbilen laddar vanligtvis nattetid på depå i Östersund och levererar varor där med hjälp av stödladdning lunchtid, men med den ökade efterfrågan i Åre under sportlovsveckorna kan verksamhetsområdet utökas med hjälp av den mobila laddstationen till att även leverera mellan Östersund och Åre.



# Fem perspektiv: Smart laddning för kommersiella transporter

Inom projektet har ett antal intervjuer genomförts med aktörer så som transportbolag, fordonstillverkare, elnätsbolag, företag som etablerar och driftar laddinfrastruktur samt en aggregator. Detta för att få en bild av hur aktörer genom hela värdekedjan ser på hinder, möjligheter och potential för smart laddning och flexibilitet för kommersiella transporter.

## Intervjuer transportbolag



Smarta system för laddning, ruttplanering och optimering, bokning med mera anses av transportbolagen vara en nyckelfaktor för att elektrifieringen ska fungera. När laddningen ska ske måste optimeras automatiskt utifrån kostnad och ruttplanering. Enkel tillgång till data om när och var det är billigt att ladda, samt prognoser för kommande leveranser och rutter kommer att bli viktigt.

Transportbolag som arbetar med elektrifiering undersöker redan idag möjligheten att ladda smart för att spara pengar och installerar laddningshanteringssystem som tillåter schemaläggning av laddningstider. Ett incitament för transportbolagen att arbeta med smart laddning förutom att sänka kostnaderna är att det kan vara en förutsättning för att kunna elektrifiera överhuvudtaget, då tillgång till tillräcklig nätkapacitet är ett vanligt problem. Ett av de intervjuade transportbolagen har även installerat egen produktion i form av solceller och ett batterilager för att minska sitt beroende av elnätet. Ibland blir även villkorade avtal aktuellt för att kunna elektrifiera fordonen.

***På kort sikt kan det finnas stor potential för flexibel laddning***

På kort sikt finns en stor potential för flexibel laddning både avseende tid och effekt i fordon som står still en längre tid, exempelvis fordon i när- eller stadsdistribution som går kortare sträckor och kör ett skift. På längre sikt vill dock transportbolagen köra fler skift med fordonen vilket kommer minska flexibiliteten i laddningen. Samtidigt ser de på sikt en potential i Vehicle-to-Grid (V2G) tekniken och det finns ett intresse av att leverera olika flexibilitetstjänster till elsystemet.





Det viktiga för transportbolagen idag är att laddningen sker medan fordonet ändå står stilla av olika anledningar. Transportbolagen som intervjuats ser det som svårt att vara flexibla genom att flytta transportererna i tid, då det är många delar i logistikkedjan som måste ändras för att det ska fungera. En rutt kan även vara en del av ett större komplicerat logistiksystem och påverka andra flöden.

För att kunna flytta leveranstiderna skulle det kräva dels en flexibilitet hos kunden som ska ta emot leveransen, i form av att det finns personal på plats eller att föraren kan ta sig in själv och leverera godset. Det kan också krävas att det finns tillgängligt lagringsutrymme om godset ska stå en tid. Om gods eller varor ska hämtas på en logistikterminal för omlastning gäller samma förutsättningar där, att lagringsutrymme finns där om hämtning och lämning inte sker helt synkroniserat.

Något som de intervjuade transportbolagen gemensamt nämner som intressant är nattleveranser. Fördelar som nämns är bättre arbetsmiljö med mindre stress kring leveranser och att leveranserna går fortare då det är mindre trafik på natten, men den absolut största drivkraften är att kunna köra flera skift och få en högre utnyttjandegrad på fordonen. De intervjuade transportbolagen ser att det blir viktigt på sikt för att få lönsamhet i elektrifierade fordon. De vill byta ut två konventionella fordon mot ett elfordon då det senare är en dyrare investering, men också för att det helt enkelt är mer transporteffektivt. Förutom förutsättningarna som redan nämnts behöver även städerna tillåta nattleveranser. Flera av de intervjuade aktörerna har påbörjat dialoger. En möjlig målkonflikt är att det kan bli både billigast att ladda och att göra leveranser på natten.

***Fastighetsägare  
för depåer  
kommer få en  
större roll när  
transporterna  
elektrifieras***

Ett annat sätt att flytta laddningen i tid är att det finns tillgång till stödladdning hos kunden, vilket kräver tät samverkan. Transportbolagen laddar helst på sina egna laddare, i andra hand stödladdning och i sista hand publik laddning, av både ekonomiska skäl och för att ha kontroll över sin energiförsörjning.

Slutligen ser transportbolagen att det behövs en ökad kunskap, insikt, erfarenhetsutbyte och samverkan hos alla inblandade aktörer i värdekedjan i stor utsträckning. En aktör som behöver involveras mer när det kommer laddning och logistik är fastighetsägarna för depåerna.





## Intervju med fordonstillverkare

Enligt fordonstillverkaren är drivkraften för transportbolagen att arbeta med smart laddning framför allt att sänka kostnaderna genom att öka utnyttjandegraden på laddare, sänka effekttoppar och potentiellt abonnemangskostnad samt ladda när det är som billigast. Prissättning och tariffer kommer att hjälpa till att styra detta framöver. Men fordonstillverkaren ser också ett intresse från distributionstransporter att använda fordonen i fler skift och köra under nattetid. Då blir laddning av fordonen mer styrd att ladda vid behov och flexibilitetspotentialen minskar. En del kunder har exempelvis frågat fordonstillverkaren om batteribytesteknik för att minska stilleståndetiden på fordonen.

***När fordonen körs mer och nyttjandegraden minskar samtidigt potentialen för flexibilitet kopplat till laddning***

Fordonstillverkarens erfarenhet är att elektrifieringen är en ny fråga för åkerierna, men att de större åkerierna ofta har bättre möjlighet att testa elektrifiering och ändra om sin logistik så att det fungerar med en andel elektrifierade fordon med avseende på räckvidd och laddmöjlighet. Det kan handla om att ändra och jämna ut körsträckorna per dag eller ändra ruttplaneringen så en annan typ av fordon kör de absolut längsta sträckorna på en rutt. Det kommer därmed att vara viktigt att framöver dela kunskap och kunskapshöja även hos de mindre åkerierna, då Sverige har en stor andel små åkerier jämfört med andra länder i Europa.



Fordonstillverkaren är involverade och arbetar mycket med mjukvarulösningar idag som hjälper åkerier och transportbolag att ladda utefter pris och transportbehovet. Datadelning blir därför väldigt viktig, med till exempel API:er mellan olika system som ska samverka. Även olika interface som hjälper aktörerna att tolka hur de ska använda datan, till exempel när man ska ladda, blir viktiga.

Enligt fordonstillverkaren finns det flera exempel på att kunder anpassat laddning efter elpris och tariffer, men att det kanske inte är lika vanligt att ge sig in på flexibilitetsmarknader. Hur affären ser ut kontra vad konsekvenserna blir för batteriet kommer att bli en viktig faktor att ta hänsyn till. Fordonstillverkaren ser att en av de enklare åtgärderna för transportbolagen är att styra om laddningen till när timpriset är lågt.







Även batterilager kommer troligtvis att bli viktigt på kort sikt, för att åkerier ska kunna få tillgång till kapacitet snabbt och kunna elektrifiera i den takt man vill. Ett fåtal kunder efterfrågar detta redan nu, men fordonstillverkarna tror att det kommer bli allt viktigare vid uppskalning av den elektrifierade flottan. På längre sikt kan sedan frekvensreglering och liknande bli intressant, när det finns en lite större mängd fordon och en större mängd batterier i omlopp i systemet.

Fordonstillverkaren ser att det krävs mycket samverkan och dialog mellan de involverade aktörerna. När utvecklingen är i ett tidigt skede ser fordonstillverkaren ett behov av att stötta dialogen mellan exempelvis elnätsägare och åkerier kring respektive aktörs behov. Åkerierna vill veta hur kapaciteten ser ut och vilket abonnemang som behövs, medan elnätsbolagen vill veta hur åkeriets framtidsplaner för elektrifiering ser ut. Fordonstillverkaren kan och behöver hjälpa till i dialogen kring energibehov baserat på kördata, effekttoppar kopplat till transportmönster, sekventiell laddning och logistikfrågor, vilket kan bli ganska komplext att hantera för enskilda åkerier, speciellt för mindre aktörer.

### **Intervjuer med laddinfrastruktursaktörer**

Aktörerna som etablerar laddning ser en stor potential i och rent av nödvändighet av smart laddning och flexibilitet framöver. Kunder efterfrågar redan smart laddning idag och laddaktörerna arbetar med lösningar på olika nivåer inom smart laddning, allt ifrån styrning mot energipriser och tariffer, förvärmning av batterier och ruttoptimering. Ska man delta på stödtjänstmarknader krävs ofta samarbete och integration med aggregator. Idag handlar det därför om att förskjuta laddningen till låglasttimmar och lokal lastbalansering som ses som första steget.

För egen del ser aktörerna som etablerar laddinfrastruktur mjukvara och tjänster som till exempel kan hantera smart laddning som konkurrensfördelar framåt, där hårdvaran kommer vara ganska lik mellan olika aktörer. För transportaktörerna ser laddbolagen att miljö och hållbarhet för verksamheten är en tydlig drivkraft. Dock är den ekonomiska hållbarheten viktigast, speciellt då marginalerna i transportbranschen inte är så höga. Flexibilitet och smart laddning kan vara ett sätt att stärka sin verksamhet ekonomiskt, men det finns också en risk och osäkerhet i värdet på flexibilitet och energipriser de kommande åren.







Ofta är det därför större aktörer som har möjlighet att vara tidigt ute och ta risk, men en stor del av aktörerna som behöver ställa om är även mindre aktörer, t.ex. åkerier, som behöver veta att affären går ihop. Här anser laddaktörer att det offentliga har en stor roll i att skapa trygghet och minimera risk med olika typer av stöd riktade till elektrifieringen.

Samverkan, transparens och datadelning mellan aktörer i hela värdekedjan anses vara avgörande för att smart laddning och flexibilitet ska kunna integreras i verksamheten. Laddaktörerna ser en stor utmaning i att omställningen fortfarande är i en tidig fas, där affärsmodellerna och de nya värdekedjorna mellan aktörer inte är fullt utvecklade.



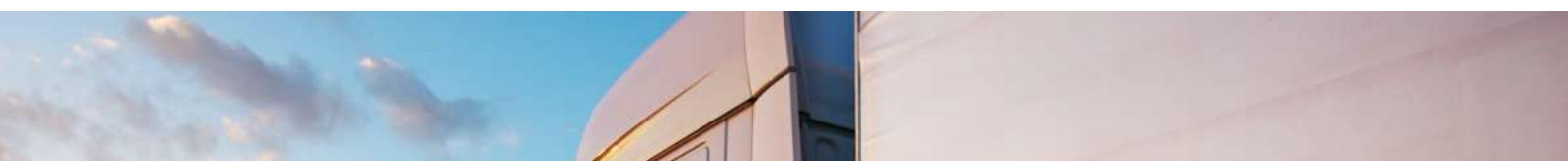
Idag samverkar aktörerna som etablerar laddning med transportbolag, aggregatorer och fordonstillverkare, men dialogen med elnätsägare är inte lika tät. När det kommer till elnätsägarna upplever laddaktörerna att deras driv att komma igång med flexibilitetshandel i stor skala som begränsad. Det upplevs inte heller finnas mycket bidirektionell datadelning mellan elnätsägare och kommersiella aktörer, även om det exempelvis finns pilotprojekt med villkorade avtal.

För att optimera laddningen behövs inte bara data om elförbrukning och elproduktion, utan även information om väder, trafik och kunders förväntningar. Att få tillgång till data i olika former från aktörer i värdekedjan för att kunna räkna på olika case är viktigt, men delning av data är också en utmaning, speciellt i ett tidigt stadium när aktörer är försiktiga, kanske inte vet vilken data de kan dela och vad datan är värd.

Idag arbetar laddaktörerna mycket mot bussbolag och kollektivtrafik då det finns en stor förutsägbarhet där och aktörerna redan är mer insatta i området. Men man arbetar även mot distribution där man ser en stor potential och att intresset för smart laddning och flexibilitet ökar.

Redan idag ser aktörerna inom laddning att det går att spara mycket pengar på frekvensreglering, men det finns en osäkerhet kring hur lönsamheten kommer att förändras över tid. När fler resurser kommer delta på marknaden förväntas ersättningen sjunka, men samtidigt förväntas mer variabel elproduktion komma in i elsystemet vilket ökar behovet. Det finns idag flera kunder inom distribution som installerar batterilager och tillhandahåller frekvensreglering, och troligtvis kommer liknande lösningar att komma i större skala och med högre effekter.

***Redan idag ses stor potential till kostnadsbesparing genom frekvensreglering***





## Intervjuer elnätsbolag

För elnätsbolagen är elektrifierade transporter en positiv utveckling för samhället som de vill möjliggöra. Det tillkommande effektbehovet från elektrifierade transporter kan vara en utmaning om det är stort men det kan också utgöra en resurs i elnätet i arbetet med flexibilitet. Elnätsbolagen som intervjuats ser generellt flexibilitet som en framtida möjlighet då det idag används i väldigt begränsad omfattning. I arbetet med flexibilitet är också elektrifierade transporter en resurs bland många andra.

Elnätsbolagen ser idag inte framför sig att flexibilitet kommer att ersätta nätutbyggnad, utan båda lösningarna kommer att behövas. Flexibilitet anses extra relevant för tillfälliga behov eller för att kapa de allra högsta effekttopparna, medan nätutbyggnad troligtvis är lösningen för mer konstanta behov av effekt över tid. Ett incitament som nämns för att som nätägare arbeta med flexibilitet är att klara av sitt uppdrag inom en rimlig tidshorisont. Den snabba elektrifiering som nu sker ställer höga krav på nätinfrastrukturen, och när nätutvecklingen tar tid kan flexibilitet vara en resurs som överbryggat gapet i tid. Konsekvenser av att inte kunna agera snabbt nog på samhällets utvecklingsbehov kan vara överbelastning av nätet, långsammare utbyggnad av laddinfrastruktur och ökade kostnader för både elnätsbolag, konsumenter och samhälle.

**Med bättre information om kunders behov skulle elnätsbolagen kunna arbeta mer proaktivt**

Elnätsbolagen ser ett behov av att bättre förstå både befintliga och tillkommande kunders effektbehov för att kunna möta behoven framöver. Informationen är även viktig för de nätutvecklingsplaner alla nätbolag behöver ta fram som en del i sitt arbete, men också för att kunna arbeta med flexibla resurser. Elnätsbolagen vill gärna få information om elkunders behov så tidigt som möjligt för att kunna arbeta mer proaktivt.

Informationen som behövs för att kunna vara proaktiv är bland annat effektprofiler som visar när på dygnet, var i nätet och vilken effekt som behövs. Men även planer för elproduktionsplaner och hur situationen ser ut i överliggande nät är viktig information. En aktör nämner att de tidigare utgått mycket från maxeffekten när de räknat på behov och sammanlagringseffekter, men i och med att elbehoven får helt andra användarmönster och blir mer dynamiska, bland annat på grund av elektrifierade fordon, kommer effektprofiler att behövas.





Det är inte alltid helt självklart för elnätsbolagen exakt vilken data som kommer behövas framöver, då både arbetet med flexibilitet och elnätsbolagens egen digitaliseringsresa är under utveckling. Här har olika elnätsbolag kommit olika långt på resan. För de aktörer som har testat på att arbeta med lokala flexibilitetsmarknader uppstår behov av att få tillgång på data med högre detaljeringsgrad, speciellt i områden där det finns flaskhalsar i elnätet och kan uppstå behov av att avropa flexibilitet. Elnätsbolagen vill baserat på datan ta fram prognoser för behovet av flexibilitet och hur mycket de ska upphandla, gärna ett par dagar i förväg. Elnätsbolagen avropar sedan helst aktivering av flexibilitet dagen före leverans, men det går också att göra intradag.

Ett hinder som nämns för lokala flexibilitetsmarknader är att få tag på tillräckligt många resurser som kan agera på marknaderna, vilket har visat sig svårt. Även om det finns aktörer som vill agera behöver de organisation och teknik för att kunna göra det. Resursernas erbjudanden behöver sedan också matcha det faktiska behovet i elnätet.

Det finns även många osäkerheter kopplade till lokala flexibilitetsmarknader. Hela ramverket kring roller, affärsmodeller, ansvar, avrop, prissättning och koordineringen av marknader är under utveckling. Standardisering av flexprodukterna anses också viktigt för att underlätta för aktörer som vill delta. Även standardisering av kommunikation och datautbyte nämns även som en viktig teknisk utmaning framåt. Både hur nätägare får in data och hur de kan skicka signaler blir avgörande, för flexibilitetsmarknader och villkorade avtal. Systemen hos resurserna, i det här fallet transporter, samt elnätsbolagens verktyg måste kunna kommunicera och många nätägare saknar ännu rätt systemstöd.

***Incitamenten för att arbeta med flexibilitet behöver bli större***

Elnätsbolagen som intervjuats ser idag att incitamenten som finns för att affärsmässigt och regelmässigt arbeta med flexibilitet är små. Regelverken och elnätsbolagens intäktsreglering håller på att förändras och det upplevs som osäkert hur förutsättningarna kommer att se ut. Då det innebär en högre risk att arbeta med flexibilitet än att bygga ut elnät behövs bra incitament. Inom ramen för Energimarknadsinspektionens översyn av intäktsregleringen arbetas det bland annat på nya incitament för att flexibilitet och utbyggnad av elnät ska bli mer likställda<sup>9</sup>.

---


<sup>9</sup> Villkorade avtal (2023), Energimarknadsinspektionen





## Intervju med aggregator

Aggregatorer kan hjälpa till med mjukvara och tjänster för både schemaläggning, lokaloptimering för elprisstyrning eller lastbalansering samt stödtjänster. Vanligtvis fokuserar dock aggregatorn sin verksamhet på stödtjänster, då ägarna/användarna av laddinfrastruktur i depåer och terminaler ofta vill göra de andra delarna själva eller i samverkan med aktörer såsom laddinfrabolag, laddoperatörer eller fordonstillverkare.



Ur aggregatorns perspektiv finns egentligen ingen större principiell skillnad mellan att aggregera elbilsaddning eller laddning från tunga fordon förutom att effekten är större. Aggregatorns bild är dock att kärnverksamheten går väldigt tydligt först, där att stå still för att spara pengar på att flytta laddning i tid och plats bedöms som svårt att få ihop ekonomiskt. Incitamenten för att flytta effektanvändning i tid hos transportaktörerna upplevs också som relativt små. Här krävs i så fall en beteendeförändring och acceptans i hela logistikkedjan.

Incitamenten att arbeta med flexibilitet hos nätbolagen upplevs också som små idag, enligt aggregatorer, men där finns några goda exempel på försök med villkorade avtal eller flexibilitetsmarknader. Hur progressiva elnätsbolagen är kring flexibilitet och lagring anses variera stort. Aggregatorn förhåller sig till de möjligheter som elnätsägare erbjuder när de utformar deras tjänster även om marknaderna ännu inte är optimalt utformade för decentraliserade resurser. Exempelvis är en viktig förutsättning för aggregatorer att den så kallade BSP-rollen (leverantör av balanstjänster) införs i Sverige. Idag är aggregatorn beroende av att ha ett avtal med kundens balansansvarig, vilket begränsar aggregatorns möjligheter.

Prognoser, förutsägbarhet och data är viktigt för att en aggregator ska kunna buda in flexibilitet från laddning. I praktiken är det viktigaste att ha en effektprofil över tid för laddningen. Förutsägbarheten från kunder är generellt väldigt bra så länge man kommer upp i tillräckligt många aggregerade resurser, helst ett minimum på 200-300 laddpunkter. Styrningen kan ske aggregerat eller per laddpunkt, dock finns idag krav från Svenska Kraftnät på att man ska kunna redovisa mätvärden per sekund för varje laddare för att de ska få delta på stödtjänstmarknaderna.

***Prognoser, förutsägbarhet och data är viktigt för en aggregat ska kunna buda in flex från laddning***





Hur förutsägbarheten och nyttjandegraden ser ut är avgörande för den ekonomiska potentialen i smart laddning. Lokala förutsättningar, vilken tariffstruktur eller avtal fastigheten har, samt typ av fordon och laddare är alla viktiga faktorer för potentialen. Ofta är effektuttaget den stora kostnaden som man vill minimera. Enligt aggregatorn kommer troligtvis energilager i form av batterier behövas på många ställen för att laddningen ska fungera smidigt, eller för att det ska gå att ställa om flottan. Stationära batterilager ökar möjligheten till styrning och är även i nuläget mer intressant för aggregatorn än fordonen, då det har en större affärspotential. Det behövs en större marknad och skala för att tunga fordon ska bli mer intressant att aggregera som resurs.

De stödtjänster som enligt aggregatorer är relevanta idag, exempelvis för en depå eller terminal, är marknader där det krävs kort uthållighet, alltså i praktiken FCR-D och FFR. Aggregatorer erbjuder idag in fordons laddning framför allt mot FCR-D. Även på sikt bedöms de "snabba marknaderna" vara mest intressanta när nyttjandegraden på fordonen kommer öka. En uppskattning på lönsamheten är att 1 MW anläggning och en nyttjandegrad på 10 % idag kan ge 200 000 kr i intäkter per år ett normalår, eller upp till 800 000 under ett extremt år som 2022.

Aggregatorn ser i nuläget en större mognad och potential för lastbalansering och olika typer av styrning kopplat till depåladdning av bussar än för lastbilar. Orsaken är dels förutsägbarheten i körmonster, men kanske framför allt att omställningen till elektrifierade lastbilar är mindre mogen och att fokus i början av omställningen är att bygga upp trygghet och förtroende för att tekniken fungerar. Då kanske mindre hänsyn tas till elsystemet i ett första skede, utan mer komplexa tjänster läggs till efterhand. Aggregatorn upplever att fordonstillverkare har samma bild.

Aggregatorn anser att samarbete mellan alla aktörer i värdekedjan är viktigt, men tror också att rollerna och samarbeten kommer bli tydligare framöver när aktörer bättre förstår och smalnar av sin roll i värdekedjan kring smart laddning och flexibilitet. En viktig del är även implementering av standarder för t.ex. kommunikation mellan lastbil och laddinfrastruktur och andra praktiska delar behöver komma på plats.





# Modellering av smart laddning

För att belysa och testa potentialen i smart laddning har en enkel modell utvecklats inom ramen för projektet baserat på verkliga kördata. Denna modell kan hjälpa oss att förstå hur laddningsbehovet skulle se ut för en eldriven fordonsflotta vid en terminal. Modellen kan även användas för att ge underlag till att utforska möjligheter att anpassa laddning efter rutter, så att det maximala effektbehovet minskar genom smart laddning. Utifrån modellresultaten kan även en diskussion föras om vad transportbolag kan tjäna på smart laddning.

Modellen utgår från kördata från icke-elektrifierade distributionsfordon, inklusive körsträckor samt tidpunkter och plats för på- och avlastning (vilken antingen kan vara vid terminal eller på annan plats som hos kund). Resultaten har tagits fram baserat på faktisk kördata från projektet [Öppen plattform för delad laddinfrastruktur](#) där den bearbetats och tvättats för att motsvara körningar under en genomsnittlig tidsperiod. Laddbehovet har beräknats för totalt 12 fordon som alla utgår från samma terminal. De 12 fordonen är av typen lätta distributionsfordon och utför stadsnära eller regional distribution.

## Antaganden kring fordon och laddning

- Energibehovet antas till 0,5 kWh/km.
- Batteristorlek antas till 75 kWh
- Det antas finnas en laddpunkt per fordon
- Respektive laddpunkt kan leverera upp till 22 kW
- En konstant baslast antas för terminalen på 100 kW<sup>10</sup>

Modellens output visar olika sätt för fordonen vid respektive terminal att ladda för att klara av körturerna under ett dygns tid. Det antas att laddning endast kan ske vid fordonets terminal, det vill säga inte vid stopp på andra platser. Modellen är utformad för att visa hur olika laddstrategier för elektrifierade lastbilar kan ge olika effektprofiler och till följd av det leda till kostnadsbesparingar.

---

<sup>10</sup> Effekttuttaget är baserat på resultat i tidigare studier.

Först definieras i modellen viktiga konstanter såsom batteristorlek, energiförbrukning per kilometer och maximal laddeffekt för varje lastbil. Ett antal olika laddstrategier modelleras sedan för att få fram ett resultat för respektive strategi som visar en effektprofil för laddningen av fordonen vid terminalen under analysperioden.

Respektive case kopplas sedan till genomsnittliga elspotpriser samt kostnad för aktuellt effektabonnemang för att exemplifiera vilka kostnadsskillnader som kan uppstå beroende på hur fordonen laddas.

## Styrning av laddning

### Fordonsdata

- Körrutter [km]
- Start & stopptid
- Fordonsstatus
  - Kör
  - Pålastning
  - Avlastning

### Antaganden kring fordon och laddning

- Batteristorlek [kWh]
- Energiförbrukning [kWh/km]
- Maxeffekt per laddpunkt [kW]
- En laddpunkt per fordon
- Tider under dygnet då laddning ej är möjligt.
- För **Strategi 3** definieras maximal tillåten total effekt som tillåts ladda vid terminalen

#### 1. Direkt laddning

- Fordonen börjar ladda vid ankomst till terminal
- Laddning pågår tills batteriet är fullt alt. tills nästa körning påbörjas
- Laddning sker med antagen maximal effekt

#### 2. Nedstyrd effekt

##### Nattladdning & Stödladdning

- Fordonen laddar under dygnets längsta stopp med lägsta möjliga effekt för att full batterinivå ska uppnås till nästa körning påbörjas
  - Om inte full batterinivå hinner uppnås laddas fordonet med antagen maxeffekt
- Fordon stödladdar under övriga stopp om behov finns för att klara kommande turer innan nästkommande "övernattladdning"
- Laddeffekt begränsas av antagen maxeffekt

#### 3. Smart laddning inom verksamheten

- Identifiera toppar: Utgår från laddningsstrategi 1
  - Om den totala effektförbrukningen vid någon tidpunkt överstiger den maximala tillåtna effekten på laddningsplatsen, identifieras detta som en topp som behöver kapas.
- Minska laddningseffekten: För att kapa toppen minskas laddningseffekten för de lastbilar som kan anpassa sin laddning. Det innebär att laddningen kan försenas eller styras ned för enskilda lastbilar, om det är möjligt att göra det utan att deras batterinivå går under 0%.

### Kostnader & Intäkter

- Elnätsabonnemang
- Elhandelsavtal: fasta avtal vs. timpris
- Ersättning stödtjänster

### Resultat



- Maxeffekt
- Kostnad elhandel Nord Pool
- Kostnad elnätsabonnemang

Bild av modellen och de olika antaganden som görs genom simuleringen för att få fram resultaten.





## Använda laddstrategier i modelleringen

### Styrning 1 - Direkt laddning

Fordonen påbörjar laddning när de ankommer till terminalen och laddar med full effekt tills batteriet är fullt alternativt tills nästa körning påbörjas.

### Styrning 2 - Nedstyrd effekt – Nattladdning och stödladdning

Fordonen optimeras individuellt och laddas utifrån antagandet att mest laddning sker under dygnets längsta stopp (vanligtvis på natten) som sedan kompletteras med stödladdning på terminalen under dagen vid behov. Fordonen antas utnyttja hela tidsspannet vid terminalen till att ladda, d.v.s. laddar med så låg effekt som möjligt under det tillgängliga tidsfönstret. Batteriet laddas alltid fullt vid det längsta stoppet. Om full laddning inte räcker till samtliga turer under ett dygn stödladdar fordonen vid behov under övriga stopp för att klara nästkommande tur.

### Styrning 3 - Smart laddning inom verksamheten

Med utgångspunkt i laddbehovet från *Strategi 1* identifieras toppar i effektförbrukning - *topparna* jämförs med maximal tillåten effekt. Om den totala effektförbrukningen vid någon tidpunkt överstiger den maximalt tillåtna effekten som är definierad för terminalen, identifieras detta som en topp som behöver kapas.

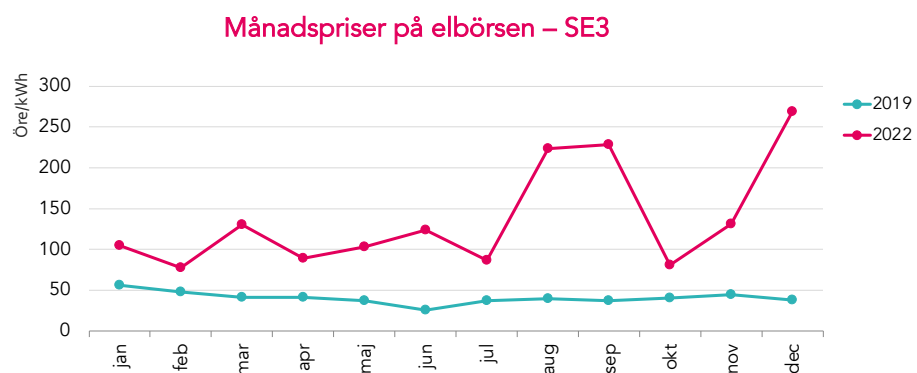
En enklare "peak-shaving" algoritm används. För att kapa toppen minskas laddeffekten för de lastbilar som kan anpassa sin laddning. Detta innebär att laddningen försenas eller styrs ned för enskilda lastbilar, om det är möjligt att göra utan att påverka kommande körningar.

Genom peak-shaving, begränsas den totala effektförbrukningen på laddplatsen och en mer balanserad laddning uppnås för att undvika överbelastning av elnätet och minska energikostnaderna.



### Kostnader och intäkter

Utifrån de laddmönster som tas fram i modellen läggs kostnader på för elhandel och elnätsabonnemang. Kostnadsberäkningar görs utifrån antagandet om samma kör- och laddmönster under 250 arbetsdagar per år. Beräkningar för elhandel utgår från genomsnittliga månadspriser på Nord Pool i SE3 med priser för 2019 och 2022.



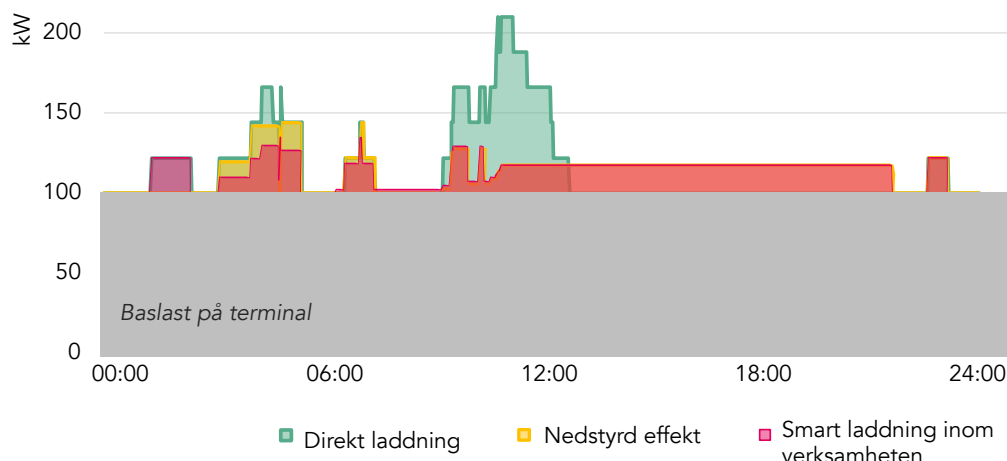
Kostnader för elnätsabonnemang utgår från Ellevios kostnadsstruktur för effektabonnemang som gäller anslutningar över 63 A.

<b>Fast elnätsavgift</b>	260 kr/mån	
<b>Månadseffektavgift</b>	82 kr/kW per mån	Högsta timvärde under höglasttid respektive månad
<b>Höglasttid</b>	0,56 kr/kWh	Vardagar kl. 06:00-22:00 fr o m 1 november t.o.m. 31 mars med undantag för röda dagar.
<b>Låglasttid</b>	0,096 kr/kWh	

Utöver att beräkna en årlig kostnad för elhandel till månadspris och elabonnemang görs en analys över potentialen att minska elhandelskostnaderna för laddning under ett dygn om timpris används. Prishistorik för totalt fyra dygn används för denna analys för att visa hur olika priskurvor påverkar styrning av laddningen.

## Resultat från modelleringen

Analysen av de olika laddstrategierna visar betydande skillnader när styrning av laddning modelleras. Jämfört med direkt laddning finns möjlighet att sänka både effekttoppar och kostnader för elnätsabonnemang genom att tillämpa olika strategier för smart laddning i det studerade exemplet med 12 fordon på en terminal.



	Direkt laddning	Nedstyrd effekt	Smart laddning inom verksamheten
Högsta effektuttag	210 kW	144 kW (-31 %)	135 kW (-35 %)
Elhandel	Rörligt pris (laddning) 2022	114 560 kr/år	114 560 kr/år
	Rörligt pris (laddning) 2019	33 880 kr/år (-70 %)	33 880 kr/år (-70 %)
Elnätsabonnemang	Fasta elnätsavgift	3 120kr/år	3 120 kr/år
	Effektavgift	180 302 kr/år	138 079 kr/år (-23 %)
	Rörlig elnätsavgift Höglasttid	128 350 kr/år	128 280 kr/år (± 0 %)
	Rörlig elnätsavgift Läglasttid	44 186 kr/år	43 310 kr/år (-2 %)
<b>Tot.</b>	<b>355 957 kr/år</b>	<b>312 789 kr/år (-12 %)</b>	<b>298 215 kr/år (-16 %)</b>

Fallet *Nedstyrd effekt* har det näst lägsta effektuttaget på 144 kW, en minskning med 31% jämfört med *Direkt laddning*. När det maximala effektuttaget vid terminalen begränsas i styrning 3, *Smart laddning inom verksamheten*, fås det lägsta effektuttaget av alla strategier, med en minskning på 35% till 135 kW jämfört med *Direkt laddning*.



Kostnaderna för elhandel blir konstant för alla typer av styrning när månadspriser används eftersom samma energimängd behöver laddas oavsett styrning. Däremot visar jämförelsen mellan månadspriser för 2019 och 2022 en betydande kostnadsskillnad till följd av högre genomsnittliga elpriser under år 2022.

Den stora kostnadsposten är kostnad för elnätsabonnemang - och det är också här störst kostnadsreduktion uppnås för de analyserade styrningarna. Den fasta elnätsavgiften är desamma för alla strategier. Mest kostnadsreduktion sker för effektavgiften som minskar betydligt för både fallet *Nedstyrd effekt* - med 23 % till 138 079 kr - och *Smart laddning inom verksamheten* - med 31 % till 123 680 kr.

Den rörliga elnätsavgiften för höglasttid visar små förändringar jämfört med referensfallet *Direkt laddning*. Rörliga elnätsavgifter för låglasttid minskar när styrning tillämpas. *Nedstyrd effekt* minskar med 2 % till 43 310 kr och *Smart laddning inom verksamheten* med 2 % till 43 126 kr.

Totala kostnader för elnätsabonnemang minskar för strategin:

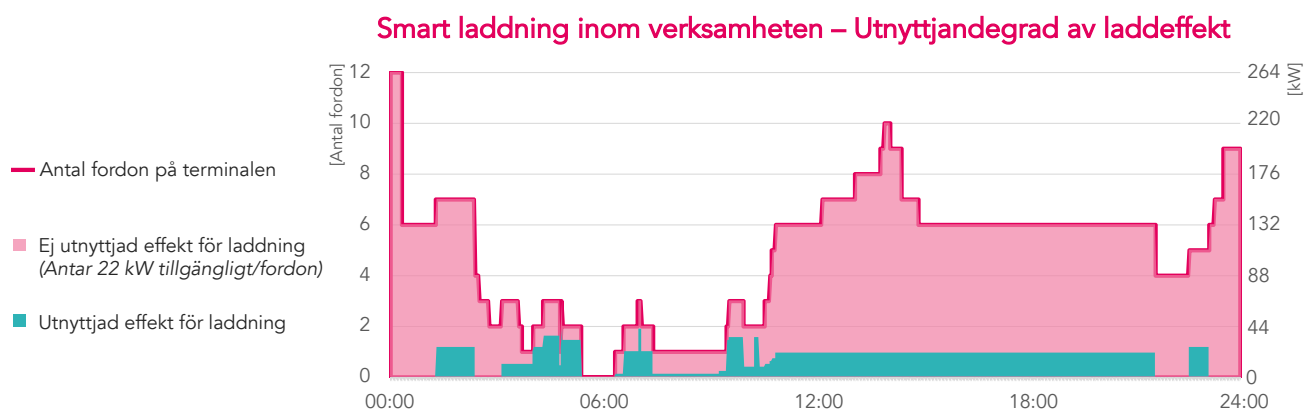
- *Nedstyrd effekt* med 12 % till 312 789 kr per år.
- *Smart laddning inom verksamheten* med 16 % till 298 215 kr per år.

Sammanfattningsvis är det viktigt att överväga hur dessa skillnader i effektuttag och kostnader påverkar den specifika situationen. Elhandelskostnaderna är vid månadspriser (så kallat rörligt avtal) direkt beroende av hur priserna på elbörsen utvecklas men det är inte en avtalsform som ger incitament att styra sin laddning smart på dygnsbasis. Istället är det effektavgiften som får den största påverkan på kostnaderna för den studerade terminalen. Nättariffernas utformning blir därmed avgörande och frågan är hur utfallet hade blivit om flera olika nättariffer hade studerats. Något som tyvärr inte rymdes inom denna studie.

Fallet där det totala effektuttaget på terminalen begränsas och minimeras verkar därför för det specifika fallet vara det mest fördelaktiga alternativet när det gäller att minimera totala kostnader och effektuttag, men i praktiken behöver betydligt fler faktorer vägas in som även tar hänsyn till vad som är mest fördelaktigt ur ett logistikperspektiv. Det kan handla om förutsägbarheten i leveransrutinerna, och marginaler i leveransschemat.

Hur stor potentialen som finns för olika typer av smart laddning vid en terminal påverkas även av hur mycket av tiden som fordonen spenderar anslutna till en laddare.

I detta fall har alla de modellerade fordonen varit distributionsbilar som kör en kortare daglig sträcka och har ett längre uppehåll under natten, vilket ger en relativt god flexibilitetspotential. Om vi utgår från fallet *Smart laddning inom verksamheten*, där målet är att minimera effektuttaget vid terminalen, och att varje fordon har tillgång till 22 kW laddning när det befinner sig vid terminalen ses i diagrammet nedan att en väldigt liten andel av den tillgängliga laddeffekten utnyttjas och att potentialen är stor till att på olika sätt styra laddningen i detta fall.

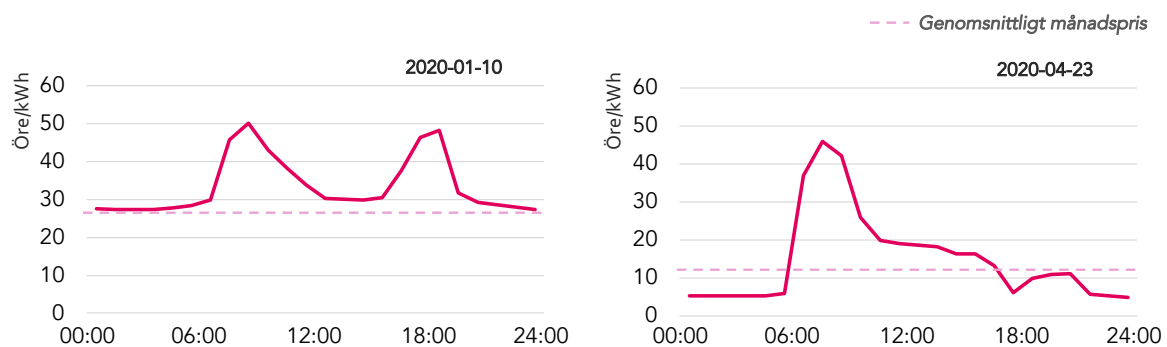


I framtiden riskerar nya körmoder och fler skift att minska flexibilitetspotentialen kopplat till laddning av kommersiella fordon, samtidigt skulle det innebära att fordonen får en högre utnyttjandegrad. Högre nyttjandegrad skulle också kunna leda till ett behov högre tillgänglig effekt för att kunna ladda snabbare. I denna studie har inte högre nyttjandegrad undersökts som en del av modelleringen - däremot har de tre fallen modellerats för att se vad som händer om alla fordon hade tillgång till 50 kW laddning istället för 22 kW. Resultatet blev att effekttoppen dubblerades i fallet *direkt laddning*. Övriga fall påverkades inte eftersom fordonen i den studerade fordonsflottan har tillräckligt långa och frekventa stopp vid terminalen för att klara av att laddas med relativt låga effekter.



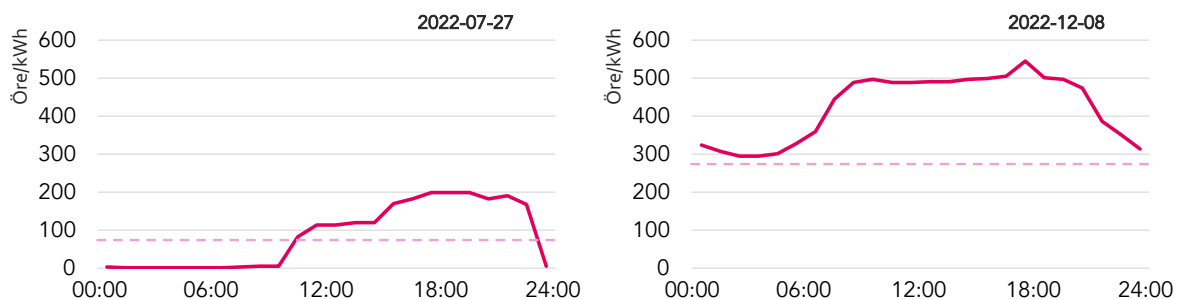
### Styrning mot timpris

För att styra laddningen baserat på timpriset på elbörsen körs modellen med ett extra bivillkor; att laddningen, om möjligt, undviks under de 6 dyraste timmarna för respektive dygn utifrån nedan presenterade prisprofiler. Dagarna är utvalda för att dels representera olika årstider men också för att de har olika profiler och prisnivåer.



Undviker om möjligt laddning under morgon och kväll 07:00-11:00, 17:00-19:00

Undviker om möjligt laddning under morgon/förmiddag 06:00-12:00



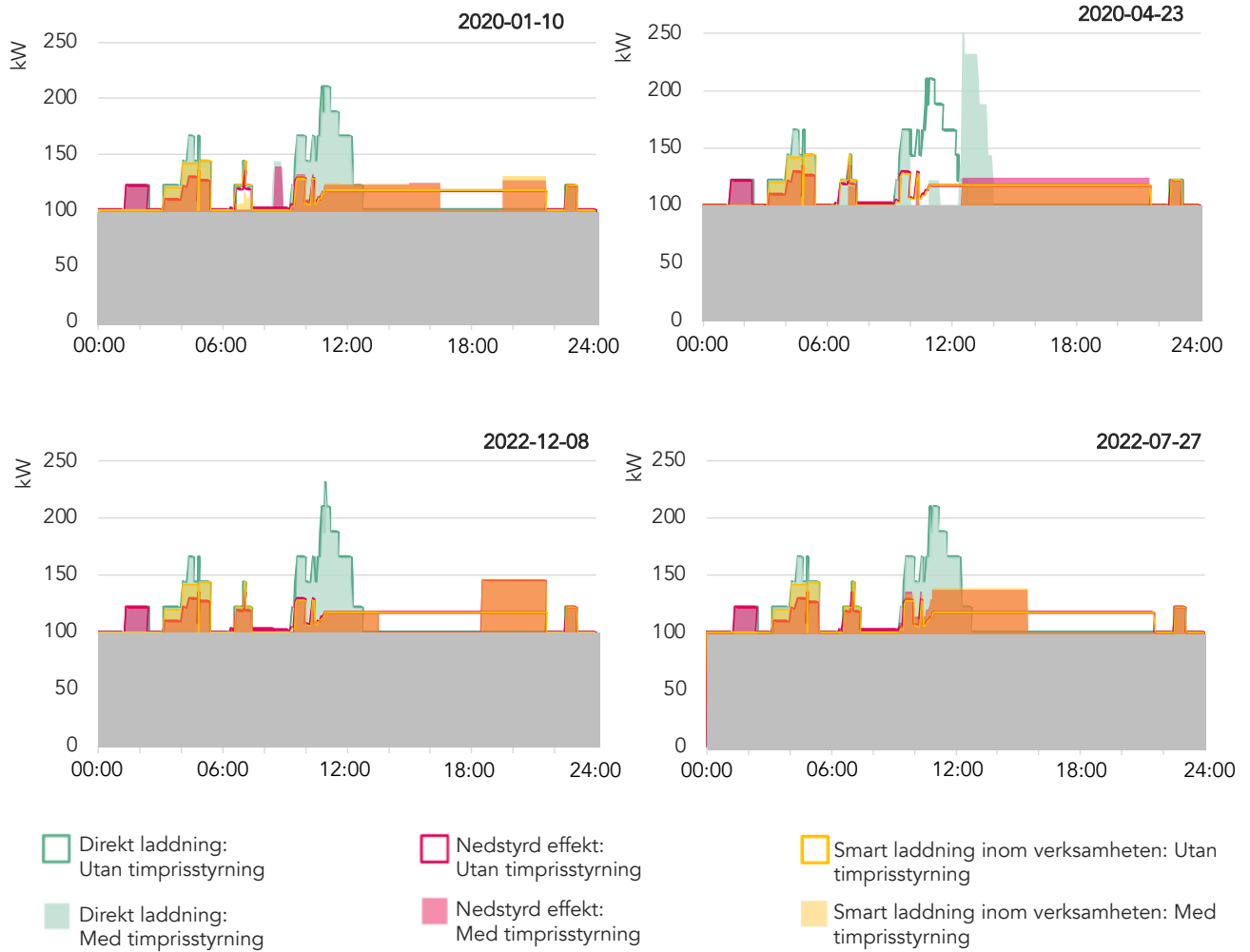
Undviker om möjligt laddning under kväll 16:00-22:00

Undviker om möjligt laddning under förmiddag och eftermiddag 09:00-10:00, 14:00-19:00

Priserna visar börspris för el exklusive eventuella påslag och avgifter

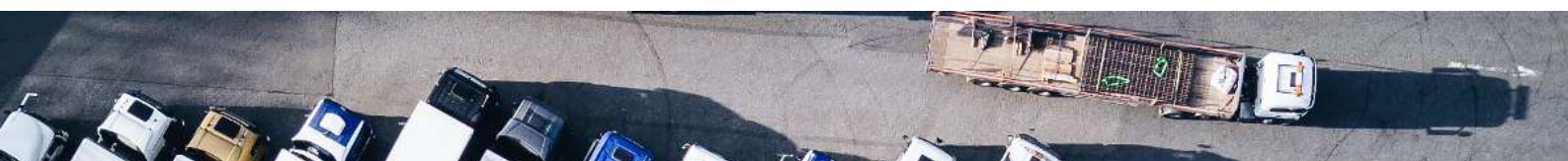
När laddning undviks under ytterligare sex timmar per dygn för att minska timpriset minskar flexibiliteten i laddningen då det tidsfönster som finns tillgängligt minskar. Detta innebär att laddningen under de kvarvarande timmarna behöver ökas vilket kan leda tillsatt den högsta effekttoppen blir högre än i de fall då detta bivillkor inte fanns.





Resultaten från modellering med bivillkoret att undvika dyra timmar för de fyra olika dyggen visas i grafen ovan, där påverkan av timpriset syns

	Direkt laddning	Nedstyrd effekt	Smart laddning inom verksamheten
<i>Resultat från grundfall</i>	210 kW	144 kW	135 kW
Styrning mot timpris	2020-01-10	210 kW (±0 %)	139 kW (+3 %)
	2020-04-23	254 kW (+20 %)	135 kW (±0 %)
	2022-12-08	232 kW (+10 %)	146 kW (+1 %)
	2022-07-27	210 kW (±0 %)	137 kW (+1 %)

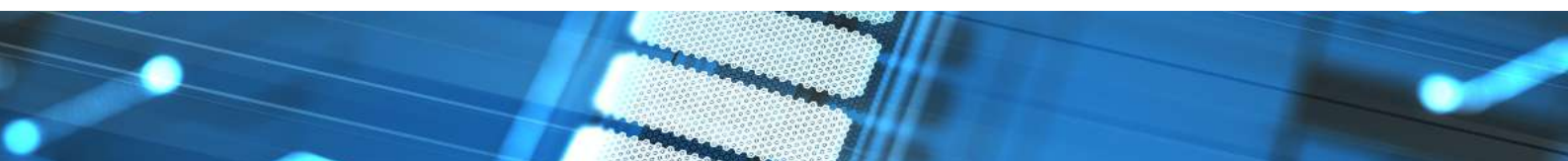





Analysen av hur kostnaderna påverkas med de olika laddstrategierina samt timpris eller månadspris ger mer varierande resultat. Beroende på hur priset varierar under dygnet fås olika resultat. I graferna nedan jämförs priset per dygn med månadspris (grönt) med vad elhandeln hade kostat med timprisavtal (rött). Under de valda dagarna har timprisavtal ofta varit dyrare än ett genomsnittligt månadspris. Med ytterligare styrning mot timpriset (gult) kan kostnaderna minska.



För *Direkt laddning* visar analysen för 2020-01-10 att timpris, både med och utan styrning, är dyrare än månadspris. Det indikerar att *Direkt laddning* i detta fall inte kan dra nytta av de lägre prisperioderna under dagen. Det omvända gäller för 2022-07-27, där analysen visar att *Direkt laddning* med timpris faktiskt kan resultera i lägre kostnader än månadspriset. Detta trots att genomsnittspriset för timmar den dagen var








högre än månadens genomsnittspris. Detta tyder på att *Direkt laddning* i detta fall kan dra fördel av de "billiga" timmarna under dygnet, även om dygnet i sin helhet är "dyrare" än genomsnittet för månaden.


Med laddstrategierna *nedstyrd effekt* och *smart laddning mot verksamheten* blir det tydligt att prisprofilen på elbörsen över dygnet har stor påverkan på potentialen att sänka kostnaden för elhandel till timpris. Kostnaden för enbart elhandel, baserat på elpriser på elbörsen, minskar med mellan 0 - 19 % i de olika fallen när styrning sker mot timpris. 2020-04-23 uppnås störst reduktion av styrning mot timpris mätt i procent, 18 % lägre kostnad i fallet *nedstyrd effekt* och 19 % reducerad kostnad i fallet *smart laddning inom verksamheten*. Här ser vi alltså att möjligheten att anpassa laddningen mot elpriset var större än i de andra fall som analyserats.

För de andra dygnen som analyserats uppnås mindre kostnadsreduktion vid styrning mot timpris. Det beror på flera faktorer, som att laddningen inte är möjlig att i samma utsträckning flytta från dyra timmar och samtidigt fortsatt klara alla leveranser. Eller som i fallet för 2022-12-08, då timpriset uppvisade små variationer under dygnet, vilket innebär att trots styrning blir kostnadsskillnaden relativt liten.

Överlag visar resultaten att valet av laddstrategi och typ av elhandelsavtal kan ha en betydande inverkan på elhandelskostnaderna. Det är dock viktigt att varje organisation noggrant överväger sin specifika situation och behov när de väljer laddstrategi och elhandelsavtal. Dessutom är det viktigt att beakta variationerna i elpriset över tid och hur de kan påverka kostnaderna, eftersom "dyra" eller "billiga" dygn i förhållande till månaden i övrigt kan resultera i betydande kostnadsskillnader mellan månadspris och timpris. Viktiga faktorer att väga in för den enskilda aktören blir också kostnader som inte inkluderas i denna andra del av analysen, d.v.s. eventuella påslag och avgifter, samt hur kostnaden för elnätet förhåller sig till kostnaden för elhandel då minimering av effekttoppar kan leda till minskad möjlighet att styra laddning och därmed högre elhandelskostnader, eller tvärt om.

Variationen i kostnader mellan datumen visar hur volatiliteten på elmarknaden kan påverka kostnaderna för elhandel – och för aktörer med stora energibehov kan det ha stor betydelse. För att dra nytta av timprisstrukturer behöver organisationer möjligheten att styra sin





laddning till tider när priserna är lägre, vilket kan vara mer utmanande för kommersiella fordon som ofta har fasta scheman. Samtidigt kan möjligheten att styra laddningen bidra till att minska exponeringen mot prisvolatilitet och därmed ge mer förutsägbara kostnader trots ett timprisavtal. Detta understryker vikten av att ha en flexibel laddstrategi om ett timprisavtal väljs för elhandeln till laddningen.

Analysen visar att laddstrategier med någon form av styrning, antingen *Nedstyrd Effekt* (där alla fordon individuellt laddar med så låg effekt som möjligt) eller *Smart laddning inom verksamheten* (där flottan optimeras i förhållande till varandra), ger kostnadsbesparingar jämfört med *Direkt laddning*. Detta pekar på att effektiv styrning av laddningen kan vara en nyckelfaktor för att minimera både elnäts- och elhandelskostnader, särskilt under perioder med höga elpriser för aktörer där elhandel då kan utgöra en stor kostnadspost.

Analysen visar också att månadspriset, som baseras på genomsnittspriset för en hel månad, kan vara både högre och lägre än timpriset, beroende på hur "dyra" eller "billiga" de specifika dagarna är jämfört med månaden i övrigt. I detta projekt har ingen analys gjorts för att jämföra de båda abonnemangs-formerna under en längre tid, utan fyra dagar valdes ut på slump utifrån profilen på priset dessa dygn. Det går därmed inte att dra några slutsatser om vilken typ av abonnemang som är bäst, utan fokus var istället på att se vilken prispåverkan som styrning kan tänkas ha. Det är därför viktigt att själv göra ytterligare analyser när det gäller val av vilket elhandelsavtal som är mest lämpligt.

Slutligen är det värt att notera att varje fordonsparks specifika krav och mönster kan ha en stor inverkan på vilken laddstrategi som är mest kostnadseffektivt. En djupgående förståelse för den egna fordonsparken är därför avgörande för att optimera kostnaderna för laddning både med hänsyn till elhandel, elnät och möjliga intäkter från stödtjänster. I slutändan behövs en optimering mellan att minimera kostnaderna och säkerställa att fordonsparken alltid är tillräckligt laddad för att möta verksamhetens behov.



# Intresse och status för smart laddning för kommersiella transporter

Intervjustudien inom projektet visar på en samstämmighet i att det idag finns potential och intresse kring smart laddning och flexibilitet för elektrifierade kommersiella transporter. Redan i projekten SCALE och Scandelivery visade resultaten att smart laddning kan leda till halverade effekttoppar<sup>11,12</sup>. Modelleringen i detta projekt gav en reduktion av effekttoppen för laddning på 68 % och av terminalens totala effekttopp på 35 %. De starkaste drivkrafterna för transportaktörerna att arbeta med frågan verkar dels vara sänkta kostnader för el-och effektuttag, dels att elnätskapaciteten ofta kan vara en begränsning och att smart laddning och flexibilitet blir en förutsättning för att kunna elektrifiera överhuvudtaget. Den bilden bekräftas av analysen som gjorts av logistikflöden i projektet REEL<sup>13</sup>, där begränsad elnäts-kapacitet benämns som ett vanligt problem.

Intresset och vikten av laststyrning och sänkning av effektförbrukning och effekttoppar förväntas bli större över tid i takt med att aktörerna elektrifierar fler fordon och effektkostnaderna då blir högre. I REEL-projektet har flera av aktörerna redan tittat på laststyrning, lokal energiproduktion och lagring och att den typen av lösningar är intressanta och redan arbetas med bekräftas även av de aktörer som intervjuats inom denna studie. Samtidigt beskrivs att omställningen till elektrifiering upplevs som en stor utmaning i transportsektorn och det krävs trygghet i att tekniken fungerar och är enkel att förstå för användarna. Därför upplevs allt för komplexa funktioner och laddlösningar i ett tidigt skede inte alltid positivt. Det måste finnas ekonomiska incitament, tillräckligt med tid och kunskap för att arbeta med frågan.

Det är tydligt utifrån intervjuerna att transportaktörerna som implementerar eller visar intresse för smarta laddlösningar i störst utsträckning utgår från det andra och tredje steget i trappan för smart laddning och arbetar med flexibilitet utifrån de prissignaler som finns tillgängliga som

---

<sup>11</sup> CLOSER (2022), [Så elektrifierar vi Sveriges regionala lastbilstransporter](#)

<sup>12</sup> Power Circle (2022), [Effektbehovet från elektrifierade transporter](#)

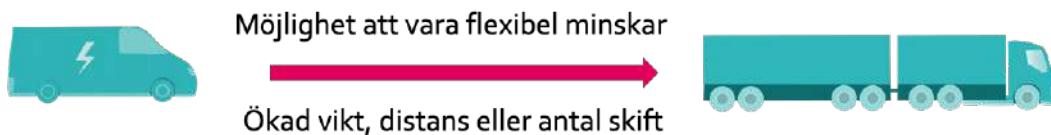
<sup>13</sup> REEL (2022), [Regional Electrified Logistics](#)





nättariffer, elpris och olika abonnemang. Det finns undantag, till exempel Falkenklev som redan arbetar med att sälja sin flexibilitet till marknader för stödtjänster, dock i kombination med batterilagring, eller olika pilotprojekt som t.ex. test med mobilt batterilager i Åre. Det anses inte realistiskt av aktörerna i studien med manuell styrning på sikt, även om bokningssystem på första nivån av Smart laddnings-trappan är aktuellt och relevant om flera transportbolag delar på samma laddinfrastruktur. Villkorade avtal kan även vara ett alternativ för att möjliggöra elektrifiering, men helst vill transportaktörerna ha fullständig kontroll över laddningen och tillgång till full effekt i längden.

I REEL-projektet där logistikflöden analyserats har det slagits fast att transporter som används till när- eller stadsdistribution har en låg utnyttjandegrad, kort daglig kördistans, mycket stillastående tid under dygnet (upp till 12-16 timmar mellan skift så länge bara ett skift körs). Samtidigt är det fordonen som kör kortare sträckor lokalt (och regionalt) som elektrifieras först, vilket är en substantiell del av de tunga transportererna. I transportflödena som analyserats i REEL laddas dessutom 95 % av all energi icke-publikt. Detta förstärker slutsatsen från intervjustudien i detta projekt att det är för dessa transporter som utrymmet för att vara flexibel är störst, speciellt på kort sikt. För närvarande gäller detta bara när fordonen kör ett skift, men flera transportaktörer vill i framtiden kunna utföra leveranser off-peak och köra fler skift för att optimera fordonens användning. Att omfördela transporter för att gynna laddning eller elsystemet är dock inte attraktivt om det påverkar logistik och transporteffektivitet negativt, d.v.s. kärnverksamheten prioriteras. Denna slutsats dras gemensamt av REEL-projektet och Sustainable Innovations projekt om laddning i terminaler<sup>14</sup>.



*Flexibiliteten är störst för fordon med lång stillaståendetid, korta körsträckor per dygn och förutsägbara rutter.*

<sup>14</sup> Se bilaga







## Vad är nästa steg för smart laddning?

Intresset finns för mer avancerade lösningar på nivå fyra, som att bidra med flexibilitet på stödtjänstmarknaderna eller i framtiden med V2G. Idag ses detta som mer komplicerat och utanför transportaktörernas kärnverksamhet, vilket kan förklara att det ännu är få aktörer som arbetar med att implementera dessa strategier i nuläget.

Samtidigt bedöms det finnas en potential, speciellt hos aktörer med flera fordon och stationära batterilager kopplat till laddning som kan bidra med en större volym flexibilitet. I de studier som kartlagts kopplat till stödtjänster har fokus främst legat på personbilar och produkterna FCR-N och FCR-D som analyserats och bedömts ha potential. Idag finns elbilar som levererar dessa stödtjänster. Denna studie ger bilden att kommersiella transporter sannolikt har mindre tolerans och uthållighet, vilket i sådant fall medför att det framför allt är de snabba stödtjänstmarknaderna med låg uthållighet som är aktuellt, alltså FCR-D och FFR som kräver en uthållighet på 20 minuter eller mindre.

Att tillgänglig flexibilitet minskar när kravet på uthållighet ökar bekräftas även i ett exjobb<sup>15</sup> som undersökt möjligheten att leverera FCR-D upp från laddning av personbilar, samt preliminära resultat från projektet [Ett elsystem för elfordon](#). En studie från RISE<sup>16</sup> slår vidare fast att en viktig faktor för att klara svarstiderna på de snabbare stödtjänstmarknaderna är att elfordonet är inkopplat och helst har en pågående laddsession. Kraven på mätnoggrannhet och svarstid i standarder skulle också kunna bli bättre för att underlätta så att all utrustning klarar av att delta på de snabbaste stödtjänstmarknaderna, även om det uppenbarligen finns exempel på fall där utrustningen klarar av detta redan idag.

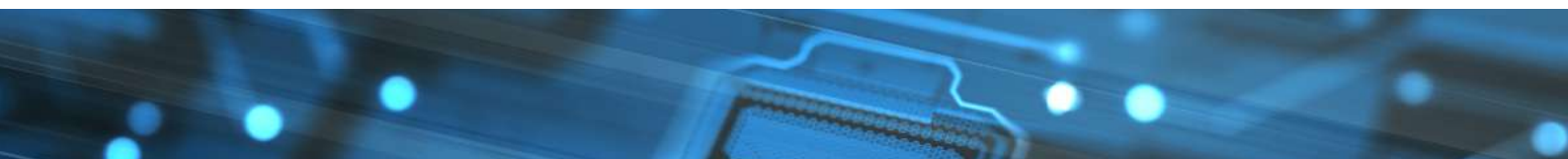
Ytterligare hinder är att marknaderna idag är anpassade efter flexibilitet från större resurser. På vissa flexibilitetsmarknader går det inte att blanda olika resurser i samma bud, samt att det idag inte går att lägga bud som innehåller resurser från flera balansansvariga parter<sup>17</sup>. Detta medför att det blir svårare att aggregera mindre resurser så som laddinfrastruktur för att komma upp i minsta budvolym.

---

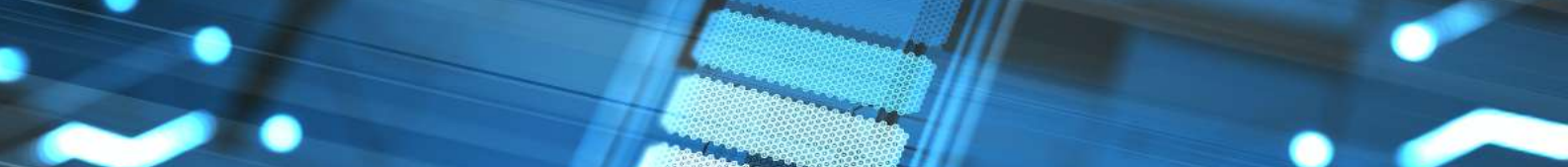
<sup>15</sup> Genas och Karlen (2021), [Exjobb: Marginaler för morgondagen](#)

<sup>16</sup> Björnsson, et.al (2023), [Laddinfrastruktur och frekvensreglering: en fallstudie](#)

<sup>17</sup> Power Circle (2022), [Flexibilitet för ett mer stabilt och driftsäkert elsystem](#)







Enligt aktörerna som deltagit i studien finns det fortsatt osäkerheter kring de lokala flexibilitetsmarknaderna som är i en pilotfas. Både tekniska, regulatoriska och affärsmässiga utmaningar kvarstår för att de lokala kapacitetsmarknaderna ska slå igenom på bred front. På de marknader som testats bedöms det vara en utmaning att generera intresse och få in flexibla resurser, speciellt från transportsektorn. Enstaka exempel finns, så som aggregerade laddare för personbilar som deltar i en av piloterna, Sthlmflex. Att en av frågeställningarna i det nystartade projektet Uppflex<sup>18</sup> är hur det ska bli enklare för mindre resurser så som elbilsladdare att delta på den lokala marknaden Coordinet är ett tydligt tecken på att det finns många frågor kopplat till lokala flexibilitetsmarknader som fortsatt behöver utredas.

## **Utveckling med batterilager och V2X**

Med batterilager ökar möjligheten till att delta med i princip alla typer av flexibilitet. Batterilagret agerar som en buffert som gör att den tillgängliga tiden för att bidra med flexibilitet och både reglera upp och ned från fordonsflottan ökar. Därmed kan laddning styras till tider som tidigare inte var möjligt, samt möjliggöra högre laddeffekter under begränsad tid vid behov, vilket kan underlätta för förändrade rutter utan att höja effektbehovet på terminalen. Batteriet möjliggör även att arbeta med energi-arbitrage, alltså att köpa el billigt och sedan sälja tillbaka dyrare, genom att batteriet matar tillbaka energi till elnätet. Potentialen beror på storleken på batterilagret, men det ses som en lovande lösning för att klara elektrifieringen framöver. Behovet kanske inte alltid finns på en site idag när få fordon är elektrifierade, men det finns fall där det gör det och det avgörs av det lokala elnätet.

På samma sätt som stationära batterilager kan bidra genom att mata tillbaka energi till elnätet eller fastigheten kan detta möjliggöras från fordonen i form av V2X-teknik, Vehicle-to-everything. V2X-tekniken ökar fordonets flexibilitet i att inte bara kunna reglera ned genom att minska laddningen, utan att faktiskt även kunna mata tillbaka energi till fastigheten eller elnätet, vilket gör att spannet effektmässigt för att reglera ökar till i princip det dubbla. V2X förutsätter dock, precis som innan, att

---

<sup>18</sup> Energimyndigheten (2023), [MESAM](#)





fordonet är tillgängligt och har tillräcklig state-of-charge för att kunna bidra och samtidigt klara sina kommande transportuppdrag. I ett nyligen avslutat projekt slår RISE fast att den extra kostnaden för att investera i V2G-teknik skulle kunna betala av sig inom ett år med 2022 års nivåer av ersättning för frekvensreglering<sup>19</sup>. Många fordonstillverkare och tillverkare av laddinfrastruktur på personbilssidan har aviserat att de kommer lansera V2X-kompatibla modeller inom kort. Sannolikt kommer det ta lite längre tid för kommersiella fordon som inte kommit lika långt i elektrifieringen. Det återstår flera utmaningar för att få V2X-tekniken på plats och Power Circle publicerade under våren 2023 en syntes om kunskapsläget<sup>20</sup> där intervjuade aktörer tror att V2X-tekniken kommer vara på plats inom 1-5 år.

## **Samverkan och datadelning för smart laddning**

Samverkan och datadelning mellan aktörer bedöms av alla aktörerna i värdekedjan för smart laddning vara en nyckel för att det ska gå att arbeta med flexibilitet, eller ställa om de kommersiella transporterna överhuvudtaget. Hur samverkan och aktörsrollerna ska se ut, vilken data som ska delas och på vilket sätt är dock frågor som fortfarande är under utveckling. Flera aktörer hjälper sina kunder eller samverkar gällande frågor idag som de tidigare inte arbetat med eller samverkat kring. Exempelvis samverkar fordonstillverkare med transportbolag i större utsträckning idag för att planera kring hur nya rutter ska se ut och vilka fordon som behövs kopplat till elektrifiering<sup>21</sup>, vilket anses viktigt tidigt i utvecklingen när tekniken är ny men kanske inte kommer se likadant ut i ett senare skede. Vilken roll aktörerna i värdekedjan har och vem som erbjuder vilka tjänster bedöms vara i en utforskande fas.

För att kunna utnyttja flexibilitetspotentialen ser aktörerna inom transportbranschen att det kommer bli viktigt med mjukvara och system som klarar av att optimera laddningen efter många olika faktorer. Tillverkare av både fordon och laddinfrastruktur ser att den typen av lösningar blir en av de viktigaste faktorerna för att kunna konkurrera framöver.

---

<sup>19</sup> Björnsson, et.al (2023), [Laddinfrastruktur och frekvensreglering: en fallstudie](#)

<sup>20</sup> Power Circle (2023), [Forskning och utveckling av V2X i Sverige](#)

<sup>21</sup> REEL (2022), [Regional Electrified Logistics](#)





Aktörerna i värdekedjan för transporter behöver utbyta data med elnätsägare i form av t.e.x effektprofiler över tid för att skapa en bild av behovet av flexibilitet men även aktivera flexibiliteten, där det finns mycket arbete kvar att göra gällande standarder, kommunikation, verktyg och synkronisering och olika aktörer har kommit väldigt olika långt i utvecklingen. Även elnäts digitaliseringsresor har kommit olika långt och behöver ta steg framåt för att kunna hantera flexibilitet. En studie visar på att 85 % av elnätsägare samlar in data idag som inte används på grund av brist på tid, kompetens eller systemstöd<sup>22</sup>. Även annan data som inte rör transportsektorn blir viktigt att få tillgång till för att få en helhetsbild över situationen i elnätet som beslutsunderlag. Effektprofilerna behövs även av aggregatorerna för att kunna buda in flexibilitet på flexibilitetsmarknader.

IEA tog under december 2022 fram en manual eller ett ramverk för beslutsfattare som beskriver vilka åtgärder som krävs för att integrera elfordon i elnätet i fyra olika faser, där elanvändning, flexibiliteten från elfordon samt efterfrågan på flexibilitet ökar i varje fas. Ramverket beskriver åtgärder inom kategorierna laddstrategi, tekniska krav, systemkrav samt regler och marknadsdesign, vilka i stort stämmer överens med vad som framkommit under denna studie. Enligt IEA krävs elmätning med kortare intervall för varje fas, kommunikationprotokoll, standarder och datadelning mellan laddinfrastruktur, elnät och elfordon, samt även prognostisering i högre grad i takt med att både tillgången och efterfrågan på flexibilitet från transportsektorn ökar. IEA nämner även tillgång till dynamiska tariffer, flexibilitetsmarknader och förutsättningar för aggregatorer, där åtgärderna anses behöva komma från regulatoriskt håll<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Power Circle (2022), [Digitalisering av elnäten](#)

<sup>23</sup> IEA (2022), [Grid Integration of Electric Vehicles](#)





## **Delad laddinfrastruktur på terminaler och depåer**

En aspekt som undersöktes i projektet var delad laddning och dess eventuella påverkan på elnätet. Delning av laddinfrastruktur anses av alla aktörer i studien vara en självklarhet ur ett resurseffektivitetsperspektiv. Delning kan ske inom samma segment, men även mellan olika transportsegment, där det viktiga är att det fungerar logistiskt och tekniskt att flera fordon delar på samma laddinfrastruktur.

I intervjuerna som genomförts blev det tydligt att delning av laddinfrastruktur är en viktigare fråga ur ett ekonomiskt perspektiv för transportaktörerna än att det gör stor skillnad eller påverkar elnätsägarens verksamhet. Delad laddinfrastruktur benämns kunna vara aningen lättare att prognostisera och nätets dimensionering utnyttjas även effektivare så som nätabonnemangen fungerar idag om elanvändningen i anslutningspunkten är närmare maxkapacitet. Men det är framförallt antalet anslutningspunkter och inte antalet laddpunkter som är relevant ur ett elnätsperspektiv för att det ska finnas samordningsvinster som t.ex. färre grävarbeten. Det kan också medföra ett effektivt utnyttjande av nätet om flera fordon kan gå runt på mindre laddinfrastruktur som placeras där det finns befintlig nätkapacitet, men då ska det även passa ur transportaktörernas perspektiv.

Hur en depå eller logistikterminal kan gå runt på ett färre antal laddare och hur det ändrar laddmönstret och därmed möjligheten till intäkter eller minskade kostnader från t.ex. smart laddning har inte inkluderats i modellerna i projektet, men är en extra parameter som vore intressant att analysera och inkludera inför investeringsbeslut. Hur lösningen kommer att se ut kommer dock behöva variera då behovet ser olika ut på olika terminaler och för olika typ av verksamhet.





# Potential för olika typer av smart laddning för kommersiella transporter

Baserat på slutsatserna från intervjuerna och resultat från andra projekt som kartlagts i studien har potentialen för kommersiella fordon att vara flexibla över tid beskrivas enligt tabellen nedan. Då det finns olika aspekter att väga in som ekonomiska, tekniska och policymässiga görs en kort beskrivning i varje ruta kring vilka faktorer som begränsar potentialen. En uppdelning görs även mellan två tidsperspektiv enligt:

**Kort sikt (år 2025)** antas här fortfarande vara tidigt i elektrifieringen av lastbilar. Det kommer fortsatt vara lokala och regionala transporter som elektrifierats i hög utsträckning, även om modeller för tyngre fordon börjat komma ut på marknaden. De flesta transportbolag kanske inte har elektrifierat hela sin flotta och det är de kortare och mest förutsägbara sträckorna som elektrifierats först. Fordonen laddar främst i den egna depån och vid behov hos kund eller om- och pålastningscentral.

**Medellång sikt (år 2035)** antas här innebära att vissa av de fordon som elektrifierats börjat köra fler skift, samt att elektrifieringen av tyngre lastbilar börjat ta fart. Många har nu hunnit elektrifierat större delen av sina lastbilsflottor, vilket innebär även lastbilar med längre rutter. Publik laddning spelar därför en allt viktigare roll och laddning med högre effekter under kortare tid krävs för att fordonen ska klara sina skift.

	Sänka effekttoppar med lastbalansering	Styra efter elpris eller dynamisk elnätstariff	Delta på lokala flexibilitetsmarknader	Stödtjänstmarknader >60 min	Stödtjänstmarknader < 20 min	Flytta själva leveransen i tid
<b>Kort sikt (2025)</b>	Finns tekniskt och ger god ekonomi	Finns timpris på el men inte för elnät	Finns potential men få marknader	Finns marknader kräver aggregering	Finns marknader kräver aggregering	Påverkar hela logistikkedjan
<b>Medellång sikt (2035)</b>	Ännu större behov med många fordon	Prisincitament på plats men mindre flex i flottan	Fler marknader men mindre flex i flottan	Svårt om det krävs leverans i 60 min	Mer passande för att inte påverka logistiken	Fordonen kör redan många skift

■ Låg potential   ■ Viss potential   ■ Medelstor potential   ■ Hög potential







Bedömningen av den framtida potentialen för olika sätt att bidra med flexibilitet och utnyttja elsystemet effektivare bygger mycket på hur drivkrafterna och möjligheterna för transportaktörerna kan komma att se ut. Att sänka effekttoppar med hjälp av lastbalansering är en tjänst som sedan tidigare nämnt redan erbjuds idag av leverantörer av laddlösningar men som bedöms bli ännu viktigare framöver när fler fordon elektrifieras och ska ladda på samma site. I och med att studier visar på att effekten kan sänkas väsentligt, att tekniken redan finns kommersiellt samt att det är enkelt att implementera, så bedöms potentialen som hög redan på kort sikt, men behovet kommer att bli ännu större i takt med att fler lastbilar elektrifieras.

Även styrning efter elpris eller elnätstariffer är en lågt hängande frukt. Idag erbjuder flera elhandelsbolag timprisavtal vilket ger incitament att styra laddningen mot timmar när det finns mer och billig elproduktion. Elnätstarifferna behöver vidareutvecklas för att ge incitament att använda elnätet effektivt styra konsumtion från utifrån tider då när nätet är belastat. Situationen skulle kunna bli bättre till 2027 när alla elnätsägare behöver ha implementerat effekttariffer, men det förutsätter tariffer som tidsdifferentierar för att smart laddning.


Det saknas därmed på kort sikt förutsättningar för att styra dynamiskt mellan olika timmar med hänsyn tagen både till elpris och elnätssituationen. På längre sikt förväntas förutsättningarna med prissignaler att bli bättre men en fordonsflotta med en högre utnyttjandegrad kan då minska möjligheten att ta hänsyn till när det finns mycket elproduktion eller kapacitet i elnätet. Med utvecklingen mot en mer variabel elproduktion bedöms behovet av flexibilitet öka över tid, och i framtiden blir det även viktigt att flexibiliteten budas in på marknaderna och inte bara reagerar på ett i förväg satt timpris för att systemet ska bli så effektivt som möjligt.

Potentialen i lokala kapacitetsmarknader är mer svårbedömd. Nyligen gick Energimarknadsinspektionen ut med en rapport där myndigheten slog fast att enligt Elmarknadsdirektivet ska marknadsbaserade lösningar som flexibilitetsmarknader gå före lösningar som villkorade avtal när det är möjligt som en lösning på kapacitetsbrist, vilket tyder på att dessa kan komma att spela en större roll framöver<sup>24</sup> Enligt

---

<sup>24</sup> Energimarknadsinspektionen (2023), [Villkorade avtal](#)






Energimarknadsinspektionen är ny EU-reglering på väg som kommer tydliggöra relationen mellan, och ersättning för, villkorade avtal och flexibilitetsmarknader. Samtidigt finns redan fordon som deltar på de lokala flexibilitetsmarknaderna och då lastbilar har ännu större batterier och laddar med mer effekt krävs färre för att uppnå den minsta budstorleken. Samtidigt begränsas potentialen på kort sikt av att det inte finns så många lokala flexibilitetsmarknader varför fordonen måste finnas på rätt plats idag. En aktör i studien anser att de lokala flexibilitetsmarknaderna kommer ta fart om 1-1,5 år när det kommer tydligare definierade produkter.

För Svenska Kraftnäts balansmarknader för stödtjänster bedöms potentialen enligt tidigare analys vara hög, speciellt för marknaderna som kräver kort uthållighet eftersom detta innebär högre tillgänglighet. Behovet av och marknaden för stödtjänster ökar för varje år. Hur stor potentialen är kommer vara en balansgång mellan hur stor utnyttjandegraden på fordonen är, hur stort behovet av flexibilitet är samt hur många andra resurser som konkurrerar på marknaden och därmed ersättningsnivåer. Både via intervjuer och andra studier bedöms åkerier helst vilja vara flexibla utan att det påverkar logistiken och kärnverksamheten. Potentialen är därför högre för produkter som kräver låg uthållighet. Samtidigt nämns exempel från pågående projekt där åkerier har gjort beräkningar på att det under år 2022 skulle varit mer lönsamt att tillhandahålla ett fordonsbatteri för att bidra med frekvensreglering än att leverera gods. Detta tyder på att det potentiellt skulle kunna vara ekonomiskt att påverka transportererna i vissa fall.

I ett längre perspektiv, framåt 2040, 2050 eller senare, är framtiden väldigt oviss men spännande. Kommer fordonen vara helt autonoma, samt hur påverkar det laddbeteendet? Kommer fordonet ha maximal utnyttjandegrad och aldrig stå still i onödan, kanske till och med aldrig stå stilla om laddningen sker under färd? Samtidigt, skulle det kunna finnas en framtid då fordonen står stilla ibland för att bidra med flexibilitet till elsystemet för att det är mest lönsamt och samhälls-ekonomiskt fördelaktigt jämfört med att bara optimera fordonsrörelser efter transportbehovet.



## Ekonomisk potential

Gällande den ekonomiska potentialen ses minskning av effekttoppar och laststyrning som tidigare nämnt som den enklaste och lättillgängligaste åtgärden för att sänka kostnader idag, vilket är en lösning som många aktörer i värdekedjan redan erbjuder. Enligt modelleringarna i projektet kan effektminskningen och kostnadsminskningen bli betydande, utan att inverkan på logistiken behöver ske. Andra studier som analyserar större terminaler och tyngre fordon visar även de på en betydande potential att minska effekttoppar, där besparingarna kommer kunna vara ännu större.

Styrningen mot timpris gav varierande resultat i modellen framförallt då prisvariationen inom dygnet var lågt eller de dyraste timmarna låg vid fel klockslag för logistiken. Modellens metod att förbjuda de 6 dyraste timmarna är dock ett konservativt estimat av lönsamheten, då en optimering mot timpriset kan styra mot de billigaste timmarna i högre utsträckning. Vad som blir mest kostnadseffektivt blir beroende av flera faktorer kopplat till hur verksamheten ser ut, i vilken utsträckning det går att styra mot de billigaste timmarna samt hur elpriset ser ut. Det var stora skillnaden mellan kostnaderna för elhandel år 2019 och 2022 då elpriset var högt på grund av externa omvärldsfaktorer.

Framöver väntas mer variabel elproduktion komma in i elsystemet, vilket gör elpriserna mer varierande vilket skulle kunna ge möjligheter att tjäna pengar på att styra mot elpris. Jämförelser går att göra med länder som till exempel Tyskland och Nederländerna där elpriset vissa dagar kan vara mycket lågt eller till och med vara negativt. I den analyserade terminalen eller depån är energimängden som laddas förhållandevis liten, och kostnaden för elhandel kommer ge betydligt större utslag vid analys av en större terminal.

De nationella stödtjänstmarknaderna är i dagsläget lönsamma och potentialen ses som förhållandevis stor för marknaderna med kort uthållighet, dock finns osäkerhet framöver i hur lönsamheten kommer förändras, då fler resurser kommer in på marknaderna och utbudet ökar, samtidigt som mer variabel elproduktion ska integreras i systemet och behovet av flexibilitet kommer öka. En viktig poäng här är att lönsamheten från flexibilitet faktiskt kan vara extra viktig i början för att få ihop affären för en omställning till elektrifierade fordon att gå ihop.





För tillfället är frekvensreglering väldigt lukrativt och teoretiska beräkningar i andra pågående projekt visar på att det kan vara mer lönsamt att låta en lastbil stå still och frekvensreglera än att leverera gods. Enligt beräkningarna hade ett batteri på 1 MWh med 2022 års prisnivåer på stödtjänstmarknaderna kunnat generera ca 4,5 miljoner kronor, vilket för referens kan jämföras med att en lastbil med 600 kWh batteri idag ligger på ca 4 miljoner kronor i investeringskostnad. Detta visar på att antagandet att det aldrig är lönsamt att erbjuda flexibilitet om det innebär att fordonet utnyttjas mindre kanske faktiskt inte alltid stämmer. Andra uppskattningar från intervjustudien är att 1 MW tillgänglig kapacitet med 10 % nyttjandegrad ett vanligt år genererar 200 000 kr, men förra året med en stor efterfrågan på balanstjänster upp emot 800 000 kr. Flera av aktörerna tror också att frekvensreglering är den flexibilitetstjänst som kommer ha störst potential framöver. Dessutom finns ett exjobb som analyserat frekvensreglering för personbilar som visade på att hela kostnaden för laddning kan täckas av endast frekvensreglering och energi-arbitrage, där deltagandet på stödtjänstmarknaden inte ens är optimerat efter flera olika stödtjänster.

Prisutvecklingen i piloter för lokala flexibilitetsmarknader har gått uppåt, de två senaste åren, men lönsamheten är svårbedömd då marknaderna är i en pilotfas. Idag deltar få resurser från transportsektorn, men förhoppningsvis kan det förändras framöver om det blir lättare för mindre resurser att delta och inriktningen är att flexibilitet i första hand ska upphandlas marknadsbaserat.

Ekonomiska incitament och affärsmässiga förutsättningar för att flytta leveranser i tid av elnätsskäl bedöms saknas eller är inte vara tillräckliga för varken transportköpare eller transportbolag så som intresset ser ut idag enligt de flesta källor som använts i projektet.

Hur lönsamheten kontra investeringen att installera ett stationärt batteri ser ut generellt idag är en fråga som utforskas i flertalet forskningsprojekt. Med dagens höga ersättning för stödtjänster kan återbetalningstiden för ett stationärt batteri bli väldigt kort, endast ett fåtal år.




# Sammanfattning

Inom projektet har Power Circle analyserat och kartlagt hur olika aktörer ser på och arbetar med smart laddning idag, vad olika aktörer i värdekedjan ser krävs i form av samverkan och datadelning för att kunna realisera flexibilitetspotentialen i kommersiella fordon, samt modellerat hur smart laddning kan sänka kostnaderna i en mindre terminal för lätta distributionsfordon.

Resultaten visar på att både transportbolag och aktörerna som levererar tekniken arbetar med smart laddning idag, samt att smart laddning förväntas bli en nödvändighet och få en ännu större roll framöver i takt med att fler fordon elektrifieras. I dagsläget är de vanligaste lösningarna som levereras att sänka effekttoppar eller styra efter ett timbaserat elpris, men det finns ett växande intresse och medvetenhet där aktörer testat mer avancerade lösningar, exempelvis genom att installera stationära batterilager samt delta på stödtjänstmarknader. Här förväntas marknaderna med kort uthållighet ha mest potential framöver då kommersiella fordon står still kortare tid än personbilar. Hur stor flexibilitet ett fordon kan erbjuda beror på flera olika faktorer, så som batteristorlek, vikt, förutsägbarhet i körschemat, körsträcka, tid för stillastående och antal skift. Generellt sett är flexibiliteten större för fordon som går korta sträckor, få skift och står stilla länge, samtidigt som de potentiella kostnadsbesparingarna ökar ju högre effekt och energimängd som används på en terminal.

Utgångspunkten idag är att ladda smart med så lite påverkan på logistiken som möjligt, utefter antagandet att utnyttjandegrad på fordonen är det viktigaste för lönsamheten, där målet för många transportbolag generellt är att öka antalet skift och således minska tillgänglig flexibilitet över tid. Att flytta leveranser i tid specifikt för elsystemets skull upplevs inte särskilt intressant av transportaktörerna och kräver tätare samarbeten med andra aktörer så som transportköpare, där ytterligare praktiska krav på access, kringutrustning beroende på typ av gods, lagerhållning samt regler för leveranstider påverkar möjligheterna. Prisutvecklingen på stödtjänster under förra året indikerar dock att det teoretiskt sett hade kunnat vara ekonomiskt att stå stilla för att erbjuda fordonets batterikapacitet till elsystemet.






Alla aktörer i studien lyfter samverkan och datadelning som nyckelfaktorer för att smart laddning, men även för att elektrifieringen överhuvudtaget, ska kunna lyckas. Här finns flera utmaningar idag, så som att aktörer som tidigare inte samverkat måste göra det, eller att befintliga samarbeten behöver utvecklas ytterligare. Olika aktörers plats i värdekedjan kopplat till smart laddning bedöms vara i en utforskande fas, kopplat till vilken aktör som erbjuder vilka tjänster, vem som tar investeringar eller hur samarbetsformerna kommer se ut. Datadelning, som är en förutsättning för smart laddning, kommer också behöva ske i en högre utsträckning. Integrering av system mellan t.ex. fordon, laddinfrastruktur, logistiksystem, aggregator och elnätsägare, samt olika typer av standarder och kommunikationsprotokoll förväntas bli viktigt, där olika branscher och olika aktörer kommit olika långt i sitt arbete.

## **Behov framåt**

Studien som genomförts av Power Circle ger en översiktlig bild av hur potentialen att ladda smart och att arbeta med flexibilitet från kommersiella transporter kan se ut, men det finns flera dimensioner och perspektiv som inte rymts inom arbetet och som hade varit intressanta att analysera vidare. Nedan presenteras ett urval av dessa frågor:

- I studien nämns att aktörerna kommer vilja köra fler skift. Hur många skift och hur stillaståendetiden ser ut kommer dock variera stort mellan olika typer av verksamhet, gods och flöden, där vissa flöden potentiellt kommer vara endast ett skift i framtiden också. Vilka fordon i detalj som kommer kunna öka sin utnyttjandegrad och i vilken utsträckning behöver analyseras vidare.
  - I modelleringen som gjorts analyseras hur mycket utrymme som finns för flexibilitet i en mindre terminal eller depå för lätta distributionsfordon, där det hade varit intressant att genomföra samma analys uppdelat på flera fordonssegment, olika typer av gods och olika typfall av terminaler, exempelvis hur kostnaderna påverkas vid större terminaler med fler fordon och större effekter. Kommer vilken grad man styr mot effekt kontra elpris vara olika för olika storlek på terminal, eller olika verksamheter?
- 

- Modelleringen bygger på att effekttoppar sänks för att minska kostnaden för ett effektabonnemang, samt att laddning styrs bort från de dyraste timmarna för elhandel. Modellen hade kunnat utvecklas genom att göra en analys av styrning mot flera olika effektabonnemang, styra tydligare mot de billigaste timmarna, samt inkludera bud till flexibilitetsmarknader som en parameter som genererar intäkter. Modelleringen som gjorts inkluderar inte heller investeringskostnaden eller kostnaden för abonnemang på tjänster.
- I modellen antogs varje fordon ha tillgång till en laddpunkt på 22 kW vid varje tidpunkt på terminalen. Samtidigt vill transportbolagen gärna ha så lite laddinfrastruktur som möjligt för att minska investeringskostnaden. En intressant aspekt att utveckla i hade varit att analysera hur en delad laddinfrastruktur på terminalen hade påverkat lönsamheten för smart laddning och tillgänglig flexibilitet.
- Under 2022 var frekvensregleringsmarknaden så lönsam det hade kunnat vara värt det att stå still för att erbjuda stödtjänster till elsystemet. Beroende på prisbilden i framtiden kanske utnyttjandegraden på fordon och leveranstider kommer få vägas mot ersättningen för flexibilitet. Hur skulle det påverka transportsystemet, kan det innebära en prisdifferentiering beroende på leveranstid på sikt? Kommer nya affärsmodeller bildas som blir smartare och billigare för både aktörerna i transport- och elsystemet?

## Bilaga 1: Utblick på andra projekt

Det finns ett antal tidigare projekt och studier som fokuserat på effektbehov och laddning av tunga transporter.

Projektet SCALE- Scandinavian Road Logistics Electrified – drevs av CLOSER med målet att skapa bättre förutsättningar och analysera möjligheter för en snabb utrullning av elektrifierade lastbilar<sup>25,26</sup>. Inom projektet gjordes en kartläggning av logistikterminaler och industrier i Skåne, Halland och Västra Götaland, där projektet uppskattar att 25–50 % av laddningen av tunga transporter kan komma att ske i samband med omlastning i framtiden. Övrig laddning antas ske på depå, godsmottagningar eller publika platser. Antal tunga fordon per logistikterminal, vilket nätområde med respektive elnätägare terminalerna tillhör samt beräkning av potentiell energi- och effektförbrukning per terminal undersöktes.

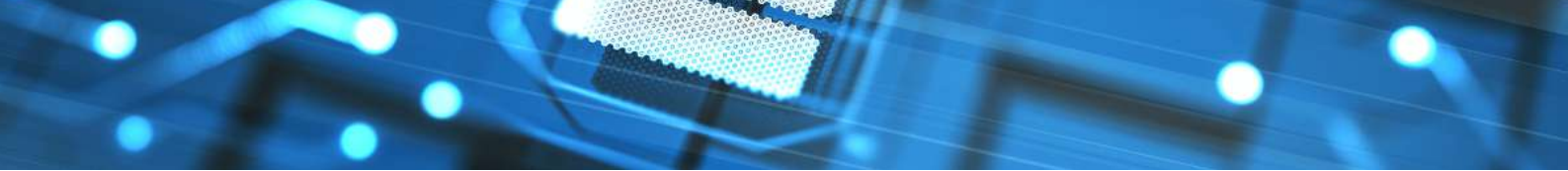
I SCALE gjordes även en fördjupning i två case baserat på befintliga fordonsrörelser, ett för en mindre terminal för en regions egna transporter av förbrukningsmaterial (11 fordon, 16-27 ton) och ett för en större regional distributionsterminal (120 fordon), som huserar både långväga och stadsnära transporter för konsumentprodukter.

- Analysen för den mindre terminalen visade att det totala energibehovet kunde laddas med en låg effekt på 22kW baserat på en körsträcka på ca 200 km per dag, där laddningen mestadels sker mellan eftermiddag och morgon kl 06-15. Under den tiden dubblades effektbehovet från 200 kW (baslast) till ca 400 kW på terminalen. Övrig tid låg behovet på 240-250 kW.
- Analysen för den större terminalen visade på ett mixat laddbehov med både normal-och snabbaddning, mellan 10-250 kW. Detta baserat på en körsträcka på 100-600 km dagligen för fordonen som trafikerar terminalen. De flesta fordonen har nattligt uppehåll vid terminalen, men det finns behov av både snabb-och normalladdning (10-250 kW). Dessutom har terminalen redan ett betydande effektuttag från början som inte är kopplat till fordonen. Här gjordes två analyser, en till 2025 där ca 40 fordon förväntas ha elektrifierats

---

<sup>25</sup> CLOSER (2022), [Så elektrifierar vi Sveriges regionala lastbilstransporter](#)

<sup>26</sup> CLOSER (2022), [SCALE](#)



och en till 2030 där 120 fordon är elektrifierade. Här är effektkurvan mer komplicerad, med en variation på 1100-1200 kW under större delen av dygnet men med tydliga effekttoppar runt lunch och slutet av arbetsdagen (kl 16-18) på ca 1600 kW i den första analysen. Baslasten utan fordon är på 1000 kW. För analysen till 2030 uppstår en stor effekttopp på eftermiddagen som uppgår till nästan 7000 kW, där regional distribution och långväga transporter bidrar mest till den toppen. Analysen visar dock att toppen kan minska till ca 4000 kW med hjälp av smart laddning, t.ex. att planera och flytta viss laddning i tid.

I projektet ScandELivery som drevs av Power Circle år 2020-2022 gjordes en analys av effektbehovet från lätta och tunga lastbilar i på länsnivå år 2030 i Skåne, Halland och Västra Götalandsregionen. Analysen byggde på faktiska data för när fordon gör sina längsta och näst längsta stopp under ett dygn, genomsnittlig längd på stoppen samt antaganden om när fordonen måste laddats klart för att användas. Längsta stoppet påbörjades generellt en bit in på eftermiddagen och näst längsta stoppet vid lunchtid. Påverkan på elnätet modellerades utefter tre olika laddstrategier:

**Metod 1a:** Lastbilarna laddar hela dagliga energibehovet med fullt effekt under längsta stoppet, stödladdning vid behov under nästa längsta stopp.

**Metod 1b:** Halva energibehovet laddas under längsta stoppet med full effekt, resten stödladdning vid näst längsta stopp.

**Metod 2:** Laddning med den minsta medeleffekt som krävs för att ladda fullt under de genomsnittliga timmar fordonet står still på längsta eller näst längsta stopp. Redan denna enkla metod av smart laddning innebar en minskning av effekttoppar på mellan ca 30-50 % under det längsta respektive nästa längsta stoppet.

Projektet Regional Electrified Logistics, även kallat REEL, är ett nationellt initiativ där ledande svenska transportaktörer testar genom demonstration att elektrifiera, operera och utvärdera runt 60 olika regionala logistikflöden med olika transportuppdrag, med syftet att snabba på omställningen av regionala vägtransporter av tunga fordon. I projektet kom en första delrapport i oktober 2022 baserad på en intervjustudie med 19 logistikaktörer, som beskriver bland annat hur







logistiksystemet ser ut och hur aktörerna opererar, tekniska specifikationer, affärsmodeller och systemarkitektur för 41 av de ca 60 flödena<sup>27</sup>. I rapporten dras flertalet slutsatser om vilka faktorer som blir viktiga för aktörerna kopplat till laddningen, t.ex. kopplat till var energi laddas, med vilken effekt, samt tillgång till elnätscapacitet.

E-charge är ett demonstrationsprojekt vars syfte är att flera aktörer i samverkan ska bygga kunskap och förmåga att elektrifiera fjärrtransporter<sup>28</sup>. Projektet ska etablera och driva en systemdemonstrator med 2-4 lastbilar och kundflöden, där målet är att klara att köra 4,5 h för att sedan ladda under förarens lagstadgade vilotid (45 min) för att sedan köra 4,5 h till. Laddarna som installeras ska installeras med den nya kommande MCS-standarden med höga effekter på upp till eller kanske till och med mer än 1 MW.

Projektet förväntas bidra till nödvändiga kunskaper till de inblandade aktörerna kring logistiksystemet, affärsfall, möjligheter och risker med elektrifiering av långväga transporter. I projektet deltar både tillverkare av laddinfrastruktur, fordonstillverkare och laddoperatörer i form av drivmedelsbolag.

Sustainable innovation driver de två projekten "100 % elektrifiering av distributionsfordon – genom systemoptimering och nya affärsmodeller i godsterminaler" samt " Terminalladdning av Elektriska Distributionsfordon – TED". Det förstnämnda är en studie som utförs i samarbete med Lunds tekniska högskola, Linköpings universitet och Bring, som fokuserar på systemfördelar av 100 % elektrifiering av distributionsfordon med utgångspunkt i Brings terminaler<sup>29</sup>. Det andra projektet är en case-studie på en av DHL:s terminaler<sup>30</sup> där potentiell lokal solesproduktion och energilagring inkluderats i modellen. I de båda projekten gjordes modelleringar på 4 terminaler, utifrån befintliga fordonsrörelser och avgränsningen att all energi laddas på terminalen, samt intervjuer med transportbolag, elnätbolag och laddoperatörer. Preliminära resultat från studien visar att effektbehovet kan tudubblas i en terminal utan smarta lösningar som lagring och lokal produktion, och att viljan att flytta rutter eller laddning i tid är låg från speditörernas

---

<sup>27</sup> REEL (2022), [Regional Electrified Logistics](#)

<sup>28</sup> Vinnova, [E-Charge: Systemdemonstration av elektrifierade långväga lastbilstransporter](#)

<sup>29</sup> Sustainable Innovation, [100% elektrifiering i godsterminaler](#)

<sup>30</sup> Vinnova, [Terminalladdning av Elektriska Distributionsfordon - TED](#)







perspektiv, då hög nyttjandegrad på fordonen och fler skift är av högre intresse vilket i sådant fall skulle minska utrymmet för flexibilitet<sup>31</sup>.

Projektet DREEMER är ett projekt som handlar om att analysera och utforska möjligheter för delad effekt- och energitillförsel till olika transportslag för att underlätta omställningen genom att bland annat identifiera möjligheter till delad lokal laddning, analysera systemupplägg och utveckla lokal systemarkitektur, kartlägga behov och även titta på kostnader och miljöeffekter. Detta inför en större systemdemonstration<sup>32</sup>.

Projektet Laddinfrastruktur och frekvensreglering – en fallstudie genomfördes av RISE, Axess Logistics AB och CTEK AB under andra halvan av 2022. Syftet med projektet var att genomföra en fallstudie på långtidsparkerade elbilar på Axess logistics anläggning i Malmö hamn och utreda hur standardisering kan användas för att påskynda och öka användandet av elbilar för flexibilitetstjänster till elnätet. Projektet utredde hinder, möjligheter, behov och förutsättningar för att nyttja elbilarnas batterier för flexibilitetstjänster i både en nationell, europeisk och internationell kontext<sup>33</sup>. Resultaten visade på att dagens standarder inte är ett stort hinder för frekvensreglering men att vissa förändringar av t.ex. ISO15118 med avseende på mätnoggrannhet och svarstider hade kunnat öka möjligheten för att delta på vissa frekvensregleringsmarknader. Även hur batteriet ska kunna hållas i ett tillstånd så att svarstiden på en begäran är tillräckligt snabb även om batteriet för stunden inte laddar i/eller ur är en frågeställning som identifierats i projektet. I fallstudien studerades även användarcykler för långtidsparkerade elbilar för marknaderna FCR-N och FCR-D och den förväntade cyklingen skiljde sig stort mellan tjänsterna, vilket antydde att valet av marknader behöver studeras utifrån både förväntad ekonomi och eventuellt batterislitage. Projektet slog också fast att investering av dyrare infrastruktur som klarar Vehicle-to-grid skulle kunna betala av sig inom ett år med 2022 års nivåer av ersättning för frekvensreglering.<sup>34</sup>

---

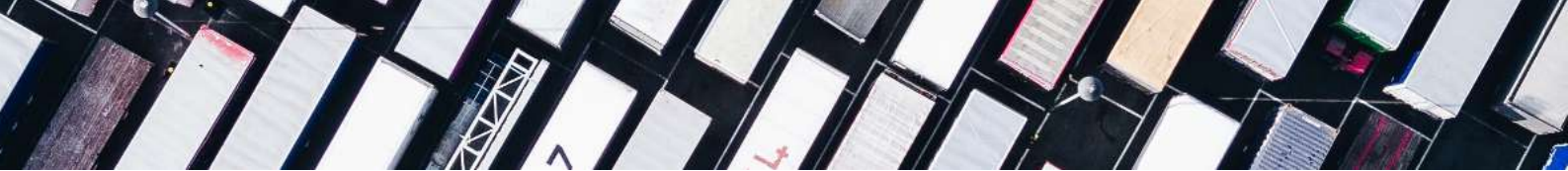
<sup>31</sup> Intervju Roland Elander Sustainable Innovation (221123)

<sup>32</sup> Vinnova, [DREEMER - Delade, regionala energi- och mobilitetsförsörjningssystem för effektivt resursutnyttjande](#)

<sup>33</sup> Vinnova, [Laddinfrastruktur och frekvensreglering - en fallstudie](#)

<sup>34</sup> Björnsson, et.al (2023), [Laddinfrastruktur och frekvensreglering: en fallstudie](#)





Exjobbet Marginaler för morgondagen: En kvantitativ analys av flexibiliteten hos aggregerade laddande elbilar undersökte under år 2021 möjligheten att leverera FCR-D upp från laddning vid arbetsplatser för personbilar. Resultaten visade på att för 1000 aggregerade laddare blev den genomsnittliga intäkten per laddsession 0,8 kr, eller 6,9 kr per laddare. Medelintäkten utspridd över laddade kWh var 0,1 kr, vilket inkluderar kWh där uppreglering inte erbjöds. Studien visade också på att ju längre uthållighet som krävs, desto mindre tillgänglig flexibilitet finns att hämta från elektrifierade fordon.

Ett annat exjobb från 2020, Optimal Day-Ahead Scheduling and Bidding Strategy of RiskAverse Electric Vehicle Aggregator, visade att det finns ett starkt samband för tillgänglig flexibilitet från personbilar och höga priser på balansmarknaderna. Baserat på verklig kördata drogs slutsatsen att intäkterna från FCR-N och energiprisarbitrage skulle kunna täcka hela kostnaden för laddning av fordonen i Sverige. Exjobbet slog också fast att en aggregator troligtvis hade optimerat laddning efter både FCR-N och FCR-D-marknaderna, vilket hade kunnat öka intäkterna ytterligare. Detta ingick dock inte i studien.

Inom Energiforsk-projektet Ett elsystem för elfordon undersöks just nu möjligheten till smart laddning för både personbilar och lastbilar samt bussar. De preliminära resultaten visar att när det kommer till att flytta laddning är potentialen absolut störst i personbilsflottan; detta då dessa fordon har en stor batterikapacitet i förhållande till daglig körsträcka samt står stilla under många timmar per dygn, i jämförelse med kommersiella fordon som optimerar batteristorlek utifrån behov samt sällan står stilla i onödan.

Åkeriet Falkenklev Logistik i Skåne bedriver en satsning där eldrivna lastbilar, laddning, solceller och batterilager kombineras på via en publik laddpark. Batteriet på laddplatsen styrs av en aggregator och bidra med flera olika energitjänster, för både fordonen och elnätet. Det kan röra sig om att stötta upp laddeffekten vid behov, men även delta på lokala och nationella stödtjänstmarknader. De eldrivna lastbilarna kommer i nuläget användas i distributionstrafik.<sup>35 36</sup>

---

<sup>35</sup> eCom Expo (2022), [Falkenklev invigde landets största laddpark med plats för tunga fordon](#)

<sup>36</sup> Dagens infrastruktur (2022), [CheckWatt levererar till Sveriges största ladd- och batteripark](#)