

Ett elsystem för elfordon

Samspelet mellan laddinfrastruktur,
elsystem och elnät



Introduktion

Senast 2030 ska Sveriges klimatpåverkande utsläpp från inrikes transporter på land och till sjöss minska med minst 70% jämfört med 2010, för att 2045 inte ha några nettoutsläpp. Omställningen innebär en kraftfull elektrifiering av vägtransport samtidigt som elektrifiering av andra sektorer och utbyggnad av mer förnybar elproduktion ska tillgodoses. Ambitionen med projektet har varit att undersöka hur en storskalig elektrifiering av fordonsflottan för vägtransport kan möjliggöras. Fokus har varit på samspelet mellan laddinfrastruktur, elsystem och elnät och analyser har gjorts ur ett nationellt, regionalt och lokalt perspektiv. Tidsperspektivet sträckte sig till 2045 med nedslag 2030 för att säkerställa att de åtgärdsförslag som tas fram är i samklang med de transportpolitiska målen.

Energiforsk har varit huvudman för projektet som inleddes oktober 2021 och avslutade februari 2024 där forskare och konsulter från Chalmers tekniska högskola, Handelshögskolan i Göteborg, Power Circle, Profu och Sweco arbetat tillsammans inom fem arbetspaket. Projektet finansierades av Energimyndigheten och 29 engagerade företag.



Batteryloop
Checkwatt
DEFA
Einride
Elinorr
Ellevio Energiföretagen
Sverige
Flower Infrastructure
Göteborg energi
Jönköping energi

Karlstads el och stadsnät
Kraftringen
Luleå energi
Möln dal energi
Nässjö affärsverk elnät
Oxelösund energi
Region Skåne
Siemens
Skellefteå kraft
Skövde energi

Svenska kraftnät
Södra Hallands kraft
Tekniska verken i Linköping
Transportföretagen
Trollhättan energi
Umeå energi elnät
Volkswagen
Volvo Cars
Öresundskraft



Elektrifieringen av fordonsflottan ses av många elnätsbolag som en utmaning för befintlig elinfrastruktur

Elnätsbolagens syn på elektrifieringen och elnätets kapacitet varierar, men majoriteten av förfrågade bolag bedömer att det kommer behövas förstärkningar av elnätet i närtid.

Figur 1. Antal svar från elnätsbolag gällande bedömning av tillräckligheten i befintlig nätkapacitet. Energiforskrapport 2022:898.

Tillräckligheten är god...



15 av 26 elnätsbolag ser svårigheter att möta elektrifieringens behov på effekt – planerade nätförstärkningar anses inte ensamt kunna lösa utmaningen utan andra lösningar planeras parallellt

Utav de elnätsbolag som bidrog med sina inspel angav drygt 40% att ytterligare nätförstärkningar utöver de planerade behövs för att tillgodose den prognosticerade utvecklingen av antalet laddbara fordon, se Figur 1. Detta är inte förvånande med tanke på att elektrifieringseran precis är påbörjad men samtidigt angav många elnätsbolag att stora delar av elnätet börjar bli gammalt och är i behov av reinvesteringar.

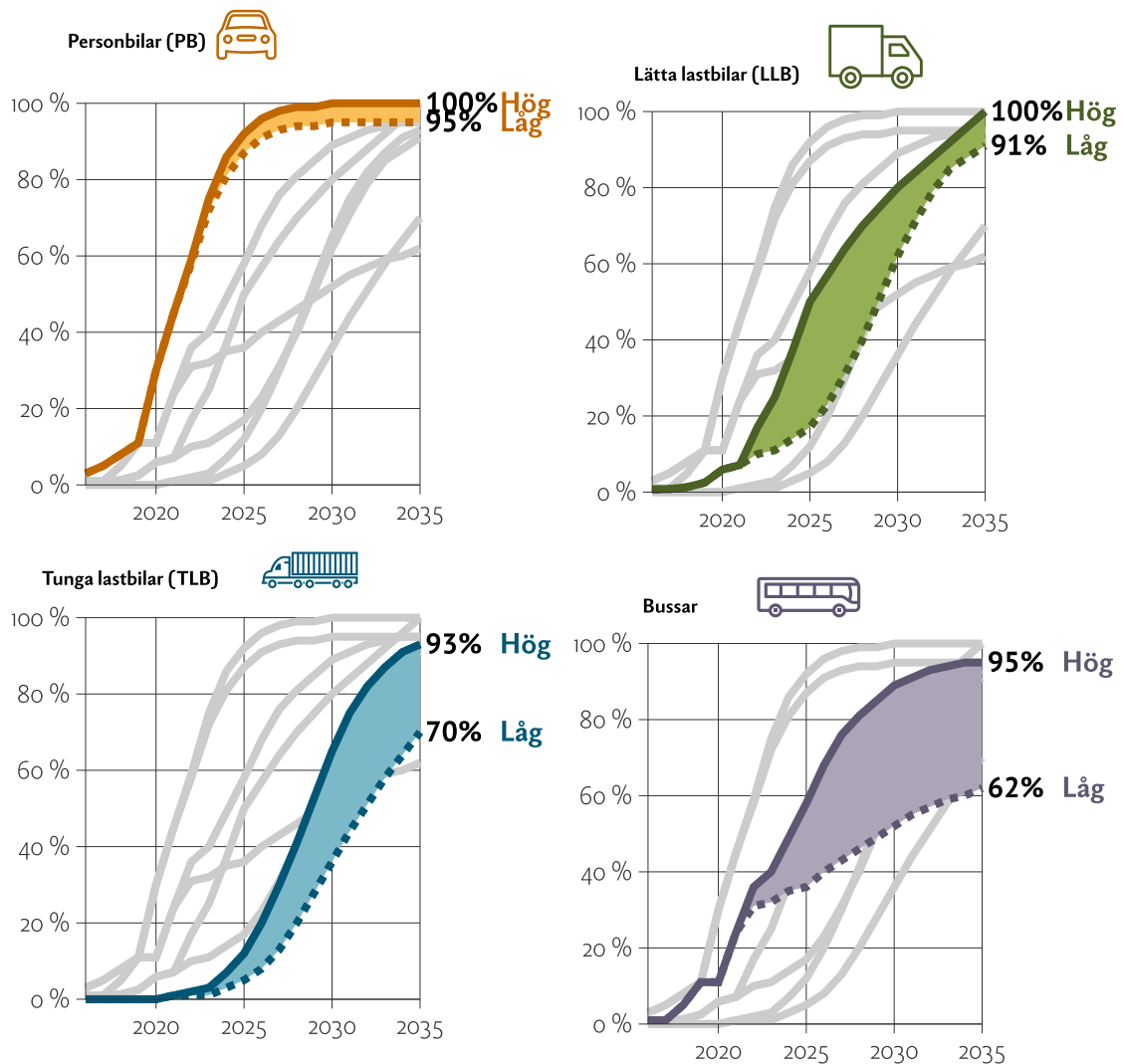
Det påpekas att behov av reinvesteringar i lågspänningsnätet kan behöva tidigareläggas för att tillgodose behovet av hemmaladdning och laddning av tyngre fordon i exempelvis industriområden. Överlag oroar sig bolagen över att elektrifieringen av fordonsflottan, samt annan elektrifiering, kommer att gå så snabbt att det blir svårt att hinna ansluta alla nya behov i den takt som önskas.

Den historiska trenden visar en tydlig exponentiell utveckling för försäljningen av elfordon

För att bedöma det framtida behovet av energi, effekt, elnätscapacitet och laddinfrastruktur krävs scenarier som visar hur stor andel av transportsektorn som förväntas elektrifieras. De scenarier för etablering av elektriska fordon, som tagits fram inom projektet, visar att elektrifieringen av flottan sannolikt kommer fortsätta gå snabbt. Vad som påverkar takten är i stor utsträckning de policybeslut som tas inom EU och i Sverige.

Oavsett scenario förväntas elfordonens marknadsandel fortsatt öka i hög takt

Elfordonens andel av nyregistreringar



Om vi som samhälle vill att utvecklingen ska fortsätta i samma snabba takt behöver det finnas incitament som gynnar ägande av elfordon. Exempel på hur ägande kan gynnas är skatteincitament, subventioner, undantagande av elfordon från trängselskatter och parkeringsavgifter samt andra förmåner. Särskilt viktigt är det för ägare av tunga fordon att investeringskalkylen går ihop då marginalerna är små, investeringskostnaden hög och att tillgången till fullgod laddinfrastruktur i dagsläget upplevs som otillräcklig.

De faktorer som tydligast påverkar etableringstakten i våra scenarier är brist på laddinfrastruktur, begränsad elnätskapacitet, tillgång till fordon eller förändrade regulatoriska förutsättningar där incitament för ägande av elfordon eller etablering av laddinfrastruktur reduceras.

Figur 2. Elfordonens andel av nyregistreringar fram till 2040, Hög- och lågscenario för personbil (PB), lätt lastbil (LLB), tung lastbil (TLB) och buss. Energiforskrapport 2022:899.

Förändringar i omvärlden

Sedan scenarioanalysens framtagande har flera inrikespolitiska förändringar skett kopplat till de viktigaste antagandena som driver elektrifieringen inom transportsektorn i våra scenarier.

—

Borttagandet av elbilsbonusen i samband med regeringsskiftet riskerar att skjuta upp tidpunkten för då kostnadsparitet på inköpspris uppnås om inte nya stödsystem kommer på plats. Detta gäller inte minst för segmentet lätta lastbilar.

Sänkt reduktionsplikt leder till lägre kostnader för fossila bränslen vilket minskar incitamenten att ställa om till eldrift.

Höjd energiskatt bidrar till dyrare laddning av elfordon.

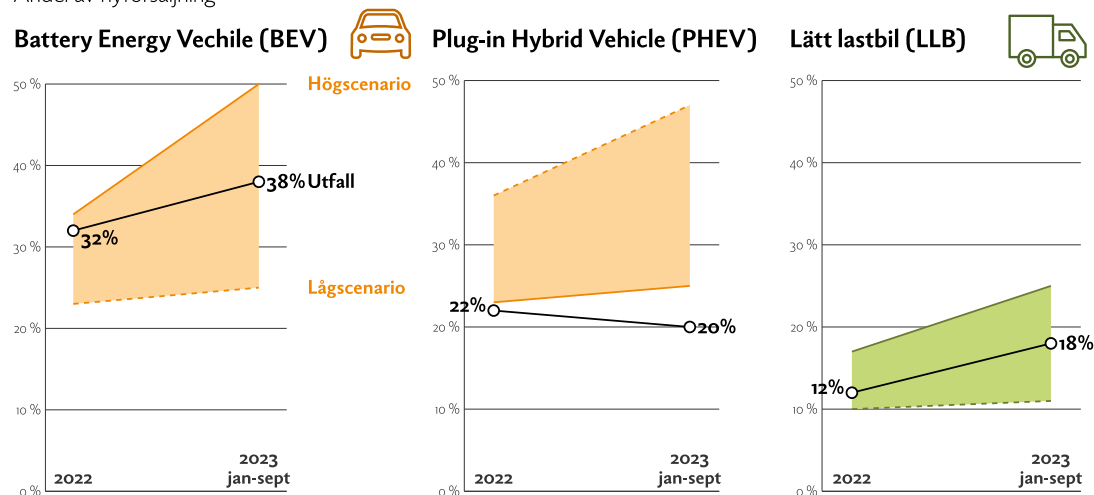
+

Förlängda och förstärkta satsningar på utbyggnad och samordning av laddinfrastruktur för perioden 2024 – 2026 aviserades under hösten 2023. En viktig faktor för att skapa förutsättningar för den fortsatta elektrifieringen.

Regeringen har givit Transportstyrelsen i uppdrag att undersöka och utforma en försöksverksamhet där det blir möjligt att ansöka om att få köra tyngre lastbilar upp till 4,25 ton, som drivs av alternativa bränslen, på B-körkort. Detta lyfts som en viktig del för den fortsatta elektrifieringen av lätta lastbilar.

Utfallet pekar på en fortsatt hög etableringstakt för elbilar

Andel av nyförsäljning



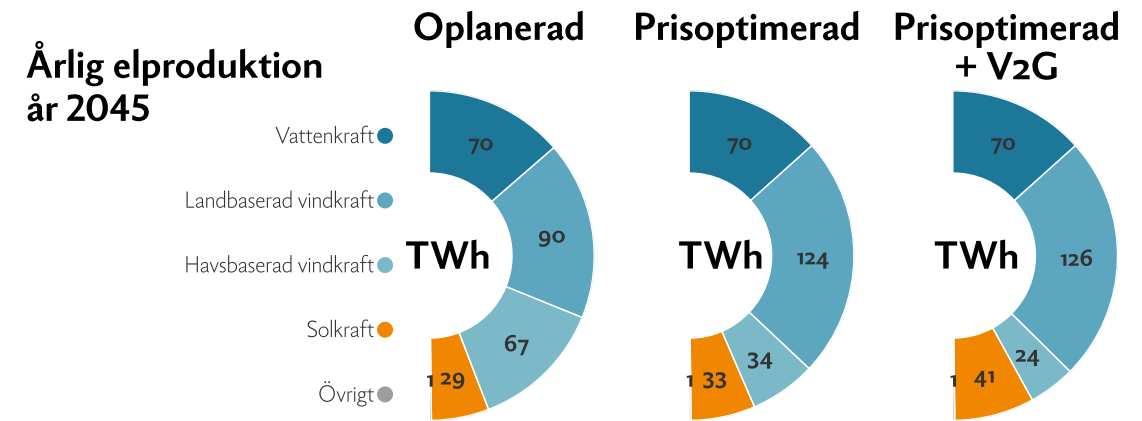
Figur 3. En övergripande analys av utfallet 2023 visar, baserat på siffror t.o.m. oktober 2023, att nyregistreringarna av laddbara personbilar verkar hamna mellan hög och lågscenariot för BEV, medan andelen PHEV är lägre än i lågscenariot. Energiforskrapport 2023:969.

Påverkan på elsystemet av en storskalig elektrifiering av fordonsflottan

I projektet har analyser tagits fram för hur elsystemet och elnätet påverkas, av elektrifiering av transportsektorn och givet olika laddstrategier, med utgångspunkt från dagens elsystem. För att ta hänsyn till övriga utvecklingar i samhället kopplade till klimat- och energiomställningen har ett scenario använts som utgångsläge för modelleringen. Enligt det scenariot uppgår elbehovet till 114 TWh år 2045.¹ Utav det elbehovet bedöms fordonsflottans behov uppgå till 30 TWh per år. I närtid (2030) kommer transportsektorn i detta scenario utgöra ca 6% av totala elbehovet medan på längre sikt (2045) ca 12% av det totala elbehovet.

¹Göransson och Johnsson (2023) Ett framtida elsystem med och utan kärnkraft – vad är skillnaden? Rapport i forskningsprogrammet Mistra Electrification.
https://research.chalmers.se/publication/536840/file/536840_Fulltext.pdf

Sol- och vindkraft är kostnadsoptimala investeringar oavsett laddstrategi



Figur 5. Årlig elproduktion 2045 för Sverige från investerings- och dispatchmodellen Multinode givet tre olika laddstrategier. Energiforskrapport 2023:966.

Modellering av elsystemet med den kostnadsminimerande elsystemmodellen Multinode visar att investeringar i mycket vind- och solkraft är kostnadsoptimalt oavsett laddstrategi. Främst ökar andelen landbaserad vindkraft med färre fullasttimmar i stället för dyrare havsbaserad vindkraft, då elbilarna tillhandahåller kostnadseffektiv flexibilitet vid prisoptimerad laddning.

När, var och hur bilister laddar sina fordon är avgörande

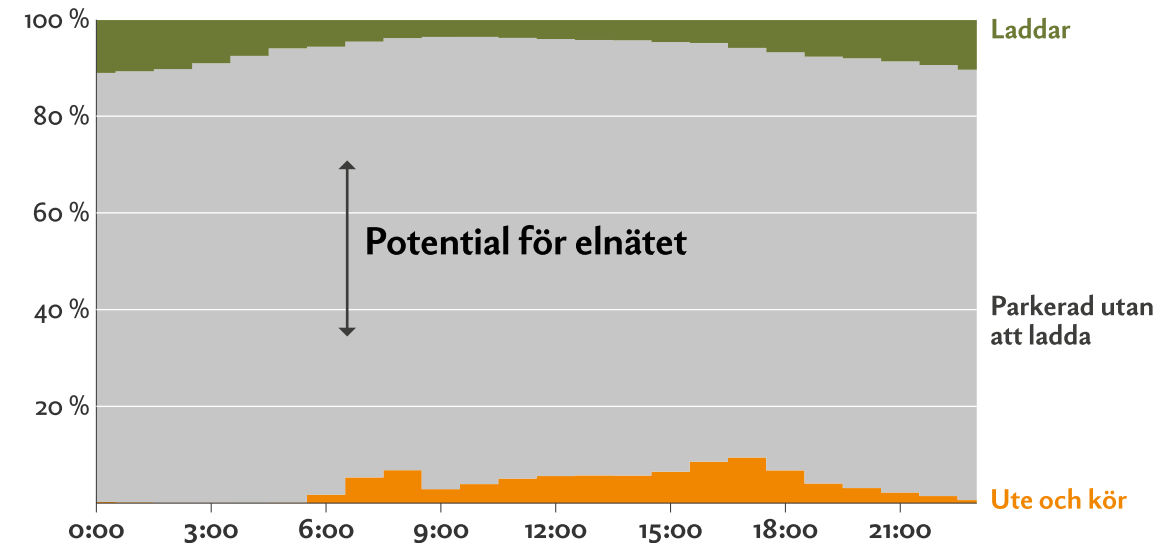
Under 2023 har nya data samlats in från elbilar i Sverige och en unik databas av kör- och laddningsdata från 220 personbilar har skapats.

Elbilarna laddar mestadels med en laddeffekt på mellan 3–7 kW, vilket visar att det främst är så kallad ”långsam” laddning vid bostaden. Laddenergin som behöver laddas är oftast mindre än 7 kWh/dag, vilket för de flesta resulterar i en laddtid på ca 1–2h/dag. Vad datan visar är att det alltid är minst 30% av bilarna som står parkerad på sin bostadsadress oavsett tidpunkt på dygnet. Dessutom är minst 70% parkerad i minst 1 timma oavsett tidpunkt på dygnet. Det visar att det finns potential att utnyttja bilarnas batterier som flexibilitetsresurs både hemma och på andra platser under alla dygnets timmar.

Utifrån datan har laddprofiler tagits fram för individuella fordon och för den totala fordonsflottan över dygnet, givet olika scenarier för elektrifiering och laddstrategier. Laddprofilerna har sedan använts för att, med hjälp av modellering, analysera fordonsflottans påverkan på elsystemet och elnätet. För att undersöka hur elsystemets utveckling påverkas av hur elfordonsflottan laddas har fyra olika fall med laddstrategier för personbilar analyserats:

- Direktladdning där elbilsägarna laddar sitt batteri fullt så fort de kommer hem.
- Kostnadsoptimerad laddning där elbilsägarna styr sin laddning mot ett lågt elpris.
- Blandad laddning, där vi ser en mix av de två föregående strategierna.

Under större delen av dygnet står fordonsflottan stilla och skulle kunna bidra med nytta till nätet



Figur 4. Visar hur stor andel av flottan av elbilar är (1) ute och kör, (2) står parkerad utan att ladda och (3) laddar under ett genomsnittligt dygn. Föga förvånande visar även denna figur att en stor andel av flottan står parkerad stora delar av dygnet. Energiforskrapport 2023:966.

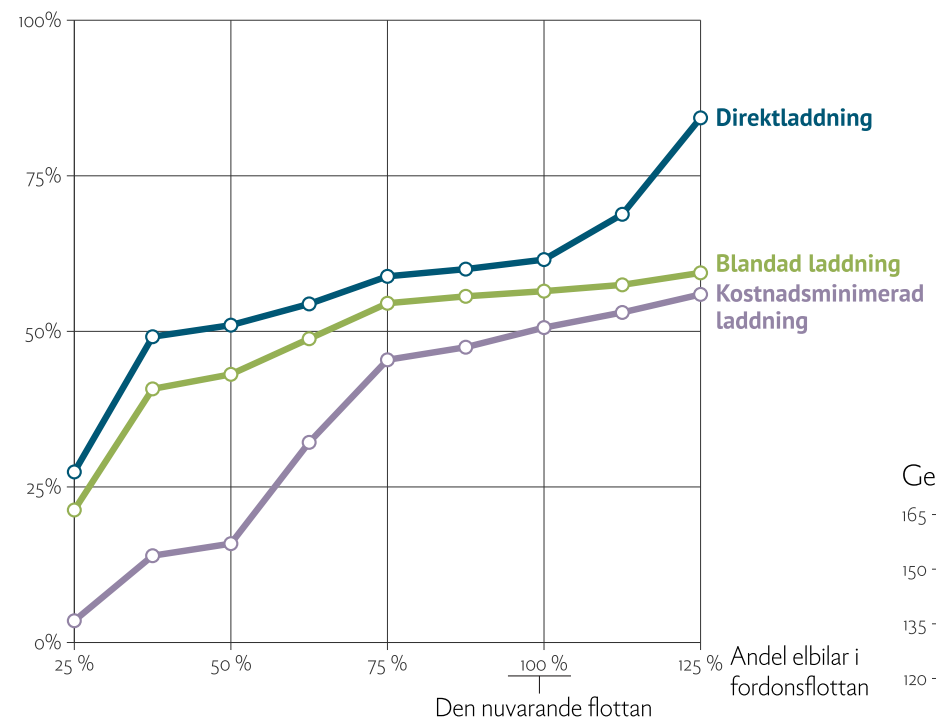
Påverkan på lågspänningsnätet av en storskalig elektrifiering av fordonsflottan

Konsekvenserna av en storskalig integration av elbilar på lokal nivå, dvs. i lågspänningsnätet (400V) analyserades med hjälp av elnätsmodellen REGAL. Modellen utvecklades för att täcka Sveriges lågspänningsnät med hjälp av öppna data från bland annat SCB. Kalibreringen och validering mot faktiska mätdata visar att REGAL gav en god representation av större geografiska områden (till exempel kommunnivå). Modellen är uppbyggd i rutor med en geografisk upplösning på 1x1km och i modellen har 10-minuters profiler för elbilsladdning adderats till profiler för hushållslast för att se vilka problem och hur många problem som uppstår i form av överbelastade transformatorer och kablar samt spänningsfall i varje 1x1km ruta. Tidsstegen om 10 minuter resulterar i att det maximala antalet problem som kan uppstå i modellen är 52 000 per år.

Hur många problem uppstår i lågspänningsnätet?

Resultat från modellering med lågspänningsmodellen REGAL visar att mängden problem i 400V ökar i en långsam takt, men sedan allt snabbare när andelen elbilar i fordonsflotta ökar. I Figur 6 A och B visas antal problem i lågspänningsnätet i Sverige i relation till andel elbilar med nuvarande totalt antal fordon som referens. I genomsnitt över alla rutor i Sverige är det relativt få problem per ruta även vid en hög andel elbilar. Analysen pekar på att det i genomsnitt inte är mer än 1 av 52 000 tidssteg på ett år då vi får problem med antingen spänningsfall eller överbelastade transformatorer även om vi antar en elektrifiering motsvarande 100% av dagens fordonsflotta. Men det är många rutor, speciellt på landsbygden, som inte har några problem alls när vi lägger till elbilsaddning, medan vissa rutor, speciellt i storstäder, ofta får problem.

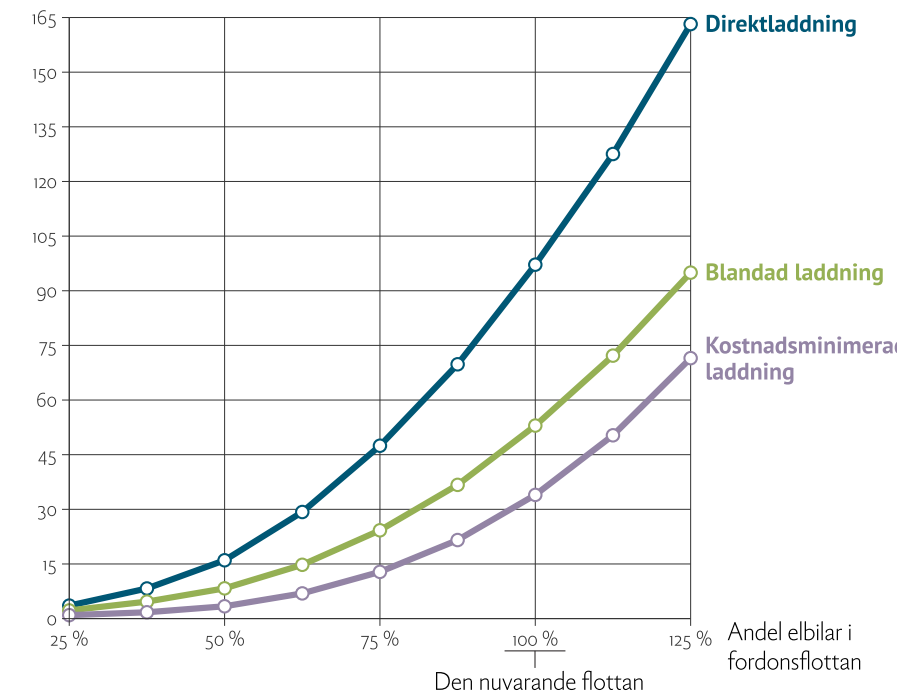
Andel celler i nätet där problem uppstår



Figur 6A. Genomsnittligt antal tidssteg per 1x1km rutor i modellen då problem uppstår i lågspänningsnätet givet andelen elbilar i relation till nuvarande fordonsflotta (vänster). Energiforskrapport 2023:966.

Figur 6B. Andel rutor i nätet där problem uppstår givet andelen elbilar i relation till nuvarande fordonsflotta (höger). Energiforskrapport 2023:966.

Genomsnittligt antal tidssteg med problem per cell

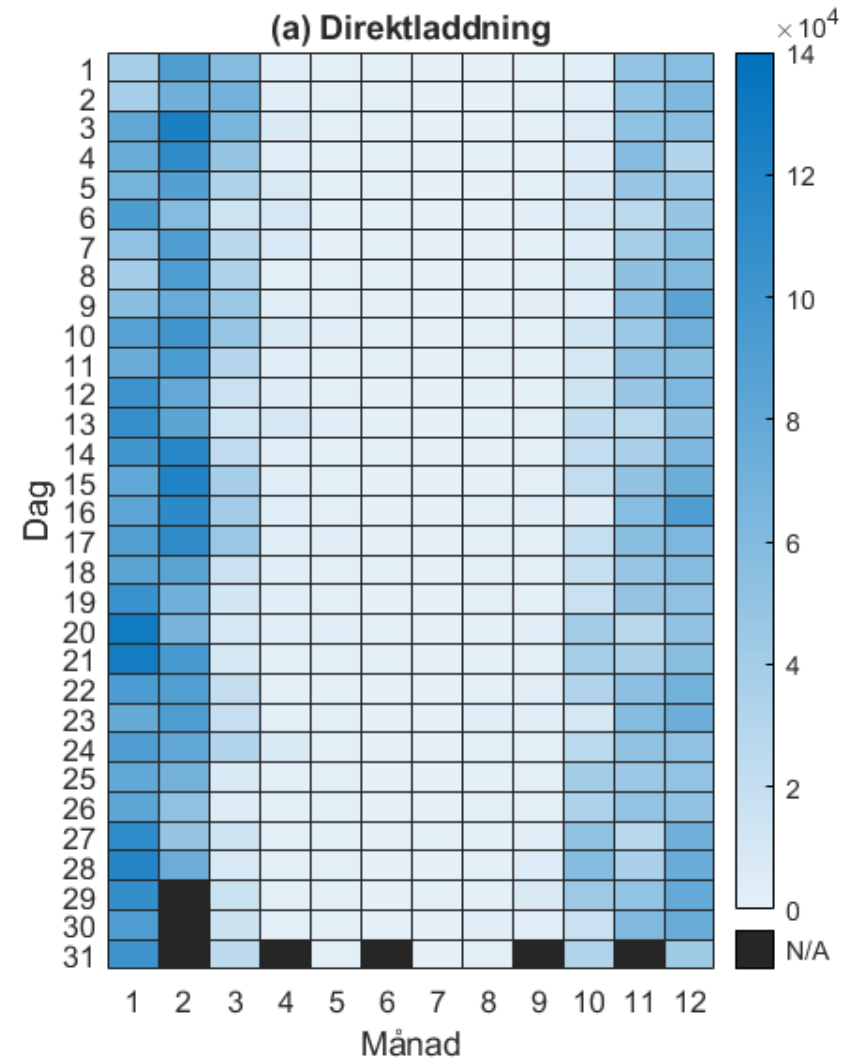


När uppstår problem?

Projektet har även analyserat vilka problem som uppstår i elnätet givet att elbilsägare väljer att ladda när det är lågt elpris. Därför jämförs tre laddscenarier, ett där alla bilar laddar direkt när de kommer hem, ett när alla elbilar styr sin laddning efter elpriset och ett tredje där vi ser en mix av de två föregående strategierna, så att 30 % av fordonsflottan styr efter elpriset medan resten laddar när de kommer till hemmet.

Figur 7 visar graden av problem i elnätet under årets dagar givet dessa tre laddstrategier, (1) direktladdning, (2) kostnadsoptimerad laddning och (3) blandad laddning. Varje ruta i Figur 7 representerar en dag, ju ljusare färg desto färre problem i elnätet med elbilsladdning. Det vi kan se är att:

Direktladdning ger främst problem under kvällstid på vintern.

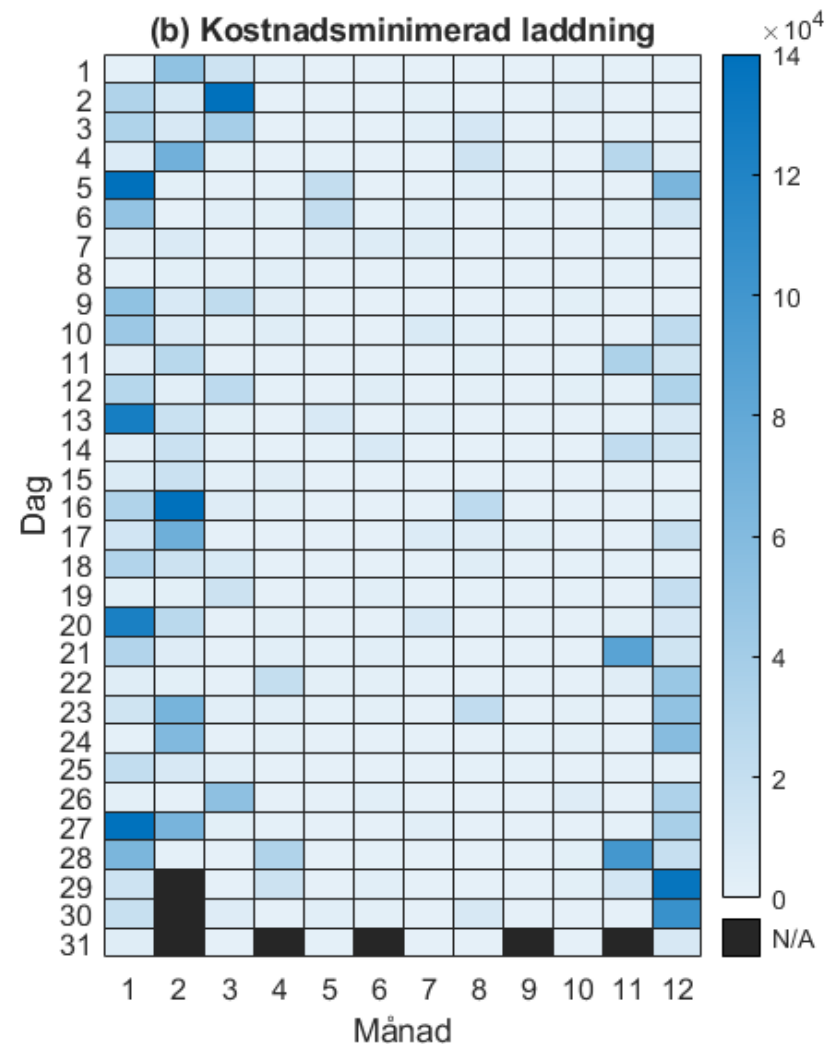


När uppstår problem?

Projektet har även analyserat vilka problem som uppstår i elnätet givet att elbilsägare väljer att ladda när det är lågt elpris. Därför jämförs tre laddscenarier, ett där alla bilar laddar direkt när de kommer hem, ett när alla elbilar styr sin laddning efter elpriset och ett tredje där vi ser en mix av de två föregående strategierna, så att 30 % av fordonsflottan styr efter elpriset medan resten laddar när de kommer till hemmet.

Figur 7 visar graden av problem i elnätet under årets dagar givet dessa tre laddstrategier, (1) direktladdning, (2) kostnadsoptimerad laddning och (3) blandad laddning. Varje ruta i Figur 7 representerar en dag, ju ljusare färg desto färre problem i elnätet med elbilsladdning. Det vi kan se är att:

En strategi där elbilsägarna optimerar sin laddning utifrån elpris (med eller utan V2G) ger lite färre problem i nätet fördelat på olika dagar utspridda över hela året. Trots att antalet problem minskar i snitt, ser man att dagarna som har flest antal problem har många problem eftersom bilarnas laddning är mer koordinerad. Dagar då det blir problem med en prisoptimerad laddstrategi i Sverige är främst dagar då det blåser mycket, eller annan last är låg.



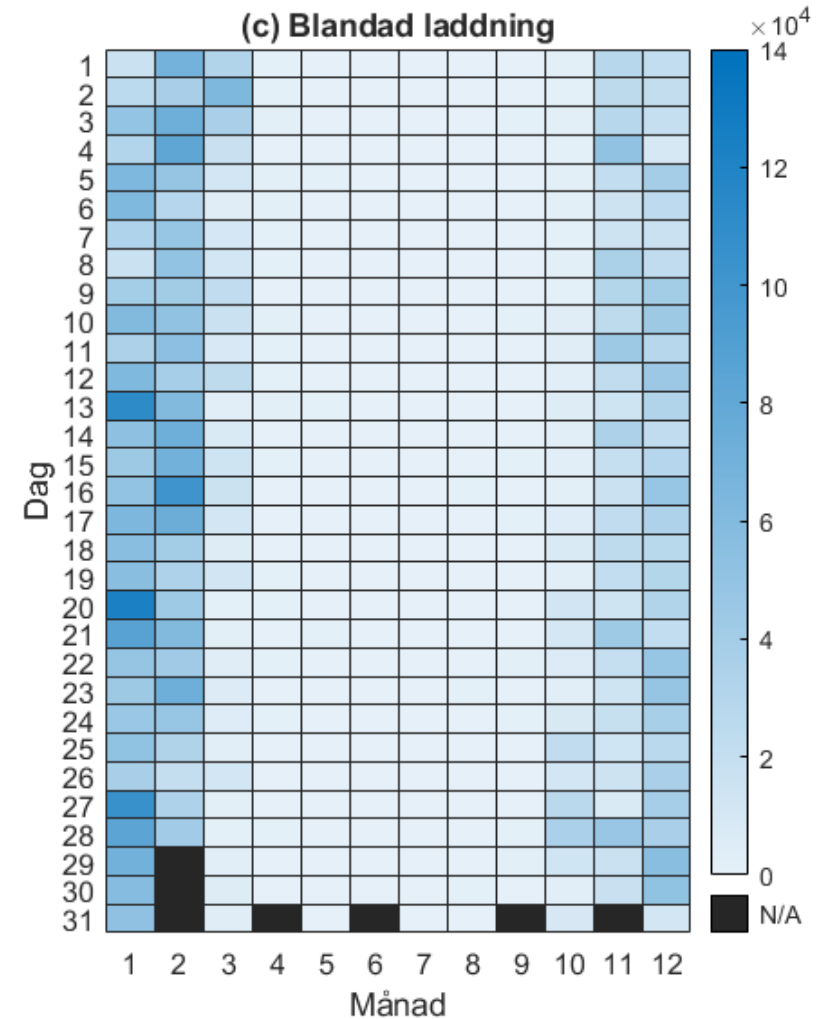
Figur 7. Energiforskrapport 2023:966.

När uppstår problem?

Projektet har även analyserat vilka problem som uppstår i elnätet givet att elbilsägare väljer att ladda när det är lågt elpris. Därför jämförs tre laddscenarier, ett där alla bilar laddar direkt när de kommer hem, ett när alla elbilar styr sin laddning efter elpriset och ett tredje där vi ser en mix av de två föregående strategierna, så att 30 % av fordonsflottan styr efter elpriset medan resten laddar när de kommer till hemmet.

Figur 7 visar graden av problem i elnätet under årets dagar givet dessa tre laddstrategier, (1) direktladdning, (2) kostnadsoptimerad laddning och (3) blandad laddning. Varje ruta i Figur 7 representerar en dag, ju ljusare färg desto färre problem i elnätet med elbilsladdning. Det vi kan se är att:

Om man har en blandning av de två strategierna ser vi ett mönster som liknar det för direktladdning, men med färre problem över året. Tidigare modellering av liknande system där en lokal tariff införs för att styra om laddning från de timmar då flest problem uppstår har gett stor effekt för att minska antalet problem i elnätet.



Figur 7. Energiforskrapport 2023:966.

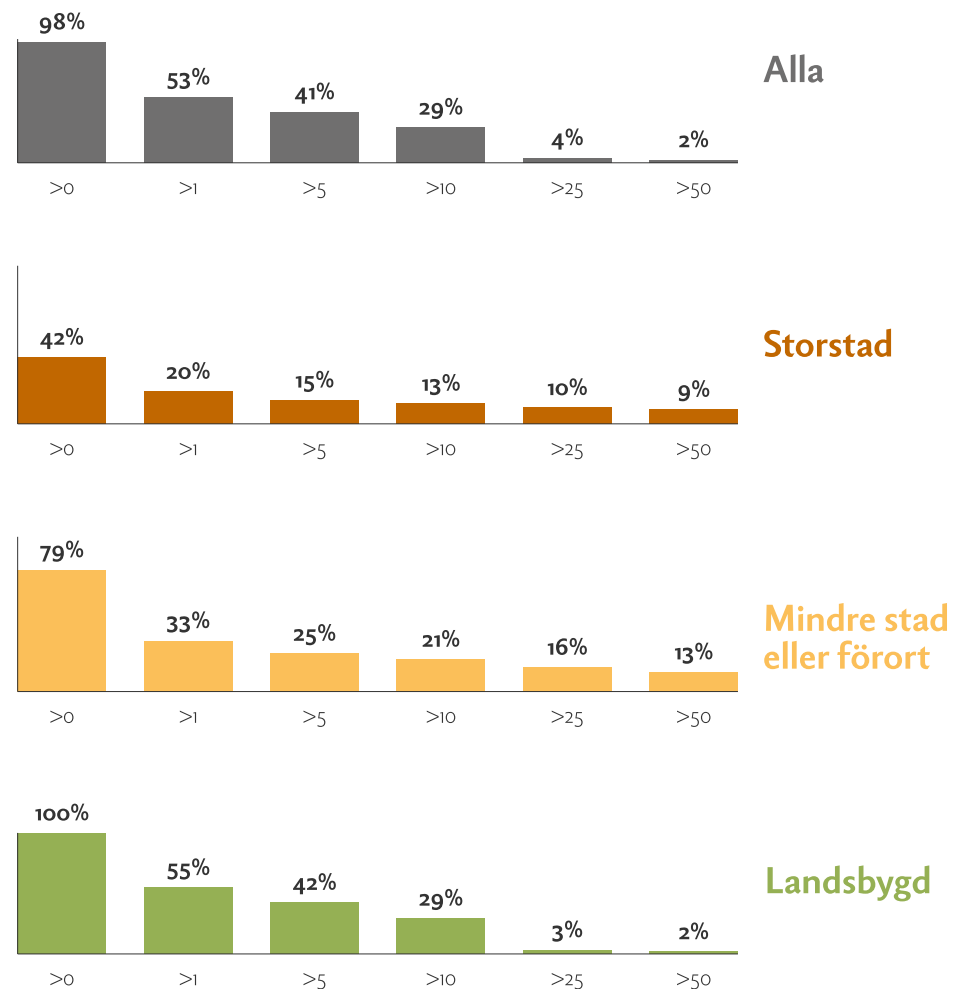
Var uppstår problemen?

Projektet har även analyserat vart olika typer av problem kan tänkas uppstå där resultaten grupperas in i landsbygd, mindre stad/förort och storstad. Figur 8A och 8B visar andel av rutorna med olika antal tidssteg med spänningsfall och överbelastning av transformatorer under ett år för laddstrategin direktladdning.

Från analysen går att konstatera att problem med spänningsfall är vanligast på landsbygden. Spänningsfall gav problem i få tidssteg per år, men det var väldigt många rutor som har minst ett tidssteg med spänningsfall. Dock är det få rutor som har spänningsfall på mer än 10 av 52 000 tidssteg.

Spänningsfall främst ett problem i mindre tätbefolkade områden

Procent av celler inom gruppen vid olika antal tidssteg med för stort spänningsfall



Figur 8A. Andel av rutorna med olika antal tidssteg med spänningsfall under ett år för laddstrategin direktladdning. En 100% elektrifiering av fordonsflottan har antagits. Resultatet är grupperat på Landsbygd, Mindre stad/förort, Storstad och Alla grupper. Energiforskrappport 2023:966.

Var uppstår problemen?

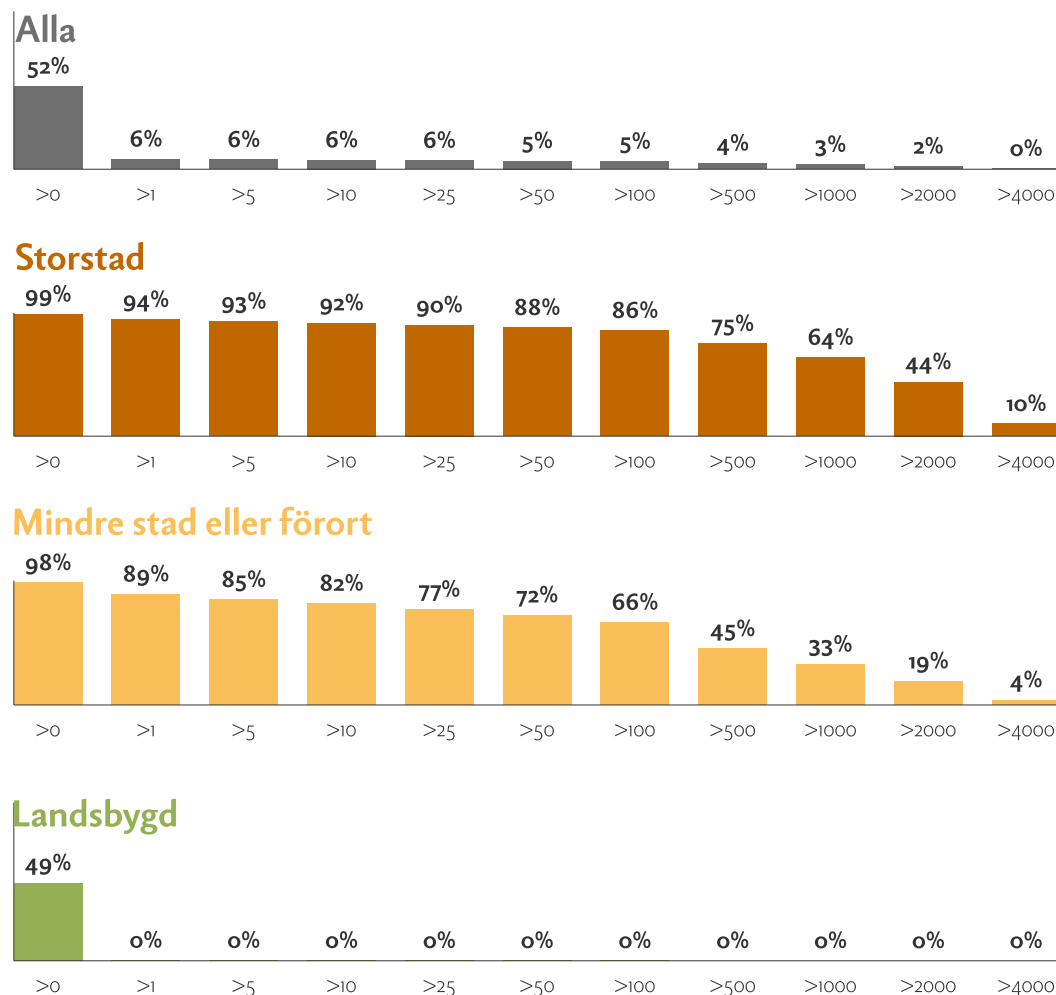
Projektets analyser visar att det i vissa områden kan bli problem i lågspänningsnätet vid en snabb elektrifiering av personbilsflottan – speciellt i mer tätbefolkade områden.

Överbelastning av transformatorerna verkar vara det som orsakar flest problem under året. Modellen visar att en fullskalig elektrifiering av dagens fordonsflotta, med oplanerad eller prisoptimerad laddning, kan leda till problem i 94% utav rutorna någon gång per år i storstäder.

Inga problem relaterat till kabelkapacitet identifierades i någon av grupperna.

Överbelastade transformatorer i tätbefolkade områden är det vanligast förekommande problemet

Procent av celler inom gruppen vid olika antal tidssteg då transformatorn överskrids



Figur 8B. Andel av rutorna med olika antal tidssteg med överbelastad transformator under ett år för laddstrategin direktladdning. En 100% elektrifiering av fordonsflottan har antagits. Resultatet är grupperat på Landsbygd, Mindre stad/förort, Storstad och Alla grupper. Energiforskrapport 2023:966.

Med en planerad laddstrategi finns goda möjligheter

Projektets modellering av elsystemet och elnätet visar sammanfattningsvis att elbilar har potential att:

- Ersätta stationära batterier för att hantera solvariationer och till viss del även vätgaslager om vi antar en batterikapacitet på 60 kWh per elbil.
- Minska behovet av vätgas- och värmelager (speciellt med allt större elbilsbatterier).
- Integrera mer solenergi i elsystemet och elnätet (t.ex. i städer som har problem med överföringskapacitet).
- Bidra till effektreserven genom att avstå laddning när systemet kräver det.
- Minska behovet av ett utbyggt lokalt elnät vid en hög andel elektrifierade persontransporter, om vi antar att elbilsladdningen planeras utifrån när det idag finns tillgänglig kapacitet i elnätet. Projektet har visat att detta är möjligt och ändå tillgodose elbilsägarnas körbehov.

Prisoptimerad laddning ihop med V2G har potential att kraftigt minska behovet av investeringar i energilager

Investeringar i lager till 2045



Figur 5. Årlig elproduktion 2045 för Sverige från investerings- och dispatchmodellen Multinode givet tre olika laddstrategier. Energiforskrapport 2023:966.

Fallstudie visar på potentialen att kapa effekttoppar

Denna fallstudie omfattar Skövdes Energis nätområde och illustrerar hur elbehovet ser ut idag, samt hur kapacitetsbehovet för lokalnätet som helhet bedöms utvecklas över tid fram till 2030 och 2045.

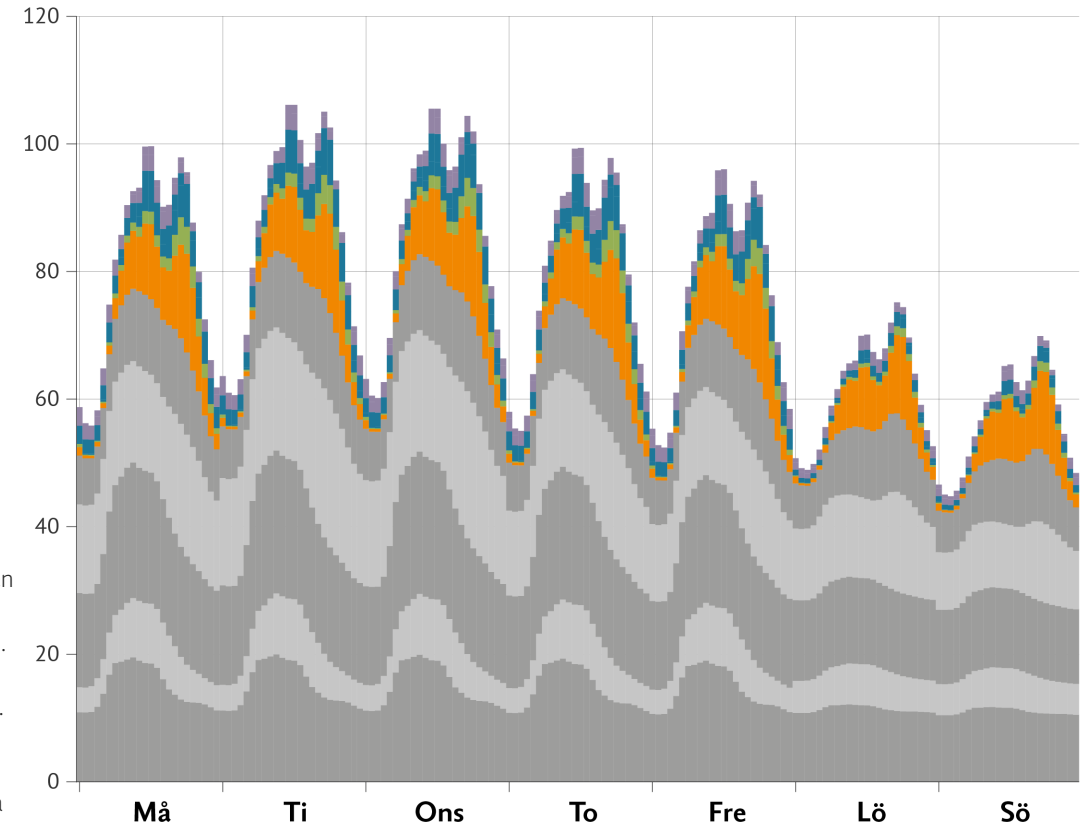
Fallstudien grundar sig på timvis mätdata för samtliga anslutna anläggningar inom Skövde Energi elnäts nätområde, samt information om hur nätstrukturen ser ut. Utifrån detta har det utvecklats ett antal scenarier för utvecklingen av elanvändningen hos dagens kundgrupper och den tillkommande elanvändningen från elfordon. Fokus har varit på att analysera hur toppeffekten påverkas av olika laddbeteenden.

Till 2045 förväntas elbehovet öka till 451 – 698GWh år 2045 beroende på scenario, där elfordon står för 14 – 22% av totalt elbehov. Detta innebär också att dagens toppeffektbehov förväntas öka rejält, särskilt i det långa perspektivet. Högelscenariot pekar på 110MW till 2045 utan en elektrifiering av fordonsflottan och 144MW om en kraftig elektrifiering av fordonsflottan inkluderas utan planerad laddning. Detta kommer att kräva stora investeringar i lokalnätet och mot överliggande nät.

En icke-koordinerad utveckling innebär att dagens toppeffektbehov ökar rejält...

Grundscenariot och oplanerad laddning

- Bussar fjärr
- Bussar lokal
- Tung lastbil fjärr
- Tung lastbil regional
- Lätt lastbil
- Personbilar
- Flerfamiljshus
- Småhus
- Lokaler m.m
- Parti- och detaljhandel
- Industri



Figur 9A. Timvis effekt en höglastvecka modellår 2045, vid basscenariot med oplanerad laddning. Observera att definitionen skiljer sig något från de som modellerats i REGAL. Personbilar: laddas direkt när de parkeras i hemmet. För resterande fordonstyper antas en större andel av den totala laddningen ske med snabbladdare under dagtid. Energiforskrappport 2023:970.

Fallstudie visar på potentialen att kapa effekttoppar

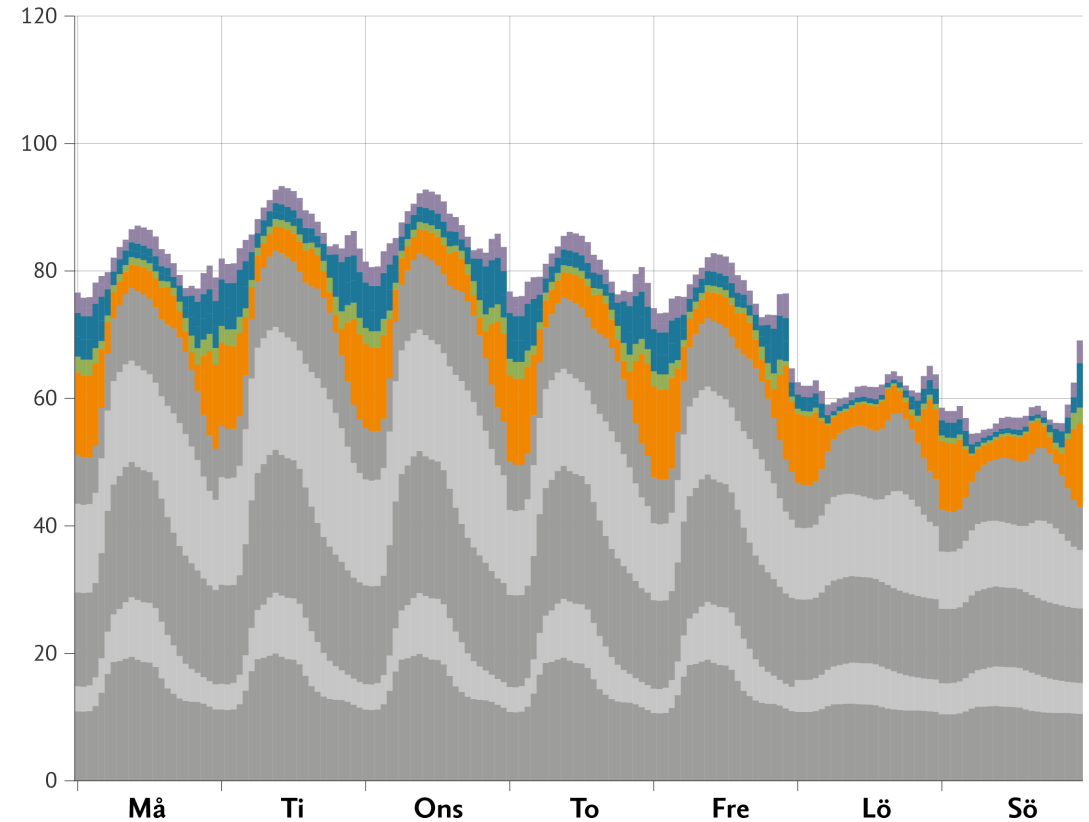
Elfordon bedöms dock ha goda möjligheter att bidra till att jämna ut effektbehovet mellan dag och natt. En laddstrategi som jämnar ut effektbehovet över dygnet kan reducera effektbehovet med ca 19 MW och därmed minska behov av nätinvesteringar betydligt. I Figur 9 illustreras hur effekttoppar kan kapas i Skövdes elnät med hjälp av olika laddstrategier.

Observera att definitionen av dessa strategier skiljer sig något från de som modellerats i REGAL. Figuren visar resultaten för smart laddning, vilket innebär en jämnare fördelning av laddningen under dagtid anpassad efter elbehovskurvan i Skövdes nät.

...men en förflyttning av laddning i tid kan minska behovet av nätförstärkningar signifikant

Justerad planerad laddning

- Bussar fjärr
- Bussar lokal
- Tung lastbil fjärr
- Tung lastbil regional
- Lätt lastbil
- Personbilar
- Flerfamiljshus
- Småhus
- Lokaler m.m
- Parti- och detaljhandel
- Industri



Figur 9B. Timvis effekt en höglastvecka modellår 2045, vid basscenariot med justerad smart laddning, vilket innebär en jämnare fördelning av laddningen under dagtid anpassad efter elbehovskurvan i Skövdes nät. Energiforskrapport 2023:970.

För att nå våra transportmål krävs en parallell och effektivt koordinerad utveckling av flertalet insatser

Även om elektrifieringen av fordonsflottan under de senaste åren har gått relativt fort är vi fortfarande i ett tidigt skede. Marknaden är ännu omogen och det kvarstår många utmaningar som behöver hanteras innan vi ser en betydande andel eldrivna fordon i flottan som helhet. Fokus i projektet är som tidigare nämnts samspelet mellan laddinfrastruktur, elsystem och elnät. Utmaningarna kopplat till en storskalig elektrifiering av fordonsflottan är många och mångfacetterade.

Mycket förenklat handlar utmaningen, utöver tillgång till elfordon med adekvat prestanda, om att det ska finnas

tillräckliga möjligheter att ladda fordonen i den utsträckning som krävs för att uppfylla ett transportbehov. En inte obetydlig aspekt handlar också om att kostnaderna inte blir för höga, för den som ska nyttja fordonet samt för de aktörer som ska säkra infrastrukturen. Utmaningen blir snabbt komplex och lösningar är avhängigt att en mängd skilda aktörer med olika roller och målsättningar går i takt med varandra.

En viktig del av projektet har därför varit att lyfta fram olika aktörers perspektiv på elektrifieringstakten och de utmaningar de står inför. Genom projektets gång har rekommendationer och åtgärdsförslag presenterats för att

frigöra eller utöka nätkapacitet, för att identifiera lönsamma pris- och affärsmodeller för storskalig etablering av publik laddinfrastruktur och för att skapa förhållanden för olika typer av aktörer för att det ska vara möjligt att koordinera en högkomplex utveckling. I projektets slutfas har helheten av dessa rekommendationer grupperats in i fem områden, Resurseffektivitet, Nya laddpunkter, Affärsmodeller, Standardisering och Samverkan, se Figur 10. I detta dokument kan du läsa om ett urval av rekommendationerna kopplat till området Resurseffektivitet, Ny laddpunkt och Affärsmodell och vi hänvisar dig som läser till projektets rapporter för att läsa mer om våra resultat där samtliga 65 åtgärdsförslag redovisas.

Fem områden med rekommendationer för en lyckad elektrifiering

Figur 10. Områden som projektets föreslagna åtgärder delats in i. Energiforskrapport 2023:969.

Resurseffektivitet

- Kunskap & analys
- Delning av laddfra.
- Flexibilitetsåtgärder

Nyladdpunkt

- Långsiktig planering
- Anslutningsprocess
- Nätutbyggnad

Affärsmodell

- Prismodell
- Värdekedja
- Roller
- Laddbeteende

Standardisering

- Dimensionering
- Dataprotokoll
- Kontakttyper
- Appar & betalning

Samverkan

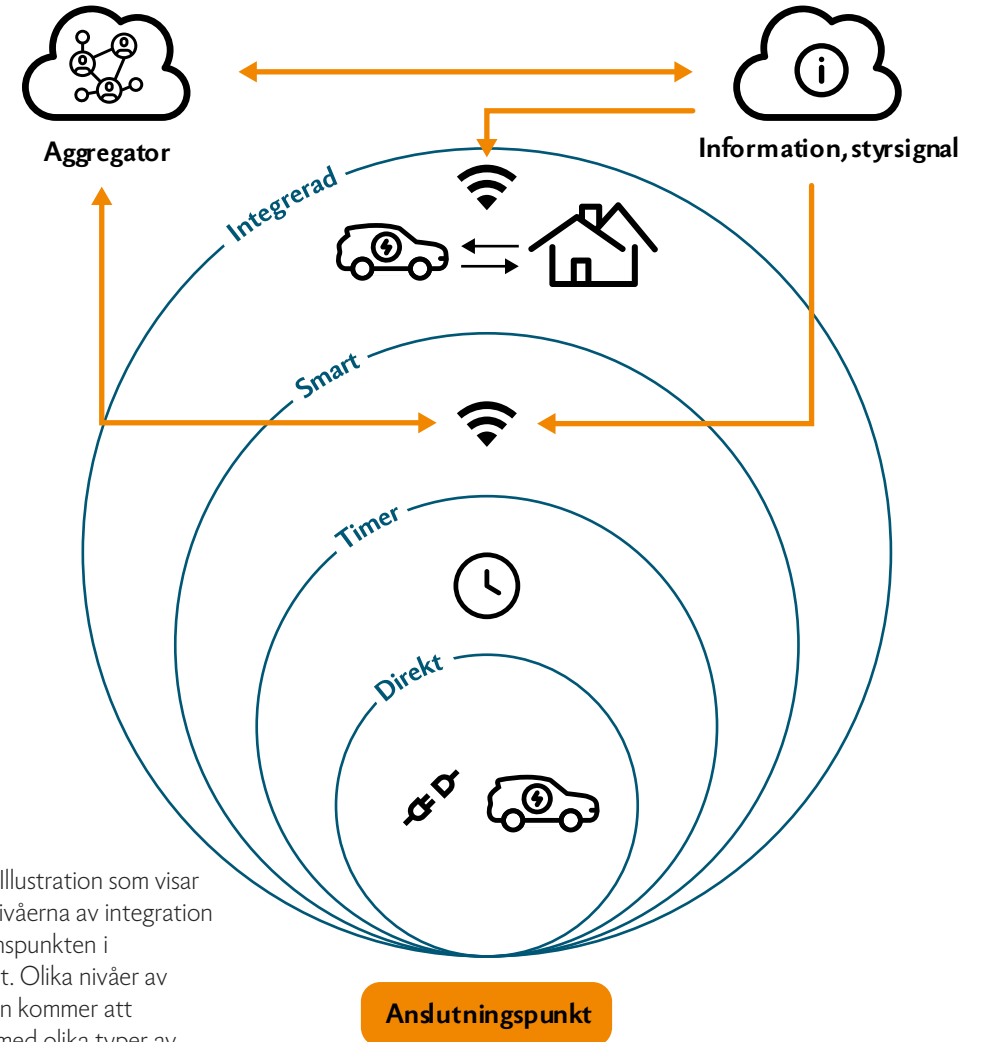
Exempel från område Resurseffektivitet och Ny laddpunkt

Tillgång till nätkapacitet - Integrationsnivån av laddpunkten i elsystemet skapar olika behov av kapacitet, kan bidra med olika förmågor och kräver olika åtgärder

I dagsläget uppger flera nätbolag att de kommer att ha problem att ansluta den planerade mängden laddinfrastruktur till år 2030 på grund av begränsningar i elnätet. Brist på nätkapacitet ses därför som ett av de mest betydande hindren att adressera. I projektets fjärde arbetspaket undersöktes och utvärderades därför olika former av åtgärder med potential att frigöra eller utöka nätkapacitet.

Som illustreras av figuren har olika nivåer av systemintegration - av laddinfrastrukturen i elsystemet - utvärderats baserat på bland annat vilka utmaningar de innebär. Lösningar handlar både om att nyttja befintliga nätresurser mer effektivt samt att tillämpa nya arbetssätt och tekniska lösningar.

Högre nivå av systemintegration kan erbjuda fler nyttor och möjligheter



Figur 12. Illustration som visar de olika nivåerna av integration av laddninspunkten i elsystemet. Olika nivåer av integration kommer att resultera med olika typer av nyttor och utmaningar. Energiforskrapport 2023:967.

Exempel från område Resurseffektivitet och Ny laddpunkt

Tillgång till nätkapacitet - Integrationsnivån av laddpunkten i elsystemet skapar olika behov av kapacitet, kan bidra med olika förmågor och kräver olika åtgärder

I analysen understryks behovet av ökad förmåga - hos elnätbolag, tjänsteleverantörer samt i mjuk och hårdvaror - att hantera och koordinera systemets olika delar. För att läsa om samtliga åtgärdsförslag var god se **Energiforskrappport 2023:967**.

Exempel på åtgärder och lösningar:

- Dagens utformning av intäktsregleringen ger små eller inga incitament för nätbolagen att satsa på alternativ till nätinvesteringar som i många fall kan vara snabbare och billigare att implementera.
- Branschpraxis bör tas fram för hur elnätbolagen ska påvisa att kriterierna är uppfyllda för att nyttja villkorade avtal. Möjligheten finns men branschen uttrycker osäkerhet kring när de får användas.
- Lokala energilager i form av stationära batterier gör det möjligt för aktörer, exempelvis laddoperatörer, att snabbare kunna etablera sin verksamhet om nätkapacitet saknas, eller utöka kapacitet i en befintlig anslutningspunkt, eftersom batteriet kan laddas under låglasttimmar.

Publik laddinfrastruktur en avgörande faktor i behov av riktade åtgärder och sektoröverskridande samarbete

På grund av möjligheten för hemmaladdning är det svårt för publik laddinfrastruktur att konkurrera prismässigt. Detta komplicerar expansionen av den publika laddinfrastrukturen vilket riskerar att sakta ned takten på elektrifieringen av transportsektorn.

En central utmaning är investeringskostnaden och höga räntor förväntas förvärra situationen. Kostnadsbilden har även kommit att påverkas av det höga och instabila elpriset och möjligheten att parera denna del av driftkostnaden. Från ett av projektets arbetspaket presenteras konkreta förslag på åtgärder som kan sänka investeringskostnaderna, men det saknas enkla och snabba lösningar. I stället behövs samarbete för att kapa kostnader på flera håll i värdekedjan. Se Figur 11 för en översikt av värdekedjan och de olika lager och faktorer som ingått i analysen. Utbyggnadstakten begränsas till största delen av totalkostnaden för laddinfrastrukturen och tillgången till effekt som begränsas

av existerande nätkapacitet och svårigheter att förstärka nätet i närtid.

Analysen av pris- och affärsmodeller för publik laddinfrastruktur, framtagen av Handelshögskolan vid Göteborgs universitet, betonar att ekonomiskt värdeskapande endast kan uppnås via kostnadsreduktioner genom skaleffekter, delade investeringar och en ökad kundbas. Ett återkommande tema i intervjuerna, som utförts med aktörer på olika nivåer i värdekedjan, har varit behovet av samspel mellan nätbolag, kommuner, laddoperatörer och laddleverantörer. Erfarenheter som samlats in under arbetets gång belyser goda exempel från kommunala förvaltningar som har arbetat för att åstadkomma lokala förbättringar i tillgängligheten till laddinfrastruktur. Detta har gjorts utan större investeringar, bidrag eller risktagande.

Kostnader behöver kapas på flera nivåer i den publika laddinfrastrukturens värdekedja

	Egenskaper
Elproduktion & lagring 	Produktionsprofil Planerbarhet
Elnät 	Kapacitet Sammanlagrad profil
Laddpunkter  Hus Depå Arbetsplats Destination Snabbladdplats	Antal Placering Tillgänglighet Laddkapacitet
Fordon 	Körmönster Batteristorlek Laddkapacitet V2G Livslängd

Figur 11. Illustration av värdekedjan från elproduktion till fordonsladdning. Energiforskrapport 2023:968.



Ett elsystem för elfordon kräver koordinering på nationell nivå

För att kunna stötta och bidra till utvecklingen av en elektrifierad transportsektor efterfrågar de aktörer som engagerats i projektet koordinering på nationell nivå i form av en elektrifieringsstrategi. I ett sådant uppdrag tas ett helhetsgrepp kring lagstiftning och ramverk där övergripande systemkoordinering får utrymme. Energimyndigheten föreslås bli denna nationella samordnare vilket inte minst inkluderar samverkan med andra myndigheter och branschorganisationer för att skapa en plattform för kunskapsspridning och koordinering. Detta understryks av behovet av parallellt genomförda åtgärder, vilket kräver samverkan och koordinering, för att utvecklingen inte ska hindras eller bli ineffektiv. Rätt förutsättningar måste skapas för att kunna skapa ett integrerat transport- och elsystem vilket kommer inkludera en mängd olika aktörer för att systemet ska fungera resurs- och kostnadseffektivt och att infrastrukturen ska komma på plats.

Figur 13. Den stora mängd aktörer som är involverade i att omställningen blir möjlig och infrastrukturen för elfordonsladdning kommer på plats skapar ett komplext ekosystem av drivkrafter och förutsättningar.
Energiforskrapport 2023:969

Stor mängd aktörer påverkar omställningen



Läs mer om projektets resultat här:
[Ett elsystem för elfordon | \(energiforsk.se\)](https://energiforsk.se)