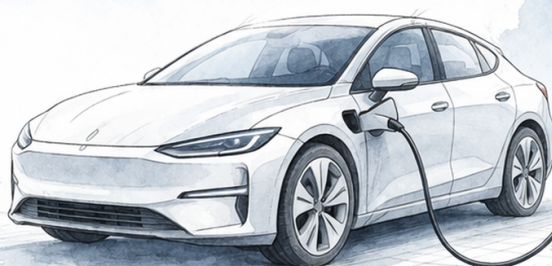




# MOBILITET OCH SYSTEM ELEKTROMOBILITET

ISO 15118-20 • AC vs DC • EU-projekt • Nationella forskningsprojekt  
Internationell utblick • Resiliens • Användarstudier • Regulatoriska aspekter • Kostnader och stödgivning



## Nulägesanalys V2X

Rapportförfattare: Hampus Alfredsson, Jens Hagman

RISE Rapport: 2026:45

ISBN: 978-91-90109-74-8

# Innehåll

<b>Innehåll.....</b>	<b>1</b>
<b>Sammanfattning.....</b>	<b>3</b>
<b>1 Inledning och syfte med rapporten.....</b>	<b>4</b>
1.1 Bakgrund, definitioner och avgränsningar .....	4
1.2 Summering av tidigare syntesrapport.....	6
1.2.1 Forskning och utveckling i Sverige .....	6
1.2.2 Internationella perspektiv .....	7
1.2.3 Identifierade utmaningar .....	7
1.2.4 Behov av fortsatt forskning .....	7
<b>2 Forsknings- och aktörslandskap.....</b>	<b>8</b>
2.1 Uppstartade forskningsprojekt sedan förra rapporten .....	8
2.1.1 Energimyndigheten .....	8
2.1.2 Vinnova/FFI .....	10
2.1.3 SEC.....	11
2.1.4 EU .....	12
2.1.5 Övriga finansiärer .....	14
2.2 Summering av pågående forskning.....	14
2.3 Syntes av intressanta resultat från genomförd forskning .....	15
2.3.1 Nationell forskning.....	15
2.3.2 Internationell/EU forskning .....	17
<b>3 Internationell utblick och samarbeten .....</b>	<b>22</b>
3.1 Den globala utvecklingen av V2X-projekt .....	22
3.2 Utvecklingen i Europa, USA och Kina .....	24
3.2.1 Europa.....	24
3.2.2 USA .....	25
3.2.3 Kina.....	26
3.3 Kommersiella V2X initiativ .....	27
3.3.1 Mobilize Power .....	27
3.3.2 Power Pack Bundle .....	28
3.3.3 Utrecht Energized.....	29
3.3.4 Fordonstillverkarens strategier och samarbeten .....	29
<b>4 Standarder och regulatoriska aspekter .....</b>	<b>31</b>
4.1 EU:s regulatoriska landskap .....	31
4.2 ISO 15118-20.....	34
4.3 Initiativ för interoperabilitet .....	35
4.3.1 IEA:s Task 53 .....	35

4.3.2	Coalition of the Willing on Bidirectional Charging .....	35
4.4	Batterigaranti och virtuell distans.....	36
<b>5</b>	<b>Vägvalet AC vs. DC.....</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>Kunskap om användare.....</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>Kostnader och stödgivning .....</b>	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>Resiliensperspektivet .....</b>	<b>41</b>
<b>9</b>	<b>Slutreflektioner.....</b>	<b>42</b>
<b>10</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>44</b>

# Sammanfattning

Denna rapport gör en nulägesanalys av området V2X (Vehicle-to-Everything) och är framtagen av RISE på uppdrag av Energimyndigheten. I dialog med uppdragsgivaren identifierades ett flertal intressanta frågeställningar inom området som rapporten dyker djupare i. Rapporten ska även ses som en uppdatering av den tidigare syntesrapporten från 2023 på samma ämne, som då togs fram av Power Circle på uppdrag av Energimyndigheten. En huvudsaklig avgränsning i rapporten är att endast de delar inom V2X som rör dubbelriktad laddning (utbyte av el med omgivningen) inkluderas.

**Kapitel 1** introducerar området V2X och dess underliggande applikationer som V2H, V2G och V2B. Vidare ges bakgrund, definitioner och avgränsningar, samt en summering av den tidigare syntesrapporten för att sätta denna rapport i rätt kontext relativt hur statusen för området såg ut 2023.

**Kapitel 2** kartlägger och sammanställer forskningslandskapet såväl nationellt som på EU-nivån för V2X, inklusive vilka de huvudsakliga finansiärerna är, vilka forskningsprojekt som har påbörjats sedan förra rapporten, samt syntetiserar intressanta resultat från avslutad eller pågående forskning.

**Kapitel 3** gör en internationell utblick för att ge en överblick kring utvecklingen på området och hur satsningar skiljer sig mellan olika delar av världen. Vidare beskrivs ett flertal kommersiella V2X-initiativ som nu pågår, och slutligen hur fordonstillverkarnas strategier och samarbeten ser ut.

**Kapitel 4** berör standarder och regulatoriska aspekter av V2X, inklusive kartläggning av vilka regulatoriska instrument på EU-nivå som är relevanta för området, följt av ett närmare fokus på kommunikationsstandarden ISO 15118-20. Vidare diskuteras interoperabilitet, batterigaranti och virtuell distans.

**Kapitel 5** tittar närmare på vägvalet om AC- eller DC-lösningar för dubbelriktad laddning, inklusive för- och nackdelar med respektive.

**Kapitel 6** lyfter perspektivet kring att kunskapen om användare fortfarande är låg och hur det kan påverka utvecklingen av V2X.

**Kapitel 7** handlar om kostnader för V2X-laddare, inklusive en kartläggning av de prisuppgifter som finns i dagsläget. Vidare diskuteras kort kring behov av förändrad stödgivning med fokus på dubbelriktad laddning.

**Kapitel 8** berör resiliensperspektivet av V2X, vilket fokus som frågan får, samt några goda exempel från omvärlden.

# 1 Inledning och syfte med rapporten

Denna rapport är framtagen av RISE på uppdrag av Energimyndigheten i syfte att få en bättre överblick av nuvarande status, utveckling, pågående forskning, resultat från genomförda studier samt goda exempel internationellt på vad som händer inom området V2X. Rapporten bygger vidare på den tidigare syntesrapporten från 2023 som togs fram av Power Circle [1].

## 1.1 Bakgrund, definitioner och avgränsningar

Generellt är V2X (Vehicle-to-X) ett samlingsbegrepp för tekniker som gör det möjligt för fordon att kommunicera och/eller utbyta elenergi med sin omgivning, där X:et står för "Everything". Inom begreppet återfinns exempelvis:

- **V2V – Vehicle-to-Vehicle:** Kommunikation direkt mellan fordon, exempelvis för att skicka varningar om köbildning eller väglag, kan även betyda laddning av en bil från en annan,
- **V2I – Vehicle-to-Infrastructure:** Kommunikation mellan fordon och infrastruktur, som exempelvis trafikljus eller vägs skyltar,
- **V2P – Vehicle-to-Pedestrian:** Kommunikation mellan fordon och fotgängare, exempelvis via mobiltelefoner för att hindra olyckor och informera om potentiella faror,
- **V2L – Vehicle-to-Load:** Fordon levererar el direkt till elektriska apparater eller utrustning, utan koppling till elnät eller fast installation,
- **V2G – Vehicle-to-Grid:** Energiutbyte mellan fordon och elnätet, där fordonets batteri kan fungera som flexibel resurs för balansering av elnätet,
- **V2H – Vehicle-to-Home:** Fordon används som ett energilager i ett enskilt hushåll och samverkar med exempelvis solex och hushållets lastbehov för att styra när el lagras och används (avser normalt inte ö-drift, se nedan),
- **V2B – Vehicle-to-Building:** Fordon levererar el till en byggnad för att exempelvis minska effekttoppar, stödja lokal energihantering eller för reservkraft (avser normalt inte ö-drift, se nedan).

Likt den tidigare syntesrapporten berör denna rapport i huvudsak V2X, vilket är det begreppet som används, för personbilar, samt avgränsas rapporten tekniskt till de begrepp som innefattar utbyte av el. Dessa inkluderar framför allt V2G, V2H och V2B. Begreppet V2L används främst för mindre laster och sker ofta via ett 230 V-uttag i fordonet eller via en adapter kopplat till laddporten.

Att styra elbilsaddning blir allt viktigare i takt med elektrifieringen inom transportsektorn som bidrar till ett ökat behov av effekt. Samtidigt leder en större andel intermittent elproduktion från vind och sol i energisystemet till att det blir än viktigare att kontrollera när effekt används, för att bidra till elsystemets balans och maximera utnyttjandet av förnybar energi. Historiskt har elbilsaddning enbart fungerat som en okontrollerad extra last i elsystemet, som uppstått vid tillfället då användaren väljer att ansluta till en laddare. Över tid har begreppet smart laddning tillkommit, ofta kallat V1G, som innebär att laddningen fortfarande är enkelriktad (från elnät till fordon) men kan kontrolleras i tid och effekt. Med V1G kan laddning fördröjas, anpassas eller

schemaläggas utifrån exempelvis kapacitet i elnätet, elpris, eller tillgång på lokal elproduktion. Inom den europeiska förordningen *Alternative Fuels Infrastructure Regulation* (AFIR) ingår nu mera krav på att publika laddpunkter som byggts efter april 2024, eller som renoverats efter oktober 2024, ska ha funktionalitet för smart laddning [2]. Den del av V2X som hanteras i denna rapport är ytterligare en vidareutveckling som utöver smart laddning även innebär att fordonet kan fungera som energikälla genom urladdning av batteriet, vilket ofta benämns som dubbelriktad eller bidirektionell laddning. Vid V2G sker utbytet mellan fordon och elnätet, medan V2H och V2B avser utbyte med de lokala elsystemen i hushåll respektive byggnader. V2G är således en lösning med potential att hantera nätrelaterade utmaningar genom ökad flexibilitet, samt bidra till ökad resiliens i form av tillgång till reservkraft vid oförutsedda elavbrott via det ”mobila energilager” som elfordonsflottan utgör.

Det är dock viktigt att poängtera att begreppen V2H eller V2B inte automatiskt måste betyda att hushållet eller byggnaden kan opereras i ö-drift (oberoende av elnätet) vid oförutsedda avbrott. Förenklat kan detta delas upp i två nivåer:

- **Nätanslutet V2H/V2B:** Huset eller byggnaden är fortfarande kopplad till elnätet. Elbilar kan bidra med effekt för de lokala lasterna (exempelvis toppeffektutjämning eller elprisoptimering) men måste följa elnätets normer.
- **Reserv- eller ö-drift:** För att köra huset eller byggnaden helt fristående krävs isolering från elnätet och att elbilar/laddare, eventuellt i kombination med stationärt batterilager, fungerar som ett eget nät (”grid-forming”). Då måste en automatisk eller manuell överföringsbrytare försäkra att huset eller byggnaden bara matas från bilarna, och laddare ställer in spänning och frekvens själva. Detta är mer tekniskt komplext och kräver extra utrustning samt kan behöva godkännande från elnätsägaren.

En annan viktig poäng med dubbelriktad laddning, speciellt V2G, är att det i praktiken sällan är så att den individuella elbilsägaren själv bidrar med tjänster till elnätet. De flesta elmarknader, särskilt de som rör stödtjänster och frekvensreglering, ställer krav på minsta budstorlek, responstid, tillgänglighet och mätning. En enskild bil, som typiskt kan leverera 11–22 kW via vanliga AC-laddare i hemmet, är generellt för liten för att självständigt delta på dessa marknader. Därför kommer V2G i praktiken nästan alltid att ske via en *aggregator*. Dessa aktörer samlar flexibilitet från många fordon och agerar som en samordnande aktör gentemot elmarknaden. Ersättningen till bilägaren i sin tur beror på affärsmodellen, exempelvis i form av kapacitetsersättning (att bilen ”finns tillgänglig”), aktiveringsersättning när effekt faktiskt matas ut från bilens batteri, indirekta ersättningar för optimerad laddning eller andra icke-monetära incitament.

## 1.2 Summering av tidigare syntesrapport

För att sätta denna rapport i rätt kontext ges här en sammanfattning av den tidigare syntesrapporten från Power Circle, med fokus på tre huvudområden:

- Vilka frågeställningar och aspekter kring V2X som adresserades,
- Marknadsstatus för V2X vid tidpunkten då rapporten skrevs,
- Identifierade behov av fortsatt forskning och utveckling.

Den nya rapporten tar vid där den tidigare syntesrapporten slutade genom att göra en uppdaterad V2X nulägesanalys för år 2026.

Forskningsläget i syntesrapporten från Power Circle undersöktes genom intervjustudier med personer som arbetade med frågor kopplat till V2X, ett rundabortsamtal och analys av dåvarande befintlig litteratur.

### 1.2.1 Forskning och utveckling i Sverige

Aktuell forskning och utveckling inom V2X i Sverige kartlades, inklusive aktörer, projekt och finansiärer. De primära tematiska forskningsområden som identifierades i rapporten inkluderade teknikutveckling, elbilens roll i elsystemet, användarstudier och beteendefrågor, affärsmodeller, samt lagar, policys och standarder.

Man såg att forskning och utveckling bedrevs både inom akademi, näringsliv och offentlig sektor. Studien pekade på att det var fler som arbetade med frågan inom större bolag och ett mindre antal inom akademien, men att detta ökar i takt med finansiering till nya projekt och samt fler examensarbeten med koppling till området. Större akademiska och institutionella forskningsaktörer som identifierades då inkluderade Chalmers tekniska högskola, Uppsala universitet och RISE. Aktörer inom näringslivet som arbetade med frågan då inkluderade fordonstillverkare, tillverkare av hård- och mjukvara för laddboxar, energi- och elnätsbolag, aggregatorer, fastighetsbolag, samt standardiseringsorganisationer.

Gällande finansiering identifierades Energimyndigheten tillsammans med näringslivsaktörer som den vanligaste källan för att bedriva forskning och utveckling inom området, men det poängterades att det då fortfarande inte hade funnits någon enskild utlysning med fokus på dubbelriktad laddning i Sverige. Större satsningar med relevans för V2X handlade primärt om förberedande arbete snarare än storskalig implementering. Fokus låg på att integrera frågan i forskningsmiljöer, testbäddar och samverkansplattformar (t.ex. SEC, SEEL, SESBC) för att bygga förståelse kring hur dubbelriktad laddning kan komma att påverka elnät, batterier och styrsystem. Mycket handlade om tekniska och systemfrågor, som exempelvis laddningsstrategier, kapacitetsbegränsningar i elnät, kommunikation, datasäkerhet och standardisering. Parallellt bedrevs ett flertal fristående projekt, av vilka majoriteten var relativt nystartade. Finansieringen till dessa kom primärt från Energimyndigheten, men även från SEC, SESBC och Energiforsk. Bland projekten fanns ett varierat fokus mellan teoretiska litteraturstudier och kartläggningar, förberedande av praktiska pilottester, datainsamling, systemanalyser, samt utredning policys och möjliga affärsmodeller.

## 1.2.2 Internationella perspektiv

I den internationella kontexten bedömdes Sverige ligga långt fram i den tekniska utvecklingen, men hade lägre representation inom utrullning av tekniken och fullskaliga demonstrationsprojekt jämfört med länder som Nederländerna, Storbritannien och Danmark. En intressant spaning från rapporten var att utvecklingen av V2X verkar drivits med olika primära syften i olika delar av världen. Exempelvis i Japan har frågan drivits mest ur ett resiliens- och beredskapsperspektiv för att hantera naturkatastrofer och andra händelser som kan leda till elavbrott i nätet. USA fokuserade primärt på reservkraft och autonomi, där biltillverkare använde möjligheterna att driva exempelvis verktyg eller hemmet via V2L eller V2H som ett säljargument, och i den europeiska kontexten gällde frågan främst utmaningar i elnätet och V2G-teknikens förmåga att leverera stödtjänster.

Flera påbörjade satsningar och projekt kopplat till V2X i Europa nämns i rapporten, men som i de flesta fall ännu inte hade producerat några konkreta resultat eller slutsatser.

## 1.2.3 Identifierade utmaningar

Utmaningar som identifierades i rapporten kategoriserades i fyra områden:

<b>Kategori</b>	<b>Exempel på berörda utmaningar</b>
Tekniska	Osäkerhet kring batterislitage, elkvalitet och elsäkerhet. Frågeställningar kring om styrutrustning bör sitta i fordonet eller i laddaren.
Ekonomiska	Utformning av affärsmodeller, prioriterade elmarknader och osäkerheter kring om värdet av V2X-tjänster överstiger kostnader för hårdvara och batterislitage.
Regulatoriska	Behov av EU-reglering, utveckling av standarder för interoperabilitet, cybersäkerhet samt lagstiftning för oberoende aggregatorer.
Sociala	Låg kunskap hos användare, oro för räckvidd och batterislitage, påverkan på frihetskänsla, samt frågor om rättvisa att delta och dra nytta av tekniken.

## 1.2.4 Behov av fortsatt forskning

Flera respondenter i intervjustudien lyfte generellt fram att det behövs mer satsningar på storskaliga pilotprojekt eller kommersiella projekt i stor skala inom näringslivet, för att testa teknik och affärsmodeller i verkligheten. Även behov av en testbädd eller testmiljö för att utvärdera interoperabilitet mellan olika tekniker och standarder lyftes fram.

Power Circle gjorde en genomgång av läget och behov av utveckling kopplat till standarder för V2X. Standarder för kommunikation mellan elbil och laddstolpe,

laddpunkt och styrsystem, laddoperatör och energisystem, samt för roaming-protokoll studerades. Allmänt kunde dåvarande standarder och protokoll användas för smart laddning, men inte fullt ut för dubbelriktad laddning, varför det finns behov av fortsatt arbete med utveckling av dessa.

Mer forskning ansågs behövas för att öka användares och branschens kompetens och kännedom, samt för att skapa bättre förståelse om användarens roll inom V2X. Utredning av olika ägarskapsmodeller, nya mobilitetstrender och teknikens påverkan på V2X var också ett behov.

Vidare nämndes behov att utreda hur aktörssamverkan kan bli bättre, samt att undersöka potential och lämplighet för V2X inom tung trafik och sjöfart som det då helt saknades studier kring.

## 2 Forsknings- och aktörslandskap

I denna del av rapporten kartläggs forsknings- och aktörslandskapet i form av vilka nya forskningsprojekt med relevans för V2X som startats sedan den tidigare syntesrapporten (2023), samt presenteras ett urval av intressanta resultat från avslutade eller pågående projekt. Kartläggningen inkluderar både nationella och EU-projekt.

### 2.1 Uppstartade forskningsprojekt sedan förra rapporten

#### 2.1.1 Energimyndigheten

Forskningsprojekt med relevans för V2X pågår framför allt med finansiering inom Energimyndighetens-programmen *Framtidens elsystem*, *Hållbara transportsystem* samt *FFI Nollutsläpp*. *Framtidens elsystem*-programmet är en av Energimyndighetens huvudsakliga satsningar på forskning och utveckling relaterad till elsystemet. Programmet finansierar forsknings- och innovationsprojekt som belyser utmaningar kopplat till elproduktion, elanvändning och framtidens elnät. Vid utlysningensomgången i juni 2024 för programmet beviljade Energimyndigheten stöd till nio forskningsprojekt, varav majoriteten har en tydlig koppling till V2G-frågan. *Hållbara transportsystem*-programmet ska bidra med ny kunskap och innovativa lösningar som skyndar på omställningen till ett hållbart transportsystem. *FFI Nollutsläpp* syftar till att minska fordonssektorns negativa påverkan på klimat och miljö genom att utveckla och integrera nollutsläppsfordon med dess ladd- och tankinfrastruktur samt användare.

Projektet **”Elbilars potential att bidra med frekvensreglering”** leds av RISE och syftar till att studera och kvantifiera individuella elbilisters praktiska möjligheter och ekonomiska förutsättningar för att upplåta sina batterier till frekvensreglering genom V2G. I projektet analyseras körmönster från 429 bilar representativa för svensk körning uppmätta med GPS under 1–3 månader [3].

Projektet **”Dubbel-Stöd – Arbetsplatsbaserad smart och dubbelriktad elbilsladdning”** som leds av Uppsala universitet, utreder arbetsplatsbaserad kontrollerad elbilsladdning där algoritmer utvecklas och implementeras för smart

elbilsladdning kombinerat med lokal solelproduktion, samt för styrning av V2G och frekvensmarknadsdeltagande. Vidare ska potentialen att delta på stödtjänstmarknader utvärderas för Sverige som helhet för att undersöka marknadspotential samt elnätsnytta[4].

Projektet **"Elkvalitetsaspekter från olika typer av fordonsladdning"** som leds av LTU, studerar hur olika laddningsformer, inklusive V2G och smart laddning, påverkar elkvaliteten i lågspänningsnätet jämfört med vanlig envägsladdning. Även komplettering med energilager ska studeras. Projektet avser att förstå både positiva och negativa konsekvenser för elnätet och ge rekommendationer till nätägare, beslutsfattare, biltillverkare och standardiseringsorgan därefter [5].

Projektet **"I elsystemets tjänst: hur kan elektrifierade transporter stötta vid kris?"** som leds av IVL, undersöker hur elektrifierade transporter med smart och bidirektionell laddning kan fungera som en resurs för elsystemet i kris- och störningssituationer. En fallstudie på Gotland används för att analysera hur elfordon kan användas som resurs i ett avgränsat system, men metoderna som utvecklas ska kunna användas för flera områden i Sverige. Projektet ska också utforma strategier, policyrekommendationer och analyser av eventuella intressekonflikter [6].

Projektet **"Spelet om ägande: att utforska inverkan av laddstationers ägandeform på potentialen för V2G"** leds av Chalmers och utforskar hur olika ägandeformer av laddstationer påverkar potentialen att använda V2G-funktionalitet samt om vissa strukturer är mer gynnsamma för systemnytta, affärsmodeller och användarmässiga incitament. Man ska studera konkurrensdynamiken mellan olika ägande, operativa mål och deras socioekonomiska effekter, vilket ligger till grund för strategisk planering för laddningsinfrastruktur. Verkliga och syntetiska data inom transport- och energisektorn används för att förstå laddstationsmarknaden och laddningsmönster[7].

Projektet **"En kartläggning av potentialer för V2X: Vilka är användarna, var finns de och hur kör de?"** som leds av RISE arbetar med kartläggning av vilka användare som kan bidra med flexibilitet genom V2X/V2G, hur deras användningsmönster ser ut och var i Sverige som potentialen finns. Studien ger ett beteende- och marknadsperspektiv, snarare än ett tekniskt fokus. Mikrodata från SCB och öppna körmonsterdata analyseras för att förstå elbilsägarnas geografiska och demografiska profil. Maskininlärning används för att skapa ägarprofiler och dygnsprofiler för bilars tillgänglighet[8].

Projektet **"Villahushålls drivkrafter och potential att börja bidra till frekvensreglering genom Vehicle-to-Grid"** leds av RISE och genomför användarstudier för att förstå hur elbilsägare i villahushåll kan bidra till frekvensreglering via V2G, inklusive deras drivkrafter och upplevda förutsättningar. Studien kvantifierar, utifrån användarstudierna, sedan potentialen för elnätet och ekonomiska värden, som därefter sätts i ett större sammanhang för att analysera bidragandet till elnätet på lång sikt[9].

Projektet **"Truck2Grid: Assessing V2G applications in freight transport"** leds av VTI och analyserar vilka implikationer tunga transportslag med V2G-kapacitet kan få för elnätet, samt hur "Truck2Grid" laddning kan användas inom transport och logistik för att maximera övriga nyttor [10].

Projektet ”**Storskalig demonstration av V2G hos nätbolag i prisområde SE3**” som leds av Högskolan i Gävle, syftar till att ta fram en marknadsbaserad flexibilitetslösning som ska implementeras och demonstreras för 50 fordon tillhörande 10–12 lokala elnätbolag. Projektet bedrivs i samarbete med Energy Bank, som i Hudiksvall leder Europas första V2G-pilot med Volkswagen-bilar mot slutanvändare[11].

Projektet ”**EV2X – Framtidens Energiresurs**” som leds av Sustainable Innovation, kombinerar teknisk analys, affärsmodeller och experimentella studier i labb med modellering av bilanläggningar för att möjliggöra en bred implementering av V2X. Studien fokuserar särskilt på bilhandlare som testmiljö, för att undersöka hur grupper av elbilar kan fungera som en gemensam resurs när de är inkopplade på samma plats. Policies kring rättigheter och skyldigheter (som ansvar, garantier och försäkringar) vid batterianvändning utreds, och optimeringsmodeller för hur fordonen kan bidra till nätbalansering och elhandel utvecklas [12].

Projektet ”**Elbilsförare i förarsätet – smart laddning ur ett användarperspektiv**” leds av Uppsala universitet och ska utveckla teknik och tariffer för smart och dubbelriktad laddning, inklusive en mobilapplikation. Tester sker både i labbmiljö och vid Uppsala universitets laddstolpar, samt i ett mobilitetshus med smarta laddstolpar, solceller och energilagring. Projektet syftar även till att öka kunskapen om ekonomiskt-, socialpsykologiska samt juridiska faktorer som påverkar elbilförarens benägenhet och möjlighet att engagera sig i smart och dubbelriktad laddning [13].

## 2.1.2 Vinnova/FFI

Forskningsprojekt med relevans för V2X pågår framför allt med finansiering inom FFI-delprogrammen *Transport- och mobilitetslösningar* samt *Accelerera*. *Transport- och mobilitetslösningar*-programmets uppdrag är att bidra till att effektivisera transport- och mobilitetslösningar för att möta samhällets utmaningar inom hållbarhet, tillgänglighet och resiliens. *Accelerera*-programmets uppdrag är att genom breda samarbeten och större systemdemonstrationer bidra till att öka takten i omställningen till hållbara vägtransporter. Notera att projekt inom FFI-delprogrammet *Nollutsläpp* ligger under Energimyndigheten ovan.

Projektet ”**Implementering av Fordon-till-Nät tjänster i Sverige**” som leds av Polestar Performance, fokuserar på införande av en mobilitetstjänst för V2G för bostads- och arbetsplatser i Göteborg, och förväntas bana väg för en vision om fullskalig implementering över hela Sverige. Projektet adresserar de icke-tekniska frågorna relaterade till affärsmodell, infrastruktur, policies och regler parallellt med de tekniska utmaningarna. Därutöver vill projektet etablera nya samverkansformer mellan ledande nationella och lokala elproducenter, transmission och distributörer[14].

Projektet ”**Förstudie V2G vid flygplatser**” som leds av Arlandastad Group, utreder möjliga tillämpningar för dubbelriktad elbilsladdning och syftar till att lägga grunden för ett konkret demonstrationsprojekt med fokus på en god användarupplevelse och en affärsmodell som möjliggör uppskalning. Projektet ska ta fram en projektbeskrivning till ett sådant demonstrationsprojekt[15].

Projektet ”**V2G Taktik – Tjänstutveckling av användarcentrerade V2G tillämpningar ur ett kommunalt bolags perspektiv**” leds av VTI och syftar till

att öka kunskaperna om V2G-tjänsters utformning, utveckla en testmiljö med minst fyra V2G-fordon, samt analysera integration med lokala och nationella elnät. Fokus i utformning av tjänster ligger på affärsmodeller, användarupplevelse och framtida skalbarhet. Projektet planerar använda parkeringsövervakningsbilar i ett av Dukatens parkeringshus i Linköping och koppla upp dem mot bidirektionell laddning[16].

Projektet ”**V2Logistics: Vehicle-to-Grid för godstransporter: Förstudie om affärsmodeller**” som leds av VTI, utvecklar, analyserar och validerar affärsmodeller för smart laddning och V2G inom godstransport. Projektmålet är att visa hur depåbaserade lastbilsflottor kan bli flexibla energiresurser som sänker driftkostnader, skapar nya intäkter och stärker elnätets stabilitet. Ett kunskapsunderlag och en tydlig färdplan för framtida systemdemonstrationer studeras också[17].

### 2.1.3 SEC

Kompetenscentrumet Swedish Electromobility Centre (SEC) finansierar ett flertal projekt och studier kopplade till V2X. SEC i sin tur finansieras av Energimyndigheten ihop med parterna inom centrat från exempelvis fordonsindustri och akademi.

Projektet ”**V2G to manage variations in the electricity system – environmental performance**” leds av Chalmers och undersöker miljöprestandan för V2G med hjälp av livscykelanalys (LCA) och tar hänsyn till hur V2G påverkar elsystemets sammansättning. Genom att analysera scenarier med och utan V2G kartläggs förändringar i CO<sub>2</sub>-utsläpp och resursanvändning, systemgränser för V2G-LCA definieras och en metod utvecklas som inkluderar systemförändringar i framtida elsystem. Resultaten ska stödja utvärdering av miljöprestanda och kostnader för teknik som påverkar elsystemets struktur samt möjliggöra uppskattning av CO<sub>2</sub>-utsläpp för V2G-anslutna bilar[18].

Projektet “**Life-Cycle Assessment on Vehicle to X**” som leds av Chalmers fokuserar på LCA av V2X, med särskilt fokus på dubbelriktad laddning. Syftet är att undersöka olika V2X-lösningar och tillämpningar samt analysera deras miljöpåverkan över livscykeln. Frågor som adresseras inkluderar hur miljöpåverkan ska fördelas när fordonet har flera funktioner, samt osäkerheter kopplade till energieffektivitet och ökad batteridegradering. Målet är att minska kunskapsluckor och bidra till en bättre förståelse av V2X:s miljöeffekter för att möjliggöra mer hållbara lösningar[19].

Projektet ”**How to test V2G technology**” leds av RISE och har som mål att implementera V2G-teknik i labbmiljö, för att testa och utvärdera dess prestanda under olika förhållanden. Simuleringar av verkliga scenarier ska genomföras (laddning, urladdning), effekter på elnätet ska studeras, och projektet ska även utreda mjukvara och styrsystem samt samla in data för analys. Provingar kommer utföras vid elektromobilitetslabbet SEEL (Swedish Electric Transport Laboratory)[20].

## 2.1.4 EU

För att identifiera europeiska satsningar som påbörjats sedan föregående rapport har plattformstjänsten Kaila använts [21]. Den sökningsfras som användes var “*V2G OR Vehicle-to-Grid OR V2H OR Vehicle-to-Home OR bidirectional charging*”. De primära program som finansierat projekt som identifierats via denna sökningsfras inkluderar Interreg, Horizon och Innovation Fund. Nedan följer en kort summering av de mest relevanta projekten inom respektive program.

### 2.1.4.1 Interreg

Projektet “**V4Grid – The Visegrad group for Vehicle to X**” utforskar hur elbilar kan användas som flexibla, mobila batterilager. Pilottester genomförs för att demonstrera potentialen hos de tre teknikerna V2H, V2B, samt V2G. Projektet ska driftsätta 18 V2X-laddare över 15 pilotplatser i olika regioner. Via dessa ska bland annat data samlas in och analyseras, specifika användarfall ska definieras, samt samarbeten ska etableras med hårdvarutillverkare och lokala myndigheter för att identifiera de bästa dubbelriktade laddarna för tester, samt för att skapa stödjande regelverk[22].

Projektet “**SSCH – Super Smart Charging Hubs**” ska etablera fyra testmiljöer (s.k. “Living Labs”) vilka ska hjälpa minst 25 små och medelstora företag att utveckla innovativa lösningar som minskar belastningen på elnätet i takt med att antalet elbilar ökar. Projektet ska stötta genom att undanröja eller anpassa regulatoriska hinder. Ett SSCH består av en kombination av förnybara energikällor, batterier, V2G-aktiverade (delade) elbilar, smart dubbelriktad laddningsinfrastruktur, ett energihanteringssystem för lastbalansering och ett virtuellt kraftverk som löser affärsnyttan genom att aggregera energi inom en portfölj. Fyra Living Labs ska startas i Nederländerna, Belgien, Sverige (Helsingborg) och Danmark, respektive[23].

### 2.1.4.2 Horizon

Projektet “**NOVETROL – Novel current control for climate neutral energy infrastructure**” ska bättre möjliggöra lågspänning likströmssystem (DC) genom utveckling av ny strömbegränsande teknik. Denna teknik erbjuder stor potential för övergången till grön energi, särskilt inom lokal produktion och lagring. Säkerhetsproblem bromsar dock deras införande. En systemdesignmetod kommer att användas för att hitta enhetslayouter som är lämpliga för ett antal valda användningsfall, inklusive batterisystem, solceller, mikronät och dubbelriktad laddutrustning för implementering av V2X-teknik (med fokus på V2G). Potentialen för tekniken utvärderas vidare genom simuleringsmetoder som syftar till standardisering och utveckling av stationära driftstrategier för likströms- och hybridmikronät[24].

Projektet “**ePowerMove – Enabling large e-fleets participation in power systems optimisation through mass deployment of people-friendly, low-cost infrastructure and interoperable vehicles**” ska utveckla ett globalt system för optimering av energianvändning för elfordon. Projektet kombinerar avancerad laddinfrastruktur med intelligent styrning av elnätet för att möjliggöra kostnadseffektiv, långsam, dubbelriktad och interoperabel laddning som är anpassad till användarnas behov och lokala förutsättningar. Genom fokus på social innovation,

prisvärdhet och användaracceptans ska lösningarna förbättra effektiviteten i energiförsörjningen och underlätta integrationen av förnybar energi. Demonstrationer genomförs i Helsingfors, Klagenfurt och Nicosia med olika fokusområden[25].

Projektet ”**PHYBATT – Physical degradation model-based feedback control design for efficient EV battery BMS integration**” syftar till att förbättra säkerheten, effektiviteten och flexibiliteten hos batterilagringssystem genom att utveckla avancerade modeller och styralgoritmer för batterihanteringssystem. Projektet ska utveckla lösningar som möjliggör exakt och tillförlitlig realtidsstyrning av batterier under varierande driftförhållanden, såsom snabbbladdning, effekttoppsutjämning i elnätet och tillhandahållande av stödtjänster. Genom att säkerställa att batterier alltid opererar inom sina säkerhetsgränser och anpassar sig till olika användningslägen skapas bättre teknisk och ekonomisk prestanda. Projektet banar även väg för bredare tillämpningar som V2G[26].

Projektet ”**SmartHEM – Integrating reinforcement learning and predictive control for smart home energy management**” syftar till att utveckla intelligenta energihanteringssystem för framtidens hushåll, och adresserar de utmaningar som uppstår när solceller, värmepumpar och elfordon integreras i hemmet, där variationer i förnybar elproduktion och risk för batteridegradering ställer höga krav på styrning och säkerhet. Genom att kombinera reglerteknik, elkraftteknik och maskininlärning utvecklas avancerade styr- och optimeringsalgoritmer som minimerar hushållets energikostnader samtidigt som batteriers livslängd, driftsäkerhet och användarbehov säkerställs. Projektet bidrar till att möjliggöra tekniker som V2H[27].

Projektet ”**NEVERFLAT - iNnovative EV-charging EnviRonment for Future Low-cost mAss deployment**” syftar till att utveckla och demonstrera en kostnadseffektiv, smart och dubbelriktad laddinfrastruktur för elfordon i verkliga miljöer. Fokus ligger på att förbättra samverkan mellan fordon och elnät, optimera utplacering och drift av laddlösningar samt stärka nätstabilitet och användning av förnybar energi, med stöd av avancerade hård- och mjukvarulösningar. Den integrerade laddlösningen ska valideras genom pilotanläggningar i urbana och landsbygdsområden i Tyskland, Rumänien och Spanien[28].

### 2.1.4.3 Innovation Fund

Projektet ”**EVVE – Environmental Valorization of Virtual Electricity storage**” etablerar under en tioårsperiod ett virtuellt kraftverk bestående av 800 dubbelriktade laddstationer med en sammanlagd effekt på över 8 MW, där elfordonens batterier används som distribuerade energilagrar. Sedan april 2024 hade 243 laddare installerats i Frankrike och Danmark. Genom intelligent fjärrstyrning av laddning och urladdning, baserat på elpris- och koldioxidsignaler, möjliggör EVVE effekttoppsreducering, tillhandahållande av stödtjänster till elnätet och säkerställande av användarnas mobilitetsbehov[29].

Projektet ”**DrossOne V2G Parking**” demonstrerar ett storskaligt, centraliserat system för dubbelriktad laddning (V2G) där parkerade elbilar och ett stationärt energilagrar baserat på second-life-batterier används för att leverera stödtjänster till elnätet. Anläggningen, som installeras vid FCA:s logistikcenter i Turin, omfattar 280 dubbelriktade snabbbladdare och kan leverera upp till cirka 30 MW i tillgänglig effekt. Syftet är att tillhandahålla snabba frekvens- och balanseringstjänster till

transmissionsnätoperatören, med mycket kort responstid, samt att visa teknisk genomförbarhet, affärsmodell och systemlösning för centraliserad V2G i kommersiell skala[30].

### 2.1.5 Övriga finansiärer

Inom Trafikverkets forskning- och innovationssatsning *Triple F* som syftar till att minska godstransporternas koldioxidutsläpp finansieras projektet ”**Analys av dubbelriktad laddning för en flotta av godsfraktande elfordon**”. Projektet leds av RISE och syftar till att öka kunskapen om V2G för tunga elfordon genom att använda matematisk modellering, simulering, optimering och maskininlärning för att undersöka hur flottor av elfordon optimalt kan handla på olika elmarknader. Vidare ska V2G-handels algoritmer testas på en faktisk flotta av nätinkopplade elfordon[31].

Projektet ”**V2G-Quests**” finansieras genom partnerskapet Driving Urban Transitions (DUT), vilket är en europeisk forsknings- och innovationssatsning inom hållbar urban utveckling som medfinansieras av EU:s Horizon Europe ramverk. Projektet ska ta fram praktisk vägledning för integration av V2G-teknik i urbana positiva energidistrikt (PED). Genom tvärvetenskapligt samarbete syftar projektet till att övervinna tekniska, regulatoriska och sociala hinder, främja hållbar urban mobilitet och energisystem som är inkluderande och fördelaktiga för alla samhällsgrupper. Projektet vill öka den tekniska förståelsen för V2G-tillämpningar, men också tillhandahålla policyramverk och affärsmodeller som kan skalas över olika urbana sammanhang. De metoder som utvecklas appliceras på tre utvalda distrikt i projektets pilotstäder som inkluderar Averio (Portugal), Utrecht (Nederländerna) samt Tartu (Estland)[32].

## 2.2 Summering av pågående forskning

Den pågående forskningen kring V2X i Sverige har en tydlig bredd som inkluderar:

- Tekniska studier av V2G och smart laddning för lätta och tunga elfordon,
- Analyser av elsystempåverkan,
- Kartläggningar av användare, körmönster och geografisk potential för V2G,
- Studier av affärsmodeller, ägandeformer och aktörsroller, samt
- Tillämpningar i specifika miljöer och applikationsområden såsom hushåll, arbetsplatser, logistik, flygplatser och i krissituationer (resiliens).

Projekten bedrivs i huvudsak av forskningsinstitut, universitet och högskolor i samverkan med energi-, fordons- och infrastruktur företag samt offentliga aktörer. Energimyndigheten och Vinnova/FFI utgör de främsta finansiärerna, där den förstnämnda i huvudsak adresserar elsystemrelaterade frågeställningar, medan den sistnämnda fokuserar mer på tillämpning, tjänsteutveckling och demonstration.

På EU-nivån kännetecknas den pågående forskningen mer av ett systemperspektiv som innefattar storskaliga demonstrationer och piloter, systemintegration och styrning via utveckling av energihanteringssystem och virtuella kraftverk, regulatoriska och institutionella frågor, med mera. Program såsom Horizon, Interreg, och Innovation Fund möjliggör längre projekt, större budgetar och högre teknisk och geografisk spridning än vad som typiskt är fallet med nationella satsningar. Specifikt startades även samarbetsinitiativet *V2X Cluster* som förenar flera projekt inom Horizon-

programmet för att accelerera utvecklingen av V2X-teknologin samt smart, interoperabel och användarcentrerade laddningslösningar [33]. Initiativet inkluderar flera av de nämnda forskningsprojekten i denna rapport.

## 2.3 Syntes av intressanta resultat från genomförd forskning

### 2.3.1 Nationell forskning

Flera nationella forskningsprojekt har avslutats eller producerat relevanta resultat kopplade till V2G/V2X sedan den tidigare syntesrapporten från Power Circle. I detta avsnitt görs en syntes av identifierade resultat och slutsatser baserat på publika rapporter och vetenskapliga publikationer. Sammanställningen är sannolikt inte heltäckande, men syftar till att ge en översiktlig bild av genomförd forskning och centrala insikter i svensk kontext.

Ett antal projekt har fokuserat på användarperspektivet och hur användare förhåller sig till flexibilitet vid laddning. Inom projektet ”**Dansmästaren**” [34] utvecklades en prototyp till en mobilapplikation för att, med hjälp av fiktiva pengar, testa användares benägenhet att välja flexibel laddning vid publik parkering. Studien omfattade 149 användare som fick välja mellan tre alternativ: Soligt (laddning enbart med lokalt producerad solel), Flexibelt (laddning när det finns god kapacitet i elnätet) eller Snabbt (laddning så snabbt som möjligt oavsett nätkapacitet). Resultaten visar att alternativet Snabbt var det klart mest valda, oavsett tillgång på solel eller kapacitet i elnätet. Projektet drar slutsatsen att användare, givet dagens förutsättningar för publik laddning, i låg grad är villiga att riskera att inte få någon laddning och att förutsägbarhet tenderar att vara viktigare än kostnad.

Frågan om flexibilitetens roll för att hantera kapacitetsutmaningar studerades vidare i projektet ”**Vehicle-Grid Interaction from a policy perspective**” [35], där fallstudier genomfördes för en villa och en bostadsrättsförening. Resultaten visar att kapacitetsbehoven i dessa fall kunde hanteras med smart laddning och effektvakt, utan behov av V2H eller V2G. Samtidigt pekar projektet på att det kan finnas ekonomiska incitament för mer avancerade lösningar, samt att kapacitetsproblem kan uppstå högre upp i nätet om många hushåll i ett område övergår till elbilar och laddar dessa i hemmet. Projektet drar slutsatsen att utvecklingen av V2H- och V2G-lösningar sannolikt inte drivs av slutkundens upplevda behov, utan snarare av nätägare och myndigheter genom incitament och styrmedel.

Projektet ”**Ett elsystem för elfordon**” [36] kombinerade teknisk analys med datainsamling och enkätstudier för att undersöka potentialen för flexibel laddning och V2G. Datainsamlingen omfattade 220 slumpvis utvalda elbilsägare och visade att fordonen i de flesta fall var parkerade i mer än 10 timmar, medan laddningstiden uppgick till cirka 2 timmar. Detta indikerar ett betydande tidsutrymme för flexibilitet och eventuell återmatning till elnätet. Enkätstudien visade vidare att majoriteten av deltagarna var villiga att ladda med lägre effekt, samt att 80 % kunde tänka sig att låna ut 50 % av batteriet eller mer till V2G, under förutsättning att bilen var fulladdad vid nästa resa och att en mindre ekonomisk ersättning per kWh erbjöds. Motstånd mot

lägre laddeffekt återfanns främst bland användare utan tillgång till privat laddare, som ofta var beroende av publik laddning nära bostaden.

Användarperspektivet studerades vidare inom projektet ”**PEPP – Public EV Power Pilots**”, där två användarstudier genomfördes i realistiska pilotmiljöer med parkerade bilar vid Lindholmen och hos Volvo Cars i Göteborg. Resultat från en publicerad studie inom projektet [37] visar att svenska användare tydligt föredrar hemmaladdning och V2H framför publik laddning och V2G. V2G i publika miljöer kopplas främst till ekonomiska incitament, medan V2H i hemmet även förknippas med robusthet och effektivitet i hushållets elanvändning. Studien pekar på ett särskilt intresse bland villaägare för att använda elbilen som en resurs för att optimera hushållets elsystem. Kvantitativa analyser visar att kön, boendeform och elavtal påverkar hur V2G värderas: kvinnor och lägenhetsägare associerar V2G främst med effektivitet snarare än hållbarhet, medan personer med tidsdifferentierade elavtal i högre grad kopplar V2G till hållbarhetsaspekter. Batteridegradering identifieras som ett fortsatt hinder.

En ytterligare publikation inom PEPP [38] analyserade laddstrategier vid publika parkeringsanläggningar baserat på verkliga laddningsdata från Göteborg. Med hjälp av en optimeringsmodell jämfördes direktladdning, genomsnittlig laddning, smart laddning och V2G, med målet att uppfylla fordonens energibehov samtidigt som kostnader och effekttoppar för operatören minimerades. Resultaten visar att direktladdning leder till höga effekttoppar och höga kostnader, vilket innebär en betydande belastning på distributionsnätet. Smart laddning reducerade både effekttoppar och totala laddkostnader med cirka 60 % respektive 35 %. V2G gav begränsade nyttor i studien: utan ekonomiska incitament skedde ingen återmatning till elnätet, och även med incitament var vinsterna små, bland annat på grund av korta uppkopplingstider, förluster i ladd-URLaddningscykeln och operativa begränsningar.

Projektet ”**V2G cost-benefit analysis**” [39] utvärderade kostnadseffektiviteten hos V2G-system jämfört med traditionell envägsladdning (G2V). En handelsalgoritm utvecklades för att optimera deltagande på både spotprismarknaden (DA) och frekvensregleringsmarknader (FCR), med hänsyn till kostnader för batteriåldrande. Analysen omfattade ett nuläge (2025) och ett framtidsscenario (2030) för elområde SE3. Resultaten visar att V2G genererade högre ekonomisk vinst än G2V i samtliga analyserade scenarier. Endast i ett framtidsscenario med kraftigt minskade priser på frekvensregleringsmarknaden blev skillnaden mellan V2G och G2V liten. Projektet pekar på batteridegradering, deltagande på flera marknader samtidigt och utformningen av handelsalgoritmer som viktiga faktorer för utfallet.

I projektet ”**Elbilar till allting – Mobilitet med extra tjänster (V2X-MAS)**” har ett flertal publikationer gjorts. En publikation visade att deltagande i stödtjänstmarknader, särskilt FCR, kan ha god lönsamhet för fordonsägaren. I ett scenario beräknades att deltagande i FCR (FCR-D och FCR-N) under en veckas tid kunde minska kostnaderna för laddning med cirka 10 € [40]. En annan publikation konstaterar att ignorering av batteridegradering i energihanteringssystem (EMS) vid dubbelriktad laddning kan leda till ekonomiska förluster. Forskning utförd vid HSB Living Lab i Göteborg för ett stationärt batteri visade att mikronätets driftskostnad ökade med 1349 SEK per år, och batteriets åldringskostnad steg med över 40% om degradering ignorerades i EMS [41]. En intressant insikt är att ett optimerat deltagande i FCR-D faktiskt kan minska den totala batteriåldringen jämfört med energiärlighet,

eftersom det kan kräva mindre frekventa fullständiga laddnings- och urladdningscykler.

Projektet ”**Implementation Roadmap for Swedish Automotive Vehicle-to-Grid Services in California**” [42] tog fram en färdplan för V2G-implementering, anpassad till den svenska fordonsindustrin och förhållandena i Kalifornien. Färdplanen beskriver flera faser, från inledande teknisk validering och pilotprojekt till storskalig implementering. En central slutsats rör skillnader i hur V2G-initiativ organiseras i Europa jämfört med USA. I Europa förutsätts ofta direkt deltagande på energimarknader, medan V2G i USA, särskilt i Kalifornien, huvudsakligen sker genom nätbolagsdrivna program som regleras av specifika styrmedel och ofta har tydligt avgränsade tidsmål, exempelvis kopplade till minskade CO<sub>2</sub>-utsläpp.

## 2.3.2 Internationell/EU forskning

Även flera internationella forskningsprojekt har avslutats eller producerat relevanta resultat kopplade till V2G/V2X sedan den tidigare V2X-rapporten från Power Circle. I detta avsnitt görs en syntes av identifierade resultat och slutsatser baserat på publika rapporter och vetenskapliga publikationer från ett urval av dessa projekt. Sammanställningen är inte heltäckande, utan representerar vad författarna av denna rapport ansåg vara speciellt intressanta resultat och insikter från projekten. Detta eftersom större EU-projekt typiskt producerar mycket omfattande material.

### **SCALE – Smart Charging ALignment for Europe (2022–2025)**

Projektet SCALE, finansierat inom Horizon-programmet, syftade till att främja smart laddinfrastruktur och underlätta massintroduktion av elfordon. Centrala mål inkluderade utveckling av systemarkitektur för smart laddning och V2X, ett användarcentrerat tillvägagångssätt samt att minska behovet av nätförstärkningar för att korta tiden till marknad. Ambitionen var även att förbereda ekosystemet för smart laddning och V2X genom att säkerställa att alla nyupphandlade laddare är V2X-kompatibla från och med 2025, samt att skapa ett europeiskt momentum som sträcker sig bortom projektets livslängd. Inom ramen för SCALE testades innovativa lösningar i 13 användarfall, med olika fokus, på olika pilotplatser i Frankrike, Tyskland, Ungern, Norge, Sverige och Nederländerna. Dessa strukturerades i fyra olika kluster: hemma, arbetsplats, lätta och tunga fordon, samt publik laddning [43].

Ett framstående exempel är testplatsen i Utrecht (Nederländerna) som utgör världens största 'Living-lab' för V2G-laddning. Ekosystemet består av en bilpool som i januari 2025 omfattade 400 V2G-kapabla bilar och 7 000 V2G-kapabla AC-laddare [44]. Här genomfördes bland annat Proof-of-Concept tester med syfte att nyttja flexibiliteten hos elbilsbatterier för att balansera elsystemet genom deltagande på marknaden för aFRR (automatic Frequency Restoration Reserve). I en av testerna levererade 134 elbilar cirka 700 kW i flexibilitet, vilket påvisar systemets skalbarhet [45]. En annan studie i Nederländerna baserad på verkliga data från 1 731 elektriska skåpbilar simulerade ekonomisk potential för smart- och V2G-laddning. Genom att minimera elkostnader baserat på day-ahead priser visades att V2G kan generera besparingar på mellan 220 och 1 080 € per fordon och år, primärt beroende av elprisvolatilitet och fordonskonfiguration. Studien noterade även att V2G-användningen innebar 20–80

extra fulla battericykler per år, vilket bedömdes ha en måttlig påverkan på batteridegradering [46].

Även i de nordiska piloterna uppvisades intressanta resultat inom projektet. I Göteborg visade scenario-studier att kombinationen av V2G och deltagande i FCR-marknaden levererade de mest signifikanta besparingarna, med kostnadsminskning på 227,5% givet 2022 års marknadspriser, vilket i praktiken innebär att kostnaden vänds till en vinst [47]. I Oslo analyserades ekonomisk potential baserat på verkliga data från 179 laddare och deltagande på flexibilitetsplattformen NODES under januari, 2025. Med enbart smart laddning (V1G) i form av spotpris-optimering och deltagande i lokala flexmarknader observerades ett mervärde på 10–15 € per laddare och månad för anläggningen.

Sammantaget har projektet levererat datadrivna bevis för att intelligent styrning av elbilflottor stärker nätstabilitet och ger nytta för slutanvändare. Analyser av nyckeltal visar på upp till 45% lägre topplaster, nästan 20% besparing på elkostnader, och över 60% minskning av CO<sub>2</sub>-utsläpp jämfört med konventionella fordon [48]. En annan intressant spaning från projektet rör vikten av att harmonisera dataflöden från olika förnybara energiresurser som solceller, batterilagring och elbilar. För att smart laddning, V2G och styrning ska fungera effektivt krävs att data från dessa olika källor samordnas till samma frekvens. Om exempelvis data från solceller uppdateras var tionde minut, medan data från elbilar uppdateras varje sekund, kommer hela systemets responstid att begränsas av den långsammare solcellsdatan, vilket kan leda till en ineffektiv styrning och missade möjligheter [49].

I projektets ”lessons learned” rapport [50] sammanfattas insikter från de 13 olika användarfallen:

- **Flexibilitetspotential:** Avancerad smart laddning kan frigöra betydligt mer flexibilitet i elsystemet än dagens smarta laddningslösningar.
- **Samhällsnytta:** V2X kan bidra till minskade CO<sub>2</sub>-utsläpp och frigöra nätkapacitet för viktiga samhällsfunktioner som sjukhus och skolor.
- **DC vs. AC:** DC-laddning har för närvarande färre tekniska och regulatoriska hinder, men AC-laddning bedöms ha större långsiktig potential då EU:s infrastruktur främst bygger på AC-tekniken.
- **Mogna marknadssegment:** Hemmaladdning och fordonsflottor är ”låg hängande frukter” där kommersiella lösningar redan börjar införas, medan publika miljöer och arbetsplatser är mer utmanande.
- **Affärs-caset:** Påverkas mycket av landspecifika förutsättningar (elmarknadsstruktur, nätavgifter, regelverk, etc.). Elprisvolatilitet har en direkt påverkan och skapar finansiell osäkerhet. Batterikapacitet (per individ eller flotta) och laddningseffekt har direkt påverkan på kostnadsbesparingar. Nyttor och kostnader är ojämnt fördelade mellan aktörer. Icke-monetära vinster spelar en viktig roll i motiveringen av affärs-case.
- **Regulatoriska hinder:** Komplexa nätkoder för dubbelriktad laddning, dubbelbeskattning och inmatningstariffer i vissa länder riskerar att bromsa utvecklingen.
- **Bristande interoperabilitet:** Kommunikation mellan fordon och laddare (ISO 15118-20) för V2X fungerar ännu inte sömlöst för alla.

- **Datatillgång:** Tillgång till högkvalitativa data från flera källor är nödvändigt för att optimera laddningen och stödja nätstabilitet.
- **Låg batteripåverkan:** Korrekt styrd dubbelriktad laddning kan ha en mycket liten påverkan på elbilsbatteriers livslängd, men konsumenternas oro måste hanteras.
- **Behov av uppskalning:** Det behövs fler storskaliga piloter för att nå teknisk mognad och skapa förutsägbara ersättningsmodeller i hela värdekedjan.

### **FLOW – Flexible energy systems Leveraging the Optimal integration of EVs deployment wave (2022–2026)**

Projektet FLOW, finansierat inom Horizon-programmet, syftar till att leverera användarcentrerade, interoperabla lösningar för V2X, förbättra energieffektivitet, samt maximera värdet av flexibilitet för att både minska utsläpp och minska belastningen på elnäten. Projektet inkluderar piloter i Spanien (Menorca), Danmark, Tjeckien, Italien och Irland.

Användarstudier inom projektet visar att det inte finns någon tydlig vilja att betala extra för en elbil med V2G-funktion. Samtidigt uttryckte 93,2 % av deltagarna i enkätstudien att smart laddning är positivt, även om vissa preferenser och krav framkommer när V2G ingår som tillägg. Resultaten indikerar att en ekonomisk kompensation krävs för mer begränsande villkor, i genomsnitt 7,6 € för varje extra dag (inom en 10-dagarsperiod) som bilen behöver vara inkopplad, samt cirka 10 € för varje extra timme per dag som bilen måste vara tillgänglig. Vidare framgår att förare värderar garanterad räckvidd efter avslutad laddningsperiod högre än motsvarande garanti under själva laddningen. Kravet på kompensation minskar med cirka 0,28 € per extra garanterad kilometer under laddningsperioden och med cirka 0,31 € per extra garanterad kilometer efter laddningsperioden. Vidare fann man i enkätsvar att användarnas integritet var ett potentiellt hinder för engagemang, specifikt gällande risken att obehöriga personer får tillgång till personuppgifter. Att ha de mest pålitliga aktörerna involverade var av yttersta vikt för respondenternas vilja att dela personliga data. Projektet tog fram riktlinjer för en användarvänlig kontraktsdesign, användarorienterad tjänst, samt identifierades strategier för att stärka kundernas förtroende [51].

Tekniska analyser av smarta laddstrategier i en projektpublikation visar att över ett år vid ökande nivåer av elfordon och soletproduktion (PV) kan betydande minskningar av nettolastens variation vid transformatorn uppnås, upp till cirka 81 % med V2G. Man ser även att användningen av PV kan öka mellan 4% och 23% i de fallstudier som gjordes med V2G, vilket kan minska utsläppen i elsystemet. För rena elbilar resulterar V2G i en mycket liten ökning av batteridegradering, mellan 0,2 – 0,5% per år, men cirka 3 – 4 gånger högre för plugin-hybrider, varför man avråder från att använda just dessa fordon till V2G [52].

I ekonomiska och affärsmässiga utvärderingar syns att intäkter kan variera från negativa (inga intäkter) till tusentals euro per år, beroende på exakta förutsättningar som vilka elnätstjänster som kan inkluderas, elnätstariffer och dess struktur, laddeffekter och batterikapaciteter. Ändå konstateras att i de allra flesta fall är det en betydande ekonomisk nytta för elbilsägare att flytta laddning till lågpristimmar, och att situationen generellt förbättras ytterligare med dubbelriktad laddning, framför allt

gällande V2H. En fallstudie baserad på data från Irland i projektet påvisar potential att minska elräkningen med 20 – 30% genom V2H. Man påpekar att denna besparing samtidigt måste vägas mot de extra investeringskostnaderna, som för en dubbelriktad laddare kan vara två till tre gånger högre än för en vanlig laddare. I den irländska fallstudien indikerar att investeringskostnader upp till 9000 € kan tolereras för att säkerställa en återbetalningstid på mindre än 10 år [53].

Fler demonstrationer i projektet inkluderar exempelvis en testbädd i Tjeckien (Prag) som demonstrerade AC/DC hybridnät för att möjliggöra skalbar och effektiv lokal energioptimering bakom mätaren [54]. På Menorca (Spanien) fokuserade demonstrationer på att skapa en flexibilitetsmarknad för att hantera säsongstoppar i efterfrågan orsakade av turism, vilket visar att smart laddning kan minska behovet av nätförstärkningar på öar [55].

### **EV4EU – Electric Vehicles Management for carbon neutrality in EU (2022-2026)**

Projektet EV4EU, finansierat inom Horizon-programmet, syftar till att utforma och implementera strategier för V2X som underlättar en massadoption av elbilar. Projektet ska utveckla flera verktyg, metoder, tjänster, teknologier och lösningar som tar hänsyn till påverkan på fordonet (batterier), användarnas behov, miljö, kraftsystem, intressenternas affärsmodeller och städernas omvandling. Demonstrationsmiljöer etableras i Danmark, Grekland, Portugal och Slovenien, och projektet involverar 12 olika användarfall.

I en preliminär rapport utforskar projektet användares behov och oro kring V2X [56]. Litteraturstudier har kombinerats med expertintervjuer, kvantitativa enkäter, fältforskning, etcetera. Man konstaterar att det finns tre huvudämnen som dyker upp i majoriteten av konversationer, inklusive (i) vilken inverkan V2X kommer ha på batteridegradering, (ii) om man kommer att få ekonomiska fördelar för att dela energi som man redan betalt för, samt (iii) om man kan ha någon grad av kontroll över systemet för att säkerställa att personliga mobilitetsbehov inte äventyras. Just batteridegradering är återkommande den största oron för människor, men projektets insamlade data pekar på att huvudorsaken inte verkar vara själva degraderingen i sig, utan snarare uppfattningen om att nya batterier är dyra och kostar ”nästan lika mycket som en ny bil”. Som följd förväntar man sig kompensation för att tillåta ett system som leder till att ett nytt batteri behöver köpas tidigare än planerat. En intressant siffra som hänvisas till i en annan projektrapport [57] kommer ifrån ett tidigare samarbetsprojekt [58] där återkoppling från deltagande kunder i V2G-tester visade att oroligheter kring batterihälsa minskade signifikant från 61% i början av testerna till 24% i slutet. Gällande ersättning visar EV4EU-undersökningarna att människor är ganska delade när det kommer till huruvida man vill ha direkt ersättning för energi som delas, eller rabatterade priser på el som laddas, båda verkar vara acceptabla. Slutligen verkar kontroll vara mycket viktigt, över exempelvis att ha tillräcklig med batterikapacitet för de dagliga behoven genom att kunna sätta begränsningar för V2X-användningen, eller att vid speciella tillfällen kunna avbryta för att prioritera laddning inför en längre resa. Det finns även en förväntan att energi som tagits ur bilens batteri kommuniceras, via en notifikation, eller att det inkluderas i den månatliga elräkningen.

En annan leverabel från projektet är utveckling av en ”co-simulation plattform” på stadsnivå, som ska stödja beslutsfattare som kommuner, elnätsföretag och privata

investerare i planeringen av framtida V2X-infrastruktur [59] genom att integrera simuleringar av stadstrafik, distributionsnät och användarbeteenden. Plattformen ska stötta med att identifiera optimala placeringar för laddstationer, identifiera svaga punkter i elnätet där uppgraderingar krävs för att hantera fler elbilar, tillhandahålla ungefärliga kostnader för nya laddstationer, optimera trafikflöden och minska riskerna för överbelastning i elnätet genom att förstå elbilsanvändarnas energibehov.

Ett webbaserat system med öppen källkod [60], kallat Open V2X Management Platform (O-V2X-MP) har utvecklats inom projektet, vilket ska underlätta hanteringen av laddstationer för elfordon med målet att förverkliga V2X-scenarier. Laddoperatörer kan använda plattformen för att underhålla ett nätverk av laddare, köra diagnostik, extrahera insikter från inspelade laddsessioner, och tillämpa V2G-tjänster som flexibla kapacitetsavtal, med mera. Elbilsförare kan använda plattformen för att upptäcka och navigera till mest lämpliga laddare, ta del av sin laddningshistorik via intuitiva diagram och välja preferenser [61].

### **Study on the assessment of use cases and business models for smart and bidirectional recharging in the context of energy system integration**

Under 2025 gav EU-kommissionens generaldirektorat för energi (DG ENER) i uppdrag att genomföra projektet detta projekt, lett av Ramboll. Studien syftar till att identifiera och analysera tillgängliga användningsfall och affärsmodeller för smart och dubbelriktad laddning inom EU, för såväl privata som publikt tillgängliga laddpunkter. Arbetet omfattade även en kartläggning av goda exempel inom EU och internationellt, en analys av regulatoriska hinder i medlemsstaterna samt framtagande av rekommendationer till EU-kommissionen och medlemsstaterna för att möjliggöra en bredare implementering [62]. I december 2025 anordnades en workshop för medlemsstater där projektet presenterade preliminära resultat, inklusive om legala och regulatoriska ramverk för utvalda medlemsländer, barriärer, bästa praxis och rekommendationer, samt internationella exempel.

Bristande dataoperabilitet, dubbeltaxering på lagrad el, samt långsam utbyggnation av laddinfrastruktur och smarta mätare sågs som barrärer i den legala analysen. Här finns flera goda exempel som exempelvis att Danmarks och Rumäniens legala ramar säkerställer fordonsägare och -användare rätten att få tillgång till data på icke-diskriminerande grund och utan extra kostnad. Rumänien och Tyskland har antagit ett ramverk för att säkerställa att aktiva kunder som lagrar el i ett batteri eller elbil för senare användning inte belastas med dubbla avgifter för nätverkskomponenterna som gäller för energiförbrukningen. I Frankrike och Danmark finns en särskild plattform som samlar in data från distributionsnätsföretag och tillhandahåller information om nätkapacitet. Danmark, Italien, Frankrike och Nederländerna har uppnått hög penetrationsgrad för smarta mätare.

Övriga potentiella barriärer som identifierats inkluderar fragmenterade elnätskoder, ofullständiga standarder (ISO 15118-20, OCPP), bristande tillgång och dyrare V2X-hårdvara, garantier för batterier, komplex koordinering och otydlig värdefördelning mellan aktörer, höga inträdesbarriärer till marknaden, proprietära databehandlingsmetoder, svag interoperabilitet, med mera. Goda exempel och praxis här inkluderar exempelvis Nederländerna som sänkt lägstanivån för bud på balansmarknader, samt har infört regulatoriska sandlådor för testning av dynamiska tariffer och mätregler för dubbelriktad laddning. Storbritanniens *Smart Charge Points*

*Regulation* kräver smart funktionalitet hos alla nya privata laddningspunkter för att balansera nätefterfrågan genom att uppmuntra laddning utanför rusningstrafik. Task 53 (IEA) testar interoperabilitet för smartladdning-standarder, AFIR + EU Data Act kräver öppen access till data för elbilsaddare, med flera.

Andra goda exempel på bästa praxis internationellt inkluderar Kalifornien i USA där ramverk som NEVI (National Electric Vehicle Infrastructure) och VGI (Vehicle-Grid Integration Program) knyter bidrag till strikta KPI:er som upptid, öppen åtkomst och interoperabilitet. I Japan har V2H/V2L byggnation kopplats till katastrofberedskap och publik nytta, där energibolag och fordonstillverkare samarbetar i projekt om mikronät och resiliens. I Australien finns standarder för nätinteroperabilitet (CSIP-AUS, AS 4777.2) och en nationell färdplan har skapats för att säkerställa så laddare kommunicerar med elnätet och stödjer export.

## 3 Internationell utblick och samarbeten

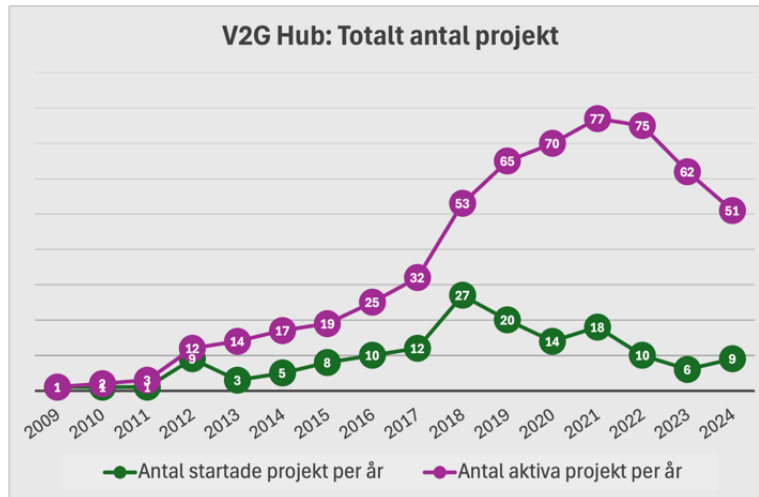
V2X är ett forsknings- och utvecklingsområde under snabb utveckling internationellt. Likt utvecklingen av laddbara fordon generellt sker mest aktivitet i Europa, Kina och USA, men V2X initiativ har startats även i länder som Japan och Sydkorea. Respektive marknad har sina unika karakteristik och förutsättningar, vilket speglar de projekt och initiativ som genomförts. Under senare år har V2X tekniken närmast sig kommersiella applikationer, med exempel från främst Europa men även från USA. Det pågår idag ett antal projekt eller initiativ internationellt som bedrivs utan betydande stöd från forskningsfinansiering. Det bör dock noteras att dessa projekt inte nödvändigtvis är vinstgenererade, men att uppsättningen av aktörer och erbjudande till marknaden är mer kommersiellt betingande än traditionella pilotprojekt. Att V2X närmar sig kommersiella applikationer behöver dock inte betyda att det inte saknas kunskap och att det föreligger behov till forskning. Det pågår ett stort antal forskningsprojekt runt om i världen som adresserar kunskapsluckor inom exempelvis teknik, affärsmodeller, regelverk och användaracceptans.

Detta kapitel är uppdelat i tre delar. Del ett ger en översiktlig bild av den globala utvecklingen i form av antal projekt och dess inriktning. Del två beskriver mer specifikt utvecklingen i Europa, USA och Kina. Del tre gör en mer djupgående analys av ett urval mer kommersiellt fokuserade initiativ i Europa.

### 3.1 Den globala utvecklingen av V2X-projekt

Det pågår ett stort antal projekt inom V2X runt om i världen. En av de bästa resurserna för att överblicka utvecklingen är hemsidan ”V2G Hub” [63] som arbetar med att sammanställa V2X-projekt globalt. V2G Hub ger inte dock en heltäckande bild. Exempelvis finns endast fem projekt identifierat i Sverige, och felmarginaler får anses troliga även för andra länder. Trots uppenbara brister utgör V2G Hub den mest omfattande resursen för att kartlägga projekt inom V2X globalt. I januari 2026 fanns det totalt 157 V2X projekt registrerade i V2G Hubs databas. Av dessa 157 projekt är 106 geografiskt placerade i Europa, 24 i USA, 3 i Kina, 7 i Japan och 9 i Sydkorea.

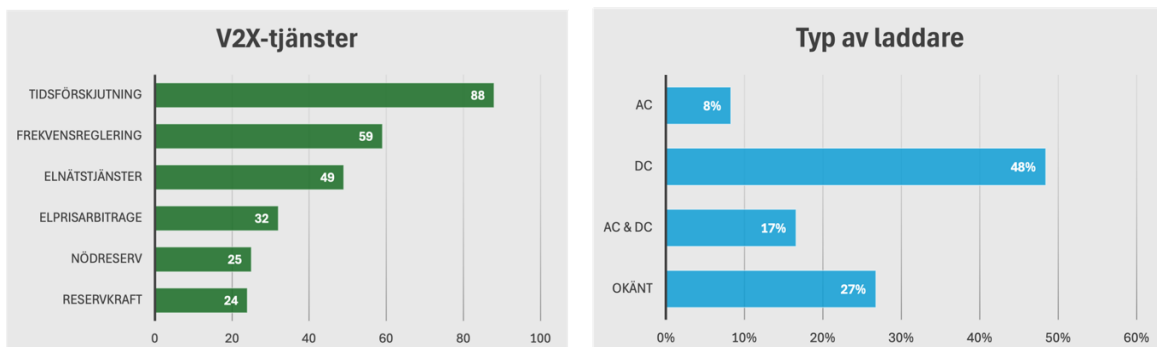
V2G Hub presenterar förutom geografisk placering även ett antal mer detaljerade data från listade projekt, exempelvis projektens start- och slutår. Figur 1 nedan visar en visualisering av dessa data, dels totalt antal aktiva projekt per år, dels hur många nya projekt som startats respektive år.



Figur 1: Aktiva och startade V2X-projekt per år. Källa: V2G hub.

Figur 1 visar att det startades flest projekt år 2018 och att antalet aktiva projekt toppade under år 2021. Som tidigare nämnts är dock troligen felmarginalen relativt hög hos V2G Hub. Den tydliga nedgången i grafen kan därför inte tolkas som att intresset för V2X har minskat globalt. Exempelvis annonserade Kina i början av 2025 att 30 pilotprojekt ska startas i landet under året [64], vilka inte inkluderade i V2G Hubs dataset.

V2G Hub visar, förutom plats och tid, även de V2X-tjänster som de olika projekten adresserar (samma projekt kan adressera flera tjänster), se Figur 2. Datasetet är inte komplett då cirka en tredjedel av projektet inte har uppgett adresserade tjänster. Av de 116 projekt som uppgett tjänster är skifte av energi i tid den vanligaste tjänsten, följt av frekvensbalansering, elnätstjänster, elprisarbitrage, nödreserv och reservkraft. Ytterligare statistik av intresse från V2G Hub är teknikvalen i projekten, se Figur 2. Majoriteten av projekten använder endast DC (likström) för dubbelriktad laddning. Få projekt fokuserar enbart på AC (växelström), men något fler projekt inkluderar båda teknikerna.



Figur 2: Antal projekt som adresserar respektive V2X-tjänst (t.v.) samt andel av projekt som fokuserar på respektive laddtyp (t.h.).

## 3.2 Utvecklingen i Europa, USA och Kina

Europa, USA och Kina är de största marknaderna för laddbara bilar. Dessa länder stod för cirka 92 procent av försäljningen av laddbara bilar under 2024 [65]. En stor försäljning och tillgänglig flotta av laddbara fordon är troligen en stark motivator till att även bedriva forskning och utveckling inom V2X. Dock är det inte de enda förklarande variablerna. Fordonen utgör resursen, men det måste även finnas ett behov av tjänster för att kunna motivera ett kommersiellt eller samhällsekonomiskt behov av V2X. Behovet av tjänster är starkt påverkat av den nationella eller lokala kontexten, vilket också kan förklara de olika typer av projekt som har startats i respektive region. I denna sektion av rapporten ges en övergripande bild av utveckling i respektive region eller land, med fokus på ett urval av ett antal representativa projekt.

### 3.2.1 Europa

Europa är den region i världen med flest startade och aktiva V2X projekt enligt V2G Hub. En stor andel av projektet har initierats i Storbritannien, Nederländerna och Frankrike.

#### 3.2.1.1 Storbritannien

I fallet Storbritannien är en trolig delförklaring till det stora antalet projekt att de tidigt anslog statliga medel till V2X-projekt. År 2017 fick tre projekt dela på 20 miljoner pund [66], följt av 30 miljoner pund till totalt 21 V2X-projekt år 2018 [67]. Dessa tidiga piloter använde i regel CHAdeMO, en japansk laddningsteknologi och standard för DC-laddning [68]. År 2022 lanserade den brittiska staten ett innovationsprogram för V2X. Den första fasen hade en budget på över 3,2 miljoner pund och finansierade totalt 17 projekt [69]. Projekten var inriktade på hårdvara, mjukvara och affärsmodeller. I fas två som stängdes år 2023 ökade finansieringen och mer resurser allokerades till varje projekt. Totalt fick sex projekt dela på upp till 9,4 miljoner pund [70]. Projekten fokuserade bland annat på V2X för tunga fordon, på arbetsplatser, flottor samt trådlös V2X.

Förutom de statligt finansierade forsknings- och innovationsprojekten har två kommersiellt initierade V2X-piloter lanserats i Storbritannien. I ett projekt lett av transportoperatören Veolia tillsammans med flera teknikleverantörer, testades V2X med två kompatibla avfallslastbilar i London. Tester från tidigt 2024 demonstrerade potential att urladda till en totaleffekt av 110 kW (55 kW per fordon). Veolia hävdar att testet är ett steg på vägen mot att en total elektrifiering av sin flotta till år 2040 [71].

Det andra exemplet är initierat av energi- och teknikföretaget Octopus Energy. Octopus Energy är ett av Storbritanniens ledande energiföretag som har erfarenheter från V2X-projekt sedan år 2018 då deras PowerLoop projekt finansierades genom offentliga medel [72]. Det senaste projektet som genomförts tillsammans med den kinesiska biltillverkaren BYD marknadsförs som Storbritanniens första "V2G bundle", där bil, laddare och smart energitariff leasas som ett paket [73]. Mer detaljer om detta kommersiella initiativ beskrivs i avsnitt 3.3 *Kommersiella V2X initiativ*.

### 3.2.1.2 Nederländerna

Nederländerna har varit en pionjär inom V2X, där de första initiativen startade för över 10 år sedan. Många av projekten har varit centrerade i staden Utrecht, med företaget We Drive Solar och dess grundare Robin Berg som tongivande aktörer. Ett antal tester har genomförts genom åren, bland annat med bilar från Hyundai och Renault [74]. År 2025 togs nästa steg i Utrechts V2X-resa. We Drive Solar lanserade tillsammans med Renault Group, MyWheels och Utrecht stad ett kommersiellt V2X-initiativ. Initialt implementerades 50 elbilar av modellen Renault 5 E-Tech, samt 50 dubbelriktade laddare (AC) till MyWheels flotta av delade elbilar. Målsättningen är att skala upp till 500 elbilar inom en snar framtid [75]. Mot slutet av år 2025 expanderade konceptet till den nederländska staden Eindhoven [76]. Mer detaljer om detta kommersiella initiativ beskrivs i avsnitt 3.3 *Kommersiella V2X initiativ* nedan.

### 3.2.1.3 Frankrike

Det har bedrivits demonstrationsprojekt i Frankrike sedan slutet av 2010-talet. En ledande aktör är Renault Group, som har deltagit i flera av demonstrationsprojekteten. De första projekten genomfördes med modellen Zoe och i nutid är det främst modellen Renault 5 E-Tech som används i projekten. En möjlig fördel i Frankrike jämfört med exempelvis Tyskland som har lyfts av V2X-företaget The Mobility House är det centraliserade elsystemet [77]. Det statliga bolaget Enedis tillhandhåller distributionsnätet för cirka 95 procent av Frankrikes yta [78]. Enedis har varit en aktiv part i flera forsknings- och innovationsprojekt inom V2X-området, exempelvis aVEnir projektet som startade år 2019 och testade smart laddning och V2X [79].

År 2024 lanserades ett av världens första kommersiella V2X-initiativ till privatpersoner i Frankrike. Initiativet är resultatet av ett samarbete mellan det tyska företaget The Mobility House, Renaults dotterbolag Mobilize och Renault. Mer detaljer om detta kommersiella initiativ beskrivs i avsnitt 3.3 *Kommersiella V2X initiativ*.

## 3.2.2 USA

USA var en av de tidiga pionjärerna inom V2X-forskning och teknikutveckling. Redan år 2001 genomfördes det första experimentet av dubbelriktad laddning i Kalifornien, vilket myntade begreppet V2G. Under 2010-talet skiftade forsknings- och utvecklingsfokus från elnätet till det enskilda hemmet och byggnader. Exempelvis genomfördes tester av företaget Fermata Energy [80].

I modern tid har två spår för V2X utvecklats i USA. V2X som reservkraft till hushåll, respektive V2X-tjänster från elektriska skolbussar. År 2022 lanserade Ford Motor Company modellen F-150 Lightning, en batterielektrisk pickup utrustad för att klara av dubbelriktad laddning. Den första dubbelriktade applikationen var möjligheten till reservkraft (V2H) vid händelse av strömavbrott. Funktionaliteten kom som standard i Ford F-150 Lightning, men krävde i många fall kostsamma uppgraderingar i laddare och husets elinstallation [81].

Ford F-150 tillsammans med batterielektriska bilar från GM har använts i utvecklingsprojekt hos elföretaget PG&E. Syftet med projekten är att öka kunskapen om V2X som reservkraft i ö-drift samt testa andra funktionaliteter som exempelvis dynamiska priser och export utanför elmätaren [82]. De två första faserna i PG&E:s

V2X-projekt skulle vara genomförda under år 2024 men på grund av förseningar sker genomförande under 2025 och 2026. Den tredje fasen i projekten, vilket inkluderar analys och utvärdering, beräknas starta under år 2026.

Ett amerikanskt fenomen som har visat sig vara en tidig applikation för V2X är elektriska skolbussar. Enligt de senast uppdaterade data från maj 2025 fanns det vid tidpunkten 26 elbolag i 19 delstater som hade infört program för V2X för skolbussar. Skolbussar i USA har ett trafikarbete som möjliggör hög tillförlitlighet i inkopplad tid under dagtid, natt och under skoledigheter [83]. Fördelar som har lyfts är att dessa elbussar kan agera både som reservkraft vid strömavbrott och hjälpa till att minska elkostnader vid normala driftförhållanden.

Efter diskussioner med Steve Letendre, grundare av nyhetsbrevet ”V2G News” och med över 20 års erfarenhet av V2G från forskning och kommersiell utveckling bekräftas att det nuvarande fokuset i USA är på främst reservkraftsmöjligheterna av V2X och elektriska skolbussar.

Anledningarna är flera. En möjlig orsak är att USA till skillnad från Europa generellt har lägre andel konsumenter med dynamiska elkontrakt. På engelska ofta benämnt som Time of Use (ToU) avtal. En annan skillnad är en generell avsaknad av effektbegränsningar i amerikanska hushåll. I exempelvis Sverige betalar elkunden en anslutningsavgift och en fast avgift för en viss ansluten maxeffekt (exempelvis 16A eller 20A). I USA finns en fast avgiftskomponent, men den är i regel inte baserad på det maximalt möjliga effektuttaget. I stället är begränsningen för hushållskunder baserat på den installerade kapaciteten hos deras elcentral, vilken ofta överstiger 100A. För kommersiella kunder finns det dock kontraktsmässiga begränsningar i effekt. En ytterligare skillnad är att det idag med några få undantag saknas öppna marknader för frekvensbalansering i USA. De ekonomiska incitamenten och därmed potentialen för hushållen att nyttja V2X kan därför tolkas vara mindre i USA jämfört med Europa. Å andra sidan lider vissa lokala och regionala elnät i USA av kapacitetsbrist och tillförlitlighetsproblem, vilket öppnar upp en efterfrågan för produkter som kan operera i ö-drift, som exempelvis en bil med dubbelriktad funktionalitet. Framstegen för V2X i skolbussar kan delvis förklaras av deras specialiserade arbetsuppgifter, vilket medger långa inkopplingstider. Dessutom har federala och delstatliga styrmedel bistått i förbättrad ekonomi för dessa program. Intresset har också varit stort hos kommersiella aktörer. Idag erbjuds kommersiella V2X-produkter både från tillverkarna av skolbussarna och från tillverkarna av laddutrustning.

### 3.2.3 Kina

Kina är den ledande nationen i världen rörande försäljning av laddbara fordon. Kina har även varit en teknikpionjär inom elektromobilitet med storskalig kommersialisering av bland annat batteribyten och ultrasnabbladdning. Det är dock först under senare år som Kina har etablerat nationella planer för V2X. År 2024 publicerade ett antal kinesiska myndigheter rekommendationer för hur laddbara fordon genom dubbelriktad laddning ska kunna integreras på bästa sätt i elsystemet [84]. Ett mål är att etablera ett nationellt ramverk, senaste till år 2030, för bland annat lämpliga marknadsmekanismer. Rekommendationerna i dokumentet från år 2024 inkluderar utveckling av teknologier för dubbelriktad laddning som exempelvis batterier, etablering av standarder, marknadsmekanismer, ökad intelligens i

laddstationer, stärkt supportfunktion hos elnätsföretag samt genomförande av V2X-piloter.

En del detaljer rörande riktlinjer för piloterna finns dokumenterat [85]. Dessa piloter måste uppfylla ett antal tekniska minimikrav. Exempelvis ska den installerade dubbelriktade effekten vara minst 500 kW per pilot, minst 100 000 kWh ska laddas ur årligen, och 60 procent av laddningen ska ske under off-peak tider. I april 2025 annonserades de 30 första beviljade V2X-piloterna, vilka kommer att genomföras i nio kinesiska städer. Det finns ännu få detaljer rörande utformningen av dessa piloter.

Ett exempel värt att nämna där det finns viss information är ”GAC Aion Park”, som uppges vara den största V2X-demonstrationen i Kina [86]. I GAC Aion Park har V2X kopplats till ett mikronät, projektet uppges ha 124 V2X-laddare och uppnått tillräckligt höga nivåer för att kunna koppla in sig på mellanspänningsnätet (10 kV). En annan pilot är under genomförande av fordonstillverkaren Nio, där man i staden Tianjin mobiliserade över 100 fordon för att demonstrera V2X på fyra platser samtidigt. Bilarna tillsammans med en av Nio:s batteribytesstationer nådde tillsammans en genomsnittlig urladdningseffekt på cirka 1,64 MW [87].

Kinas olika V2X-piloter är fortfarande i tidiga skeden, mer information kommer troligen att publiceras över tid. Kinas satsningar på V2X förtydligades i Kinas treåriga plan för laddinfrastruktur som publicerades i oktober 2025. I planen beskrivs att antalet piloter kommer att öka under de närmaste tre åren. Dessutom läggs vikt på att de olika marknadsaktörerna ska organiseras för att underlätta initiering och genomförande av dessa piloter. Målsättning fram till slutet av år 2027 är att minst 5 000 V2X-laddpunkter ska installeras samt över 20 miljoner kWh ska ha urladdats kumulativt från fordonen [88].

### 3.3 Kommersiella V2X initiativ

En viktig utveckling under senare år är att steg har tagits för att flytta V2X från forsknings- och innovationsprojekt till tidiga kommersiella utrullningar. Nedan beskrivna projekt saknar offentlig forskningsfinansiering och har organiserats genom samarbeten mellan kommersiella aktörer. Huruvida dessa projekt är kommersiellt hållbara är ännu oklart då projekten ännu är relativt småskaliga. De initiativ som vi valt att beskriva närmare är:

- ”Mobilize Power” projektet i Frankrike
- ”Power Pack Bundle” projektet i Storbritannien
- ”Utrecht Energized” projektet i Nederländerna

#### 3.3.1 Mobilize Power

Mobilize Power är ett kommersiellt projekt som bedrivs tillsammans av Renault, Mobilize (dotterbolag till Renault) och The Mobility House. Initiativet lanserades år 2024 och beskrevs då som ”världens första V2G-produkt för slutkonsumenter”. Kunder i Frankrike erbjuds en paketerad lösning bestående av en batterielektrisk bil från Renault, en app från Renault, en dubbelriktad laddare och ett elhandelskontrakt från The Mobility House. Lösningen baseras på AC, där omvandlingen från DC i batteriet till AC för elnätet sker i bilen. Lösningen kräver att kunden bor på ett sådant sätt att de har

rådighet att installera en laddare vid sitt hus, samt är innehavare av elavtalet till hus och laddare. I praktiken är denna produkt därmed främst riktad till boende i småhus. The Mobility House menar att Frankrike är en bra testmarknad dels på grund av att det är Renault:s hemmamarknad, dels då det är regulatoriskt mer fördelaktigt jämfört med andra europeiska länder.

Först ut var bilmodellen Renault 5 E-Tech, men i dagsläget har Renaults tillgängliggjort flera av sina modeller. Elhandelsavtalet med The Mobility House innebär att kunden får ett fast elpris per kWh för sitt hushåll och att bilen aggregeras till olika elnätstjänster under den inkopplade tiden. Prismodellen för slutkunder bygger dels på ett fast pris för elkonsumention, dels på en V2G-bonus per inkopplad timme som bilen är tillgängliggjord. Under första året erbjuds en extra hög bonus per inkopplad timme. Vid 16 timmar inkopplad tid per dygn i genomsnitt, kan besparingar genom V2G uppgå till 600 euro per år, enligt The Mobility House [89]. Beroende på bilmodell motsvarar detta gratis laddning för cirka 10 000 km årligen.

Det är inte känt hur många kunder i Frankrike som har anslutit sig till Mobilize Power, men en internationell expansion är på gång. I slutet av år 2025 annonserades att Renault tillsammans med nederländska företaget WeDrive Solar ska lansera en liknande V2G-produkt för privatpersoner i Nederländerna [90].

### 3.3.2 Power Pack Bundle

Initiativet Power Pack Bundle som lanserades i Storbritannien år 2025 har energi- och teknikbolaget Octopus Energy som huvudman [91]. Övriga parter är billtillverkaren BYD och laddningsutrustningstillverkaren Zaptec. Produkten består av en paketerad lösning innehållande bil (BYD Dolphin), laddare (Zaptec Pro) samt installation, och Octopus Energy hanterar optimering, aggregering och elhandeln för laddning och övrig hushållsel. Kunder har frihet att välja mellan olika typer av elavtal från Octopus Energy för sin övriga hushållsel. Produkten inkluderar även service och underhåll på bilen samt bibehållen bil- och batterigaranti, men bilförsäkring tillkommer. Lösningen baseras på AC, där omvandlingen från DC i batteriet till AC för elnätet sker i bilen. Även om produkten är öppen för hela Storbritannien finns det vissa förbehåll. Bland annat måste ett godkännande ske från det lokala elnätsbolaget för att kunna skicka tillbaka el på elnätet. Dock sköts denna administrativa process av Octopus Energy. Produkten har hittills riktats mot hushåll som idag inte exporterar el till elnätet, kunder med solceller och/eller stationära batterier kan därmed inte delta.

Modellen bygger på att slutkunden är inkopplad cirka 12 timmar per dygn, minst 20 dygn i månaden. Octopus Energy, genom sin tekniska plattform Kraken, optimerar laddningen och urladdning. Ersättningen för detta är upp till 620 pund årligen, eller motsvarande cirka 1 930 mil per år. Därmed bygger ersättningen till slutkund, likt Mobilize Power i Frankrike på inkopplad tid snarare än den faktiska intäkten som genereras när bilen aktiveras i V2G. Det finns inga uppgifter kommunicerade om hur många kunder som har anslutit sig Power Pack Bundle.

### 3.3.3 Utrecht Energized

Det kommersiella projektet Utrecht Energized skiljer sig mot tidigare beskrivna projekt i att det fokuserar på V2X i bildelningstjänster. Projektet är ett samarbete mellan Renault-gruppen, We Drive Solar, MyWheels och Utrecht kommun. Projektets initiala fas inleddes med en utrullning av 50 bilar av modellen Renault 5 E-Tech i MyWheels bilpoolsflotta i Utrecht, kombinerat med 50 dedikerade AC V2X-laddare från We Drive Solar under våren och sommaren 2025. Behovsbeskrivning är att staden Utrecht har en stor installerad kapacitet av solelproduktion, cirka 35 % av hustaken har installerade solceller, vilket har lett till kapacitetsbegränsningar i det lokala elnätet. V2X-fordonens huvudsakliga syfte är att snabbt svara upp på förändringar (produktion och konsumtion) i det lokala elnätet. Bilarna kan ladda vid överproduktion av el från sol och vind och urladda vid effekttoppar när efterfrågan på el är hög [92].

Efter den initiala fasen med 50 testfordon är planen att rulla ut ytterligare 500 V2X-kompatibla elbilar från Renault-gruppen under år 2026 [93]. Flexibilitetsmöjligheterna från dessa 500 bilar motsvarar cirka 10 % av det totala flexibilitetsbehovet i Utrecht-regionen. Under slutet av 2025 släpptes preliminära data från projekts inledande fas. De 50 Renault-bilarna har som mest tillsammans kunnat ladda ur 300 kW effekt och den genomsnittliga urladdningsvolymen per fordon under fem månader är 1 300 kWh. Bilarna är tillgängliga för V2X när de inte är uthyrda i till bilpoolskunder. Inga exakta siffror är ännu släppta rörande intäkter för bilpoolsoperatören MyWheels. Men deras VD uppger i en intervju att de har sett hur V2X har sänkt deras operationella kostnader [94].

### 3.3.4 Fordonstillverkares strategier och samarbeten

Tidigare i avsnittet har vi beskrivit ett antal olika kommersiella V2X initiativ, vilket involverar olika fordonstillverkare. Men det finns fler som börjat knyta partnerskap för att kunna erbjuda V2X-lösningar, där ett antal listas i Tabell 1.

Det råder ännu osäkerhet om hur, och vilken omfattning, fordonstillverkare kommer satsa på V2X-området. De satsningar som har genomförts hittills har varit av begränsad omfattning, ofta i en pilot- eller demonstrationsmiljö, som beskrivet ovan. Tveksamheten hos fordonstillverkarna har många förklaringar. Osäkerheter råder rörande betalningsvilja hos kunder, vilken eller vilka roller som fordonstillverkarna ska axla och påverkan på batteriet och andra komponenter av ökad bilanvändning från V2X är några exempel. Strategierna hos fordonstillverkarna är därför inte publikt tillgängliga, det pågår alltså internt strategiarbete för att bättre förstå hur de ska navigera V2X framöver.

De flesta fordonstillverkare har dock tagit konkreta steg för att testa V2X, vilket kan ge värdefulla ledtrådar för hur framtidens V2X-system kan se ut. En viktig aspekt är hur fordonstillverkarnas har agerat rörande partnerskap och intern kontroll. Tabell 1 nedan är baserat på en rapport [95] som har kartlagt fordonstillverkarnas olika partnerskap inom V2X-ekosystemet.

Tabell 1: Fordonstillverkare och V2X-partners

<b>Fordonstillverkare</b>	<b>Laddpunktstillverkare (CP-OEM)</b>	<b>Aggregator/Elhandlare</b>
BMW	StarCharge (tillverkar BMW:s DC-laddpunkt)	E.ON (detaljhandelspartner för kommersiellt V2G-erbjudande)
BYD	Zaptec (AC bidirektionell wallbox Octopus Power Pack)	Octopus Energy (Powerpack V2G-tariff)
Ford	Ambibox (DC wallbox för V2H/V2G) Ford använder VW:s MEB-plattform, utvalda modeller	Octopus Energy (V2G-tariff för privatkunder)
Hyundai	We Drive Solar	Next Kraftwerke + KEPCO
Mercedes-Benz		The Mobility House (kommersiell V2G-leveranspartner)
Nissan	Wallbox (CHAdemo DC wallbox for Octopus Power Pack) Nissan använder Renaults ampR-plattform, utvalda modeller	Octopus Energy (Powerpack V2G-tariff)
Renault	Mobilize PowerBox Verso (Renault-Nissan-Mitsubishi-allians)	The Mobility House (kommersiell V2G-leveranspartner)
Stellantis		Dreev (EDF Group) (EVVE-projekt)
Volvo	dcbel (DC wallbox för V2H, USA)	Vattenfall ("Gratis laddning"-initiativ för svenska kunder)
VW	CUBOS / Ambibox (DC wallbox för V2H)	Vattenfall + Dreev (EDF Group)

Tabell 1 illustrerar en generell trend för fordonstillverkare att nyttja partners för både laddare och aggregering/elhandel. Ett undantag i är Renault som genom dotterbolaget Mobilizer har utvecklat en egen V2X-laddare (AC). Ett annat undantag är Tesla som har valt att en strategi baserat på vertikal integration. Detaljer från ett pilotprogram i Texas tyder på att Tesla ämnar hantera stora delar av V2X-systemet genom interna resurser. Tesla har utvecklat egen hårdvara, inklusive V2X-laddare (AC) och Gateway [96]. Aggregering och elhandel sker genom Teslas egna elbolag [97].

## 4 Standarder och regulatoriska aspekter

Standarder och regulatoriska aspekter är viktiga möjliggörare för att V2X ska kunna rullas ut i större skala. I detta kapitel belyses relevanta regulatoriska instrument inom EU för V2X och den senaste utvecklingen av ISO15118-20 standarden som berör kommunikationen mellan fordon och laddare. Standarder är en förutsättning, men inte den enda, för att nå interoperabilitet. I efterföljande avsnitt illustreras två initiativ som syftar till att öka och snabba på V2X-interoperabilitet. Nästföljande del berör hur nya regleringar inom batterihållbarhet och nya mätetal kan introduceras som kvantifierar V2X-användning genom virtuell distans.

### 4.1 EU:s regulatoriska landskap

Sju regulatoriska instrument med relevans för V2X i Europa har identifierats och beskrivs översiktligt i Tabell 2. Vidare förklarar denna sektion kort vad respektive instrument är samt vad de innebär i praktiken för utveckling och implementation av V2X/V2G-tekniken. Rapporten täcker instrument med olika rättslig status. EU-förordningar gäller direkt i alla medlemsstater utan införlivande i nationell lagstiftning. EU-direktiv kräver att varje medlemsstat aktivt inför dem i nationell lagstiftning (sker på olika sätt och i olika takt, och ibland sker inget införande). Dessutom befinner sig flera instrument fortfarande på förslagsnivå eller som utkast och är ännu inte rättsligt bindande.

Tabell 2: Identifierade regulatoriska instrument med relevans för V2X.

Instrument	Rättslig status	Kort beskrivning och källa	Relevans för V2X
RED III	Direktiv	Direktiv (EU) 2023/2413 – Reviderat förnybarhetsdirektiv [98]	Erkänner elbilar som decentraliserade energitillgångar; Artikel 20a föreskriver realtidsdelning av batteridata för att möjliggöra smart och dubbelriktad laddning
Omnibus IX	Förslag	Automotive Omnibus – COM(2025)993, del av EU:s förenklingsagenda (december 2025) [99]	Förenklar typgodkännande och banar väg för interoperabla V2G-tjänster.
Artikel 13a	Utkast	NC RfG 2.0 – Network Code on Requirements for Generators (ACER-rekommendation från mars 2023) [100]	Tekniska nätkodskrav för V2G-fordon som nätgeneratorer; Artikel 42 fastställer certifieringsarkitektur.
AFIR	Förordning	Förordning (EU) 2023/1804 om infrastruktur för alternativa bränslen [101]	Kräver ISO 15118-20 i nya (eller renoverade) laddare från 2027.

Instrument	Rättslig status	Kort beskrivning och källa	Relevans för V2X
Electricity Market Reform	Förordning + Direktiv	Direktiv (EU) 2024/1711 & Förordning (EU) 2024/1747 [102]	Kräver dynamiska elprisavtal, inför 15-minutershandel fr.o.m. september 2025. Skapar prissignaler som kan bättre gynna V2G.
NC DR	Förslag	Network Code on Demand Response (ACER-förslag från mars 2025) [103]	Harmoniserar aggregatorers tillgång till el- och balansmarknader
EPBD	Direktiv	Energy Performance of Buildings Directive (reviderat 2024) [104]	Kräver visst antal laddpunkter samt fördragnig av kablage för EV-laddning vid nybyggnation och retroaktivt vid befintliga byggnader.

**RED III** är ett EU-direktiv som formellt erkänner elfordon som energitillgångar snarare än passiva konsumenter. Mest relevant i V2X-kontexten är Artikel 20a, som reglerar integrationen av elfordon i det bredare energisystemet. Fordonstillverkare måste tillgängliggöra viktiga batteridata (som SoC, hälsa, kapacitet) i realtid och kostnadsfritt för fordonsägare och behöriga tredje parter som exempelvis energileverantörer och aggregatorer. Syftet är att stödja smart och dubbelriktad laddning genom att ge den information som behövs för att hantera när och hur elfordonen laddas respektive laddas ur på ägarens vägnar. Det bör noteras att Artikel 20a ännu inte genomförts i svensk lagstiftning, och implementeringen är ojämn i hela EU.

**Omnibus IX** är ett förslag om regelförenkling gällande motorfordon som ännu inte antagits av Europaparlamentet och rådet. Det kräver inte V2X direkt, men innehåller vissa delar som kan ha betydelse för elfordon med dubbelriktad laddning. Exempelvis syftar förslaget till att förenkla processerna för typgodkännande och certifiering av elfordon, och introducerar en ny fordonskategori för små elbilar med tillhörande regellättnader. Kommissionens befogenhet att uppdatera tekniska krav för elfordon via delegerade akter utökas också i förslaget, vilket innebär att sådana krav kan justeras utan fullständig lagstiftningsrevision. Mest signifikant på längre sikt är att Omnibus-texten uttryckligen identifierar en enhetlig strategi för interoperabilitet som avgörande för att påskynda utvecklingen av nya tjänster som V2G.

**Artikel 13a** ligger inom Network Code on Requirements for Generators (NC RfG), vilket är en EU-förordning som fastställer de tekniska standarder som generatorer måste uppfylla för att ansluta till elnätet. Ursprungligen utformades denna för konventionella kraftverk, men ett reviderat utkast (NC RfG 2.0) är på gång för anpassning till en mer decentraliserad energimarknad. När ett V2G-fordon matar ut energi till elnätet agerar det tekniskt sett som en elproducent/generator. Just Artikel 13a i det reviderade utkastet adresserar krav som V2G-fordon och tillhörande laddutrustning måste uppfylla. Detta handlar exempelvis om att V2G-fordon måste förbli stabila inom definierade frekvens- och spänningsintervall, automatiskt svara på nätstörningar, reagera på avvikelser, med mera. En annan viktig del i förslaget är

Artikel 42 som adresserar certifiering, framför allt med hänsyn till skillnaderna mellan AC och DC laddning. Vid DC V2G sitter växelriktaren i laddstationen med en fast nätanslutning och därför räcker det att certifiera laddaren ensam. Vid AC V2G sitter växelriktaren i fordonet, som är mobilt och kan användas i flera länder/elnät. Med nuvarande regler har detta krävt att fordonet och laddaren certifieras tillsammans som en kombinerad enhet, vilket gjort interoperabilitet mellan olika tillverkares produkter svår. Artikel 42 föreslår att lösa detta genom en uppdelning där fordon och laddare certifieras oberoende av varandra, men med certifieringsramverken sammanlänkade på ett sätt som garanterar att varje godkänt fordon kan fungera med vilken godkänd laddare som helst.

**AFIR** (Alternative Fuels Infrastructure Regulation) är en EU-förordning för utbyggnad av publik infrastruktur för laddning och andra alternativa bränslen. För V2X ligger AFIR:s betydelse primärt i de kommunikationsstandarder som krävs för ny laddinfrastruktur. Från januari 2027 måste alla nya eller reoverade laddare stödja ISO 15118-20 för kommunikation mellan fordon och laddare. Vid sidan av ISO 15118-20 är OCPP 2.1 det allmänt använda protokollet för kommunikation mellan laddare och backend-systemet. OCPP 2.1 har inbyggt stöd för dubbelriktad laddning. AFIR nämner inte OCPP som obligatoriskt, men kräver att laddare stödjer smart laddning, där OCPP 2.1 är den de-facto standard som branschen använder för att uppfylla dessa krav.

**Energy Market Reform** (Elmarknadsreformen) antogs i EU under 2024 och inkluderar dels en förordning, dels ett direktiv. För just V2X är reformen relevant på så sätt att den kan skapa bättre ekonomiska förutsättningar. Exempelvis genom att den kräver att alla elleverantörer erbjuder konsumenter dynamiska elprisavtal, vilket skapar finansiella incitament att tillhandahålla nätflexibilitet med V2G. Reformen införde också 15-minutersintervall på EU:s day-ahead marknad, vilket ger V2G-system finare prissignaler att reagera på. Vidare stärker den även aggregatorers och konsumenters rättigheter att delta i balans- och flexibilitetsmarknader.

**NC DR** (Network Code on Demand Response) är ett ACER-förslag till en ny kommissionsförordning (nätkod) för efterfrågefleksibilitet. Relevans för V2X rör exempelvis marknadstillträde, där NC DR inkluderar regler för harmonisering och förenkling av produkter som erbjuder flexibilitet, samt av förkvalificering och verifiering av tjänsteleverantörer och produkter som erbjuder flexibilitet. Vidare nämns krav på transmissions- och distributionsnätoperatörer att analysera flexibilitetsbehov på kort och lång sikt, samt krav på ett nationellt informationssystem för flexibilitet med en enda och gemensam åtkomstpunkt för alla marknadsaktörer.

**EPBD** (Energy Performance of Buildings Directive) är ett EU-direktiv som reviderades 2024. Detta är det av nämnda regulatoriska instrument som har minst bäring på just V2X, men det finns inslag som kan bli relevanta på längre sikt för att underlätta implementationen av V2G-laddning. EPBD ställer krav på viss mängd laddpunkter och framdragningskablage hos bostadshus och lokalbyggnader, samt till viss del även retroaktivt hos befintliga byggnader. I direktivet står att Medlemsstaterna ska säkerställa att laddare kan utföra smart laddning och, i förekommande fall, dubbelriktad laddning och att de drivs på grundval av icke-proprietära och icke-diskriminerande kommunikationsprotokoll och standarder, på ett driftskompatibelt sätt och i enlighet med de europeiska standarder och delegerade akter som antagits i enlighet med 21.2 och 21.3 i förordning (EU) 2023/1804.

## 4.2 ISO 15118-20

ISO 15118-20 är den mest betydelsefulla standarden i dagens V2X-landskap gällande kommunikation mellan fordon och laddare. Medan föregångaren, ISO 15118-2, var fokuserad på enkelriktad laddning och tjänster som "Plug & Charge", är version -20 utvecklad för att fullt ut stödja komplexa energitjänster och dubbelriktat flöde.

De huvudsakliga förbättringarna i ISO 15118-20 inkluderar:

- Standarden har formellt inbyggt stöd för både AC- och DC-dubbelriktad laddning.
- Fordonet kan agera som en aktiv nätresurs och operera autonomt baserat på nätets behov. Detta innefattar kontroll av aktiv och reaktiv effekt samt spännings- och frekvensreglering.
- Regelefterlevnad kopplad till moderna nätkoder som IEEE 1547 och EN 50549, vilket gör att fordonet kan uppfylla regulatoriska krav för nätstöd.
- Förbättrad certifikathantering och starkare krypteringsmekanismer, vilket är en förutsättning för säkra transaktioner i ett distribuerat energisystem.
- En mer dynamisk meddelandestruktur som stöder olika driftlägen, såsom schemalagd laddning och realtidsstyrning.

Standardiseringen utvecklas nu snabbt för att möta kraven från tunga transporter och mer avancerade nättjänster. Den nuvarande utvecklingen fokuserar på ISO 15118-20 Draft Amendment 1 (DAM1).

Viktiga strategiska nyheter i DAM1 inkluderar:

- Utökat stöd för AC DER-tjänster (*Distributed Energy Resource*): Förfinar kommunikationsstrukturen för hur fordon stöder nätet under AC-laddning.
- Integration av Megawatt Charging System (MCS): Detta möjliggör ultra-snabb laddning för tunga fordon (t.ex. lastbilar och bussar) med bibehållen interoperabilitet.
- Teknisk precision i meddelanden: Standarden introducerar specifika meddelandepar som möjliggör en exakt förhandling av parametrar mellan fordon och infrastruktur innan kraftöverföringen påbörjas.

Denna utveckling är viktig för standardens "framtidssäkring". Genom DAM1 säkerställs att V2G kan gå från pilotprojekt i liten skala till global skalbarhet, där även högeffektsladdning för tunga transporter blir en del av den smarta nätintegrationen. Det är ännu inte fastställt när DAM1 kommer att antas till ISO 15118-20, men texten befinner sig i godkännandefas [105]. Sluttexten skickades till omröstning i februari 2026, omröstningen beräknas pågå i 8 veckor. Vid godkännande kan publicering och formell antagning ske kort därefter.

## 4.3 Initiativ för interoperabilitet

### 4.3.1 IEA:s Task 53

Interoperabilitet handlar om mer än att kontakten passar i uttaget. En intervju genomfördes med en representant från det internationella projektkonsortiet Task 53 [106] som initierats av IEA (International Energy Agency), vilket har som mål att möjliggöra flerparts-interoperabilitet (baserat på ISO 15118-20) mellan dubbelriktade laddstationer, fordon och elnät, samt stötta utvecklingen av harmoniserade nätkoder. Så kallade "Golden Guidelines" ska utvecklas som beskriver implementeringsprocessen för tredje parter att uppnå interoperabilitet. Fysiska tester med olika fordon, laddare och nätkoder genomförs i labbmiljö för både AC- och DC-system inom ramen för initiativet. En viktig punkt för Task53 är att deras arbete ska bidra till att undvika en mängd proprietära lösningar på marknaden, där ett fåtal specifika aktörer samarbetar för att bygga en lösning som funkar för deras ekosystem, exempelvis en tillverkare av fordon och en av laddinfrastruktur. Eftersom detta kan leda till att V2X endast fungerar om rätt bilmärke ansluter till rätt laddare.

En viktig aspekt som lyftes under intervjun var det faktum att ISO 15118-20 är en globalt erkänd standard för dubbelriktad laddning, men att denna i sig inte är tillräcklig för att säkerställa interoperabilitet. Standarden definierar det tekniska "språk" på vilket elfordon och laddare kommunicerar. En utmaning är att standarden innehåller delvis obligatoriska funktioner och delvis valbara funktioner, där kommunikationsproblem kan uppstå om fordon och laddare inte har samma valda funktioner. Vidare kan problem uppstå om parametervärden skrivs annorlunda i kommunikationsprotokollet av de olika parterna. Dessa problem kan beskrivas som att aktörerna pratar samma språk men olika dialekter, vilket begränsar interoperabilitet mellan laddare och elfordon.

En annan begränsning med ISO 15118-20 är att den inte *definierar* hur elnätet ska fungera. Detta beror i stället av nätkoder, vilket är elnätsspecifika regler för hur allt som är anslutet till elnätet ska bete sig för att nätet ska förbli stabilt, säkert och tillförlitligt. För att underlätta dessa utmaningar föreslås harmonisering av nätkoder, vilket innebär att reducera det stora antalet lokala nätkoder i EU till en begränsad uppsättning standardiserade operativa profiler. Inom Task53 trycker man vidare på vikten av att krav ställs på fordonstillverkare för inkludering av V2X-standarder vid typgodkännande av nya fordon, på liknande vis som AFIR-förordningen nu mera ställer krav på ISO 15118-20 i nya publika laddare.

### 4.3.2 Coalition of the Willing on Bidirectional Charging

I en gemensam rapport (2024) från det europeiska initiativet *Coalition of the Willing on Bidirectional Charging* (CoW) [107] presenteras en vision för dubbelriktad laddning med bidrag från representanter från många olika företag inom det europeiska energi- och fordonsektorerna. Syftet för CoW var att identifiera de viktigaste hindren för dubbelriktad laddning och ta fram en konkret färdplan från ett industriellt perspektiv för att ha de första interoperabla produkterna redo till 2025 och nå en massmarknad till 2030. Utifrån de primära utmaningarna som identifierades rekommenderas följande åtgärder:

1. Etablera konsumentfokuserade incitament ur ett elsystemperspektiv
2. Harmonisera tekniska standarder och operativa regler
3. Utveckla en robust, kostnadseffektiv och interoperabel infrastruktur som omfattar elfordon, hårdvara och mjukvara med kapacitet för dubbelriktad laddning
4. Säkerställa icke-diskriminerande och sömlös dataöverföring i enighet med gällande dataskyddsregler för att möjliggöra användning av dubbelriktad laddning för elfordon i elsystemet
5. Skapa en smart infrastruktur för kommunikation och informationsutbyte som möjliggör interoperabla lösningar för dubbelriktad laddning
6. Utforma tydliga och rättvisa policys för hur batterianvändning ska hanteras i samband med dubbelriktad laddning

Genom rapporten föreslås ett antal konkreta åtgärder, exempelvis borttagande eller undantag från dubbelbeskattning på tillfälligt lagrad el, mer dynamiska elavtal och variabla nätavgifter för att uppmuntra smart styrning, harmoniserade nätkoder och påskyndad installation av smarta elmätare. Vidare trycker man på vikten av implementeringen av internationella standarder och protokoll som ISO 15118-20 och OCPP 2.1, samt tillgång till fordonsdata på icke-diskriminerande vis via öppna API:er. För att hantera frågor om batterianvändning och garantier föreslås exempelvis ”virtuell sträcka”. Även vikten av sandlådemiljöer för att enklare kunna testa och utvärdera tekniken i verkliga piloter.

Vidare pekar rapporten från CoW på vikten av datadelning för kommunikation över *hela* värdekedjan för V2X. Man samverkade runt olika användarfall och utvecklade förslag på listor med datapunkter samt över vilka gränssnitt mellan aktörer och system som dessa behöver kommuniceras. Dessa gränssnitt inkluderar exempelvis ISO 15118-20 mellan fordon och laddare, OCPP 2.1/IEC 63110 mellan laddare och CSO/CPMS (laddoperatörer/mjukvaruplattformar för styrning, övervakning och administration av laddstationer), samt OCPI/OCPP 2.1 mellan CPMS och leverantörer av V2G- och laddningstjänster. Här rekommenderas bland annat även en acceleration av öppen API-tillgång till back-end systemen för fordonstillverkare.

## 4.4 Batterigaranti och virtuell distans

En annan viktig fråga som ofta återkommer såväl i debatten kring V2X som i många av de projekt och initiativ som presenterats i denna rapport är batterislitage. Det verkar ännu inte råda någon konsensus i forskningen kring hur stor påverkan V2X kommer ha på detta, och sannolikt kommer det att variera från fall till fall. Det är dock sannolikt en viktig fråga för fordonstillverkare, eftersom detta kan påverka vilka garantier som erbjuds för fordonsbatterierna och huruvida V2X-stödet behöver begränsas eller ej. Vissa fordonstillverkare har redan satt egna begränsningar, som exempelvis Volkswagens 4 000 timmar eller 10 000 kWh samt restriktioner på batteriets SoC (State-of-Charge) mellan 20–80% för deltagande i dubbelriktad laddning [108].

Vid skrivandet av denna rapport har författarna ingen kännedom om att det finns några lagar eller regelverk som förbinder fordonstillverkare att engagera sig i V2X. Det är således fortfarande upp till tillverkarna själva att göra sina analyser och besluta om huruvida deras produkter ska involvera V2X-stöd eller inte. Det är dock regleringar på gång som kan påverka utvecklingen av V2X utifrån ett fordonstillverkar- och

användarperspektiv. En viktig sådan är Global Technical Regulation No. 22 (GTR 22) från UNECE rörande hållbarhet av fordonsbatterier.

I GTR 22 rapporten [109], introduceras konceptet ”virtuell distans” för att kunna kvantifiera annan bilanvändning än körning, detta syftar specifikt på V2X. Konceptet grundar sig i befintliga batterigarantier från fordonstillverkare samt i modeller för batteriåldring som fastställer två minimikrav på prestanda:

- För nya fordon upp till 5 år eller 100 000 kilometer, beroende vad som inträffar först: 80% av SOCE ska kvarstå,
- För fordon äldre än 5 år eller mer än 100 000 kilometer, och fram till dess att 8 år eller 160 000 körda kilometer uppnås (vad som inträffar först): 70% av SOCE ska kvarstå.

SOCE (State-of-Certified Energy) är här ett mått på hur stor andel av batteriets ursprungligen certifierade energiinnehåll som fortfarande är tillgängligt. Rapporten nämner även måttet SOCR (State-of-Certified Range) som i stället är ett mått på hur stor andel av batteriets ursprungligen certifierade räckvidd som fortfarande är tillgänglig, men det finns i dagsläget inga bestämda minimikrav avseende garantier för SOCR på samma sätt som för SOCE, mer än att GTR 22 ställer krav på fordonstillverkare att installera nödvändig utrustning och löpande mäta respektive värde.

Gällande virtuell distans stipulerar GTR 22 att den totala sträcka som används för att verifiera uppfyllandet av minimikraven på prestanda ska bestå av summan av den körda sträckan och den virtuella sträckan, där den sistnämnda beräknas enligt följande ekvation:

$$\text{Virtuell sträcka (km)} = \frac{\text{total urladdad energi med V2X [Wh]}}{\text{värsta uppmätta energiförbrukningen från PART B familjen [Wh/km]}}$$

Med PART B menas en standardiserad körcykel, som exempelvis WLTP. Det kan noteras dock att GTR 22 inte utgör en lagstiftning, utan är ett grundkrav för typgodkännande som sedan måste översättas till lokal lagstiftning. I Europa kommer GTR 22 införas för lätta fordon tillsammans med lagstiftningen för EURO 7 [110]. Det bör noteras att fordonstillverkarna kan applicera mer generösa beräkningar för virtuell distans, med en lägre virtuell distans per urladdad energienhet. Vidare utgör inte GTR 22 ett hinder för fordonstillverkare att införa egna begränsningar i V2X-användning, liksom VW begränsningar nämnt ovan.

## 5 Vägvalet AC vs. DC

En annan viktig debatt handlar om huruvida dubbelriktad laddning primärt ska drivas via växelström (AC) eller likström (DC), alternativt en mix av dessa för olika applikationsområden. I grunden handlar det om var växelriktaren, som omvandlar DC från elbilsbatteriet till AC för elnätet, ska husera. För V2G-AC system sitter växelriktaren i fordonet och kan leverera effekt direkt till en dubbelriktad AC-laddare. För V2G-DC system sitter istället växelriktaren i laddstationen, och fordonet kan leverera effekt från batteriet direkt till den dubbelriktade DC-laddaren.

Respektive teknik har olika fördelar och nackdelar. Att välja V2G-DC strategin innebär bland annat ökade investeringskostnader i laddinfrastrukturen, eftersom laddstationerna behöver innehålla mer avancerad kraftelektronik. Samtidigt kan denna strategi erbjuda en tydligare ansvarspunkt mot elnätet, enklare efterlevnad av nätkoder och högre effekter, vilket kan göra den särskilt attraktiv för kommersiella tillämpningar som fordonsflottor. [111]

En V2G-AC strategi flyttar i stället mer ansvar och funktionalitet till fordonet, vilket medför ökade krav på bilens hårdvara, certifiering, interoperabilitet och mjukvaruintegration med olika elnätsregler. Fler nackdelar inkluderar något högre energiförluster och ökad ljudnivå på grund av bilens kylsystem jämfört med V2G-DC. Samtidigt är skalbarheten troligen bättre och har lägre trösklar för bred implementering på grund av lägre kostnad per laddningsenhet, särskilt i Europa där AC-laddning redan är dominerande. [111]

Trots att det fortfarande är en pågående debatt har vissa trender börjat utkristalliseras som delvis skiljer sig mellan olika länder, vilket syntes tidigare i kapitel 3 *Internationell utblick och samarbeten*. Många av de tidiga V2G-piloter som startats i EU fokuserar mest på just AC-laddning, även om det även finns exempel på DC-laddning. Medan satsningar i exempelvis USA fortfarande är mycket koncentrerade mot V2G-DC system. I en intervju som genomfördes med Virta (CPO och leverantör av laddningslösningar) framgår att man ser att V2G-DC lösningar är de som ligger närmast till hands att använda i dagsläget och framåt tills dess att AC-system finns tillgängliga och är interoperabla.

Även för hemmabruk syns nu flertalet initiativ och produkter som använder just V2G-DC laddare, som exempelvis samarbetet mellan BMW Group och E.ON i Tyskland där den dubbelriktade 11 kW DC-laddaren ”BMW Wallbox Professional” används [112], eller den lanserade ”ambiCHARGE Home” dubbelriktade DC-laddaren från företaget ambibox [113]. Ambibox DC-laddare används exempelvis i Ford:s produkt för V2X som nyligen lanserats på den tyska marknaden [114].

Det verkar sannolikt att det i framtiden kommer att finnas en samexistens av AC- och DC-baserade lösningar för V2X, där respektive teknik lämpar sig bäst för olika applikationsområden. Men den fortsatta debatten om AC vs. DC skapar osäkerhet för aktörer, vilket kan försena och försvåra investeringar i V2X-system.

## 6 Kunskap om användare

Det finns ännu endast en begränsad mängd forskning rörande preferenser och användarbeteenden för V2X hos massmarknads-användare. I den senast publicerade ”Consumer Monitor 2025” rapporten [115] från EAFO (European Alternative Fuel Observatory), vilken bygger på enkätsvar från över 3 000 bilförare, konstateras att medvetenheten om dubbelriktad laddning är låg. Cirka 76% av respondenterna hade inte hört talas om V2G. Användarstudier är dock ofta inkluderade som en del av pilot- och demonstrationsprojekt. Ett exempel är [56] som nämnts tidigare i rapporten. För att ge en mer övergripande bild över kunskapsläget rörande användare och V2X inkluderar denna rapport ett kapitel baserat på en nyligen publicerad litteraturstudie. Litteraturstudien omfattar 34 publicerade användarstudier inom V2X området, varav

sex artiklar med data från Sverige [116]. Studien identifierar fem forskningsgap inom användarforskning för V2X:

1. Begränsad geografisk spridning,
2. Litet antal av erfarna användare,
3. Ytliga undersökningar,
4. Metodologiska inkonsekvenser, och
5. Generellt små urval.

Geografiskt är de flesta av de inkluderade studierna fokuserade på norra Europa, USA eller Australien, endast ett fåtal undersöker de asiatiska marknaderna. Vidare fokuserar studierna främst på relativt oerfarna användare. Artikelförfattarna menar att fler studier behövs där mer erfarna elbilsförare inkluderas med syfte att fånga mer realistiska användarbeteenden. Många studier saknar också tillräckligt djup, enligt artikelförfattarna. Det vill säga att de endast undersöker en begränsad del av möjliga användarfrågor. Ytterligare begränsningar i den befintliga litteraturen inkluderar en brist på standardiserade metoder och på tillräckligt stora urval. Författarna till litteraturstudien adresserar dessa gap genom en egen studie på den japanska marknaden. Ett antal slutsatser dras från de kombinerade resultaten från litteraturstudien och den egna undersökningen. En slutsats är att ekonomisk kompensation kan bekräftas som den viktigaste faktor för att delta i V2X, men att det finns en risk att ekonomiska faktorer överbetonas på bekostnad av andra faktorer. Risken består i en möjlig ekonomisk överkompensation till användare för att delta i V2X initiativ, vilket kan maskera viktiga tekniska- och kunskapsbegränsningar. En annan slutsats är att personliga attribut som ålder och kön är betydligt viktigare för villigheten att delta i V2X jämfört med makrofaktorer. Ett konkret förslag är att fokusera V2X-demonstrationer mot platser där det finns ett beredskapsbehov, med syfte att öka allmänhetens kunskap om V2X tekniska möjligheter. Slutligen är en rekommendation från studien att fokusera insatser på användare som redan har erfarenhet av elbilar och möjligen andra typer av energisystem som solceller eller hemmabatterier. Dessa användare visar högre acceptans för V2X-tekniken vilket pekar på erfarenheters betydelse att minska den upplevda risken.

## 7 Kostnader och stödgivning

Detta kapitel bygger dels på en kartläggning av publikt tillgängliga uppgifter och estimeringar gällande kostnader för V2X-laddare. Dels en diskussion kring stödgivning till V2X-laddning baserat på intervju och material från IEA:s Task 53. Det bör noteras att för att möjliggöra ö-drift krävs som tidigare nämnt extrautrustning utöver själva laddaren, vilket innebär ytterligare kostnader. Dock är den publikt tillgängliga informationen fortfarande relativt bristfällig gällande vad denna extrautrustning kostar, varför vi valt att inte inkludera sådana siffror i detta avsnitt.

Det finns ännu få V2X-laddare som är beställningsbara och därmed är prisuppgifter fortfarande baserade på estimerat eller rapporterade från tidiga tester. Dessutom är det ofta osäkert vad som inkluderas i prisestimatet, exempelvis om montering och installation är inräknat eller enbart hårdvara. Tabell 3 visar en sammanställning av de prisestimat som kunnat identifierats för olika laddare.

Tabell 3: Prisestimat för olika AC- och DC-laddare med V2X-funktionalitet.

Produkt	Typ	Effekt	Pris	Marknad	Vad inkluderas?	Källa
Wallbox Quasar 2	DC	11,5 kW	~6 440 USD (inkl. Power Recovery Unit)	USA	Hårdvara exkl. skatt och installation.	<a href="#">Charged EVs</a>
Wallbox Quasar 2	DC	11,5 kW	~7 188 EUR	Europa	Hårdvara exkl. installation	<a href="#">Electrifying</a>
BMW Wallbox Professional	AC	11 kW	~21 125 DKK	Europa	Hårdvara exkl. installation (kräver BMW iX3 + tillval)	<a href="#">BMW DK / BMW press</a>
Sigenergy SigenStor EVDC	DC	12,5 eller 25 kW	AU\$ 6 000–7 000 / ~4 000–5 000 USD	Europa/ Australien	Hårdvara (kräver SigenStor system)	<a href="#">Clean Energy Reviews</a>
Zaptec Go 2	AC	22 kW	fr. 7 490 SEK	Sverige	Hårdvara inkl. standardinstallation . Efter grön teknik avdrag.	<a href="#">Laddboxbolaget</a>
dcbel Ara	DC	15,2 kW	~9 999 USD	USA	Hårdvara exkl. installation	<a href="#">dcbel</a>

Utifrån de begränsade antalet prisestimat som identifierats via olika källor uppskattar vi priserna för dubbelriktade DC-laddare avsedda för hemmabruk eller långsamladdning till mellan 40 000 – 80 000 SEK, beroende på effektnivåer och vad som ingår. Inom segmentet dubbelriktade AC-laddare förväntas priserna vara lägre, uppskattningsvis 15 000 – 30 000 SEK per laddare.

Priset för en vanlig (icke-dubbelriktad) laddbox hemma ligger vanligtvis mellan 7 000 och 15 000 SEK, exklusive installation, grön teknik avdrag och tillval [117]. En grov bedömning är således att dubbelriktade laddare i dagsläget är upp till 3 gånger dyrare i inköp för AC-laddning, och ytterligare dyrare för DC-laddning. Sannolikt kan dessa priser minska på sikt när tekniken blir vanligare, samt ska den högre kostnaden vägas mot vilka intäkter som på sikt kan erhållas via deltagande i exempelvis elnätsmarknader för V2G.

I intervjun med en representant från IEA:s Task 53 [106] föreslår initiativet differentierad nationell eller regional stödgivning till dubbelriktad laddning beroende av effektnivå, teknik (AC/DC) samt om utrustningen stödjer interoperabilitet. Effektnivå för att uppmuntra adoption av denna typ av infrastruktur, speciellt för kommersiella och industriella sektorer, och eftersom högre effekter ofta innebär högre initiala kostnader. DC-system föreslås få högre stödnivåer än AC-system på grund av högre investeringskostnader, vilket ska uppmuntra exempelvis dubbelriktade DC-lösningar för flottor eller publika laddstationer med krav på snabbaddning. Dock

föreslås ändå visst stöd till AC-system som är den mest framstående tekniken i EU men som trots lägre kostnader och enklare installation får vissa merkostnader för dubbelriktad laddning. Lösningar som är interoperabla föreslås få dubbelt stöd gentemot proprietära lösningar på grund av ökad flexibilitet och minskat behov av fordonsspecifik laddinfrastruktur. Task 53 ser därmed offentliga styrmedel främst riktade mot laddinfrastrukturen som ett verktyg för att snabbare nå interoperabla V2X lösningar. I intervjun med Task 53 lyftes även problematiken med att fordonstillverkarna måste jobba för interoperabilitet. Förutom liknande riktade stöd är ett möjligt spår att kräva V2X interoperabilitet i EU:s tygodkännande, men betydande hinder kvarstår innan detta kan bli verklighet.

## 8 Resiliensperspektivet

Potentialen för V2X att öka samhällets och enskilda hushålls resiliens har växt fram som ett allt viktigare perspektiv att beakta. Möjligheten att använda energin i ett elbilsbatteri till externa kritiska laster vid händelse av kris uppmärksammades redan i samband med jordbävningen i Japan år 2011, med biltillverkaren Nissan som en tidig och viktig aktör [118]. Företaget har fortsatt att utveckla och implementera tekniken där elbilar från Nissan kan bistå med att driva kritiska laster i Japan i samband med naturkatastrofer, bilen blir en ny typ av reservkraftsgenerator. Exempel inkluderar drift av en respirator på en intensivvårdsavdelning och kraftförsörjning för matlagning [119]. Nissan hade fram till år 2020 etablerat partnerskap med över 60 japanska kommuner för att genom V2X kunna bistå med återhämtning efter kriser.

Efter satsningarna i Japan skedde nästa våg av resiliensfokuserade V2X-applikationer i USA. Flera fordonstillverkare och andra aktörer har byggt lösningar för V2X som reservkraftsgeneratorer. I samband med lanseringen av elbilen Ford F-150 Lightning år 2022 så lanserades även möjligheten att använda bilen som reservkraft till det egna hemmet vid strömavbrott. Ford:s ”Home Backup Power” kan leverera 9,6 kW i topp effekt, enligt Ford kan ett fulladdat bilbatteri räcka till att driva hemmet i upp till tre dygn [120]. Systemet kräver dock relativt omfattande och kostsamma installationer i hemmet [121]. Cirka ett år efter lanseringen uppgavs det att cirka 8 % av F-150 Lightning kunderna hade installerat systemet i sitt hushåll. Efter Ford har flera amerikanska fordonstillverkare lanserat sina egna lösningar. GM lanserade sin lösning år 2024, med liknande funktionalitet som Ford:s reservkraftslösning [122]. Även Tesla har lanserat en reservkraftslösning för sin modell Cybertruck [96]. Förutom dessa initiativ på personbilsmarknaden finns det även exempel på skolbussar som kan agera som reservkraftsaggregat, både för att undvika strömavbrott och för att driva kritiska laster vid strömavbrott [83].

Resiliensapplikationen för V2X i Europa befinner sig i ett tidigare skede jämfört med USA och Japan. I Europa, som varit en ledande region för utveckling och test av V2X, har hittills en stor majoritet av projekt och initiativ riktats mot V2X i normala driftförhållanden. Frågan har dock växt i betydelse, där reservkraft från en växande elbilsflotta ses som ett nytt möjligt verktyg för att stärka den civila beredskapen. Ett exempel är IVL-projektet ”I elsystemet tjänst: Hur kan elektrifierade transporter stötta vid kris?” som nämndes även i avsnitt 2.1 [6]. Projektet är finansierat av Energimyndigheten och undersöker potentialen för V2X i resiliensapplikationer med Gotland som fallstudie.

## 9 Slutreflektioner

Denna nulägesrapport illustrerar en snabb utveckling för V2X både i Sverige och internationellt. Mycket har skett sedan publiceringen av den tidigare syntesrapporten från 2023. Denna rapport har identifierat 18 nationella forsknings- och utvecklingsprojekt som finansierats och startats sedan dess. Ett antal större EU-projekt har också finansierats under perioden efter den första rapporten. Forsknings- och utvecklingsprojekten har undersökt ett brett spektrum av frågor inkluderande teknik, standarder, användare och kommersialisering.

Tekniken har i forsknings- och utvecklingsprojekt pekats på potential för V2X att bidra till ökad stabilitet i elsystemet, ökat nyttjande av förnybar och intermittent elproduktion, optimerad elanvändning på hushållsnivå, samt tillhandahållande av reservkraft vid störningar, kriser och andra oförutsägbara händelser. Hittills är dessa potentialer dock främst teoretiska. Trots att ett antal kommersiella initiativ har identifierats har tekniken ännu inte applicerats i någon större skala, och tekniska utmaningar kvarstår i flera applikationer. Det återstår även frågetecken rörande vilka värden som kan realiseras av V2X och för vem, där det sannolikt finns betydande skillnader mellan användarfall samt lokala och nationella kontexter, inklusive hur elnätsmarknader, elprisvolatilitet, penetration av smarta elmätare, och elsystemen i övrigt är utformade. Rapporten har identifierat ett antal länder som ligger i framkant rörande utvecklingen av V2X. Dessa är Nederländerna, Frankrike, Storbritannien, USA och Kina. Det kan även noteras att Sverige har etablerat en stark internationell position inom V2X, med en väl utvecklad forskningsmiljö och aktiva företag inom området. Utvecklingen i dessa länder kommer sannolikt att få en stor påverkan på hur V2X framskrider framöver. Av speciellt intresse är de länder i EU som delar EU-lagstiftning och standarder med den svenska marknaden.

Ett flertal direktiv, förordningar och lagförslag med direkt eller indirekt relevans för V2X är under utveckling eller implementering inom EU-landskapet. Dessa direktiv, förordningar och lagförslag visar att V2X har identifierats som ett viktigt område på EU-nivå. Hittills har V2X dock generellt inkluderats som ett möjligt och önskvärt tillägg till utbyggnaden av publik och privat laddinfrastruktur, och saknar idag den tydlighet som finns i lagstiftningen för enkelriktad laddinfrastruktur. Det är därför för tidigt att dra slutsatser rörande effekten av dessa regulatoriska instrument. Dels för att det är oklart hur dessa kommer att implementeras i nationell lagstiftning, dels för att det är osäkert till vilken utsträckning dessa instrumentet kommer vara tvingande för alla relevanta aktörerna. Exempelvis huruvida fordonstillverkare kommer inkluderas i lagstiftning för att främja interoperabilitet, vilket är en fråga som lyftes i intervjun med en representant från IEA:s Task 53.

Interoperabilitet är en central och relaterad fråga för området. Ska ”*elbil X endast fungerar med laddare Y*” eller ska användare fritt kunna välja elbil, laddare och tjänsteplattform oberoende av leverantör? På sikt verkar det sannolikt att området kommer röra sig mot det sistnämnda eller åtminstone ett mer öppet system. Likt det som har skett med bred uppslutning för standardiserad laddning. Samtidigt är det troligt att en övergångsperiod präglas av mer slutna eller proprietära lösningar, till exempel i form av direkta samarbeten mellan fordonstillverkare, laddutrustnings-

tillverkare, aggregatorer och elnätsbolag. Samtliga av de kommersiella initiativ som redovisats i rapporten bygger på proprietära lösningar.

En kritisk aspekt för att realisera interoperabilitet är färdigställande och implementering av standarder, där specifikt kommunikationsstandarden ISO 15118-20 mellan fordon och laddare är prioriterad i närtid. En viktig uppdatering för ISO 15118-20 förväntas bli implementerad under 2026, vilket öppnar upp för bland annat standardiserade lösningar för AC-V2G. Vidare pekar rapporten från CoW på vikten av datadelning för kommunikation över *hela* värdekedjan för V2X, inte enbart mellan fordon och laddare.

En annan viktig faktor som identifieras i flera pågående forskningsprojekt är behovet av tydliga monetära incitament (eller andra icke-monetära värden) för elbilsanvändare att upplåta sina fordonsbatterier för olika typer av tjänster. Elbilsbatterier är kostsamma tillgångar, och användare behöver uppleva att nyttan överstiger de upplevda riskerna, såsom ökat slitage, minskad flexibilitet eller komplexitet i vardagsanvändningen. Detta ställer krav på smarta och robusta styralgoritmer som på ett effektivt sätt kan balansera systembehov mot användarnas preferenser och krav på ersättning. Samtidigt har V2X fördelen att elbilsbatteriets huvudsakliga syfte är att utföra transportarbete, investeringskostnaden för att kunna genomföra V2X är därmed låg eller icke-existerande på fordonssidan. Den inkrementella investeringen uppstår i stället för laddare. Dubbelriktade laddare är i dagsläget uppskattningsvis upp till tre gånger dyrare än traditionella enkelriktade laddare, där DC-laddare är betydligt dyrare än AC-laddare. Även om detta kostnadsgap sannolikt kan minska i takt med teknikutveckling och skalfördelar, samt möjliga framtida riktade styrmedel för V2X-laddare. Det kan noteras att V2X i resiliensapplikationer genom främst ö-drift ännu är ett relativt utforskat område i Europa och dess merkostnader relativt en konventionell V2X-installation är för närvarande oklara.

Relationen mellan system och användare är sannolikt också ”dubbelriktad” på så vis att det krävs någon form av engagemang från användare, exempelvis gällande förändrade inkopplingsbeteenden. En väl fungerande affärsmodell gynnas troligen av att användare har en grundläggande förståelse för hur systemen fungerar och ges incitament för att ta en aktiv roll i värdeskapandet. Detta inkluderar både insikt i de egna behoven och preferenserna, samt verktyg för att kommunicera dessa på ett enkelt och effektivt sätt, exempelvis gällande avresetider eller prioritering mellan laddning och leverans av V2X-tjänster. Här ser vi ett behov av mer användarcentrerad forskning, liksom informationsinsatser, utbildning och transparens i hur värden skapas och fördelas.

## 10 Referenser

- [1] Power Circle, "Vehicle to Everything," April 2023. [Online]. Available: [https://powercircle.org/syntes\\_v2x.pdf](https://powercircle.org/syntes_v2x.pdf).
- [2] European Union, "Regulation (EU) 2023/1804 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU (Text with EEA relevance)," 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023R1804>.
- [3] Framtidens Elsystem, "Elbilars potential att bidra med frekvensreglering," [Online]. Available: <https://www.framtidenssystem.se/Projekt/elbilars-potential-att-bidra-med-frekvensreglering>. [Använd 2026].
- [4] Framtidens Elsystem, "Arbetsplatsbaserad smart och dubbelriktad elbilsladdning som stödtjänster åt elnätet (Dubbel-Stöd)," [Online]. Available: [https://www.framtidenssystem.se/Projekt/arbetsplatsbaserad-smart-och-dubbelriktad-elbilsladdning-som-st%C3%B6dtj%C3%A4nster-%C3%A5t-eln%C3%A4tet--\(dubbel-st%C3%B6d\)](https://www.framtidenssystem.se/Projekt/arbetsplatsbaserad-smart-och-dubbelriktad-elbilsladdning-som-st%C3%B6dtj%C3%A4nster-%C3%A5t-eln%C3%A4tet--(dubbel-st%C3%B6d)). [Använd 2026].
- [5] Framtidens Elsystem, "Elkvalitetsaspekter från olika typer av fordonsladdning," [Online]. Available: <https://www.framtidenssystem.se/Projekt/elkvalitetsaspekter-fr%C3%A5n-olika-typer-av-fordonsladdning>. [Använd 2026].
- [6] IVL, "I elsystemets tjänst: Hur kan elektrifierade transporter stötta vid kris?," 2025. [Online]. Available: <https://www.ivl.se/vart-erbjudande/forskning/transporter/i-elsystemets-tjanst.html>. [Använd 2026].
- [7] Chalmers, "Spelet om ägande: att utforska inverkan av laddstationers ägandeform på potentialen för V2G," 2025. [Online]. Available: <https://research.chalmers.se/project/11871>. [Använd 2026].
- [8] RISE, "En kartläggning av potentialer för V2X," [Online]. Available: <https://www.ri.se/sv/fordon-och-framtidens-transport/elektromobilitet/projekt/en-kartlaggning-av-potentialer-for-v2x>. [Använd 2026].
- [9] RISE, "Villahushållens potential att bidra till frekvensreglering genom V2G," [Online]. Available: <https://www.ri.se/sv/energi-och-elektrifiering/energilagring/batterier/projekt/villahushallens-potential-att-bidra-till>. [Använd 2026].
- [10] Framtidens Elsystem, "Truck2Grid: Assessing V2G Applications in Freight Transport," [Online]. Available: <https://www.framtidenssystem.se/Projekt/truck2grid%3A-assessing-v2g->

applications-in-freight-transport. [Använd 2026].

- [11] Allt om Elbil, "Nytt svenskt forskningsprojekt använder elbil för att stötta elnätet," 2025. [Online]. Available: <https://alltomelbil.se/nytt-svenskt-forskningsprojekt-anvander-elbil-for-att-stotta-elnatet/>. [Använd 2026].
- [12] Sustainable Innovation, "Hur kan bilanläggningar bidra till ett starkare elnät?," [Online]. Available: <https://sustainableinnovation.se/projekt/hur-kan-bilanlaggningar-bidra-till-ett-starkare-elnat/>. [Använd 2026].
- [13] Uppsala Universitet, "Elbilsförare i förarsätet," 2024. [Online]. Available: <https://www.uu.se/institution/samhallsbyggnad-och-industriell-teknik/nyheter/arkiv/2024-11-27-elbilsforare-i-forarsatet>. [Använd 2026].
- [14] Vinnova, "Implementering av Fordon-till-Nät-tjänster i Sverige," 2025. [Online]. Available: <https://www.vinnova.se/p/implementering-av-fordon-till-nat-tjanster-i-sverige/>. [Använd 2026].
- [15] Vinnova, "Förstudie V2G vid flygplatser," 2025. [Online]. Available: <https://www.vinnova.se/p/forstudie-v2g-vid-flygplatser/>. [Använd 2026].
- [16] Dukaten, "Först i Sverige – Linköping testar elbilar som energiresurs i stadsmiljö," 2025. [Online]. Available: <https://dukatens.se/forst-i-sverige-linkoping-testar-elbilar-som-energiressurs-i-stadsmiljo/>. [Använd 2026].
- [17] Vinnova, "V2Logistics: Vehicle-to-Grid för godstransporter: Förstudie om affärsmodeller," 2025. [Online]. Available: <https://www.vinnova.se/p/v2logistics-vehicle-to-grid-for-godstransporter-forstudie-om-affarsmodeller/>. [Använd 2026].
- [18] Chalmers, "V2G för att hantera variationer i elsystemet," 2024. [Online]. Available: <https://research.chalmers.se/project/11765>. [Använd 2026].
- [19] Swedish Electromobility Centre, "Life-Cycle Assessment on Vehicle to X," [Online]. Available: <https://emobilitycentre.se/life-cycle-assessment-on-vehicle-to-x/>. [Använd 2026].
- [20] Swedish Electromobility Centre, "Annual Report 2024," 2024.
- [21] Kaila, "Boost your innovation," [Online]. Available: <https://kaila.eu/>. [Använd 2026].
- [22] Interreg Central Europe, "V4Grid," [Online]. Available: <https://www.interreg-central.eu/projects/v4grid/?tab=home>. [Använd 2026].
- [23] Interreg North Sea, "About the Super Smart Charging Hubs project," [Online]. Available: <https://www.interregnorthsea.eu/ssch/about-the-super-smart-charging-hubs-project>. [Använd 2026].
- [24] European Commission, "Novel current control for climate neutral energy infrastructure," 2026. [Online]. Available:

- <https://cordis.europa.eu/project/id/101192615>. [Använd 2026].
- [25] European Commission, "ENABLING LARGE E-FLEETS PARTICIPATION IN POWER SYSTEMS OPTIMISATION THROUGH MASS DEPLOYMENT OF PEOPLE-FRIENDLY, LOW-COST INFRASTRUCTURE AND INTEROPERABLE VEHICLES," [Online]. Available: <https://cordis.europa.eu/project/id/101192753>. [Använd 2026].
- [26] European Commission, "Physical degradation model-based feedback control design for efficient EV battery BMS integration," [Online]. Available: <https://cordis.europa.eu/project/id/101151911>. [Använd 2026].
- [27] European Commission, "Integrating reinforcement learning and predictive control for smart home energy management," [Online]. Available: <https://cordis.europa.eu/project/id/101110832>. [Använd 2026].
- [28] European Commission, "iNnovative EV-charging EnviRonment for Future Low-cost mAss deploymenT," [Online]. Available: <https://cordis.europa.eu/project/id/101192973>. [Använd 2026].
- [29] European Commission, "First European Large-Scale Vehicle-To-Grid Demonstrator for an efficient decarbonisation of the energy sector," [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43089234/101039021/INNOVFUND>. [Använd 2026].
- [30] European Commission, "Large-scale vehicle-to-grid system with integrated stationary storage: harnessing EV batteries and their fast response to deliver grid services, currently provided by highly polluting gas plants," [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43089234/101038849/INNOVFUND>. [Använd 2026].
- [31] RISE, "Analys av dubbelriktad laddning för en flotta godsfraktande elfordon," 2026. [Online]. Available: <https://www.ri.se/sv/projekt/analys-av-dubbelriktad-laddning-for-en-flotta-godsfraktande-elfordon>. [Använd 2026].
- [32] V2G-Quests, "V2G-Quests," [Online]. Available: <https://v2g-quests.eu/>. [Använd 2026].
- [33] EV4EU, "V2X Cluster," 2023. [Online]. Available: <https://ev4eu.eu/v2xcluster/>. [Använd 2026].
- [34] C. Bartusch, T. Ringenson och S. Renström, "Dansmästaren - Dansar elbilsägare efter det lokala elnätets pipa?," Uppsala Universitet, Uppsala, 2023.
- [35] J. Wehner, P. Stelling, J. Khan och M. Lantz, "Interaktion mellan elfordon och elnät. Fallstudier (delrapport 2)," Lunds Universitet, Lund, 2024.
- [36] P. Blomqvist, E. Löfblad, E. Nyholm och e. al, "Ett elsystem för elfordon - Analys och rekommendationer för en effektiv utbyggnad av laddinfrastruktur,"

Energiforsk, Stockholm, 2024.

- [37] È. Martins Silva Ramos, T. Lindgren, J. Andersson och J. Hagman, "Users' perspectives of bi-directional charging in public environments," [Online]. Available: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1989007/FULLTEXT01.pdf>.
- [38] D. Steen, L. Anh Tuan och A. Sridhar, "Unlocking the Value of Public EV Chargers: A Data-Driven Case Study from Gothenburg, Sweden," 2025. [Online]. Available: [https://evs38-program.org/images/Proceedings/D%20Charging%20Infrastructure%20and%20ogrid%20integration/316\\_Unlocking%20the%20Value%20of%20Public%20EV%20Chargers%20A%20Data-Driven.pdf](https://evs38-program.org/images/Proceedings/D%20Charging%20Infrastructure%20and%20ogrid%20integration/316_Unlocking%20the%20Value%20of%20Public%20EV%20Chargers%20A%20Data-Driven.pdf). [Använd 2026].
- [39] J. Hellgren och D. Jung, "Cost Evaluation of Vehicle-to-Grid Technology in Sweden using Learning-based Trading Strategy," *IEEE Xplore*, 2026.
- [40] R. Khezri, D. Steen och L. Anh Tuan, "Optimal EV Charge Scheduling Considering FCR Participation and Battery Degradation," *IEEE Xplore*, 2024.
- [41] M. Mohammadreza, R. Khezri, M. Mohiti, L. Anh Tuan och D. Steen, "Effects of Calendar and Cycle Ageing on Battery Scheduling for Optimal Energy Management: A Case Study of HSB Living Lab," *IEEE Xplore*, 2024.
- [42] Future Mobility, "Implementation Roadmap for Swedish Automotive Vehicle-to-Grid Services in California," [Online]. Available: <https://futuremobility.lindholmen.se/en/project/implementation-roadmap-swedish-automotive-vehicle-grid-services-california>. [Använd 2026].
- [43] SCALE, "What is SCALE?," [Online]. Available: <https://scale-horizon.eu/what-is-scale/>. [Använd 2026].
- [44] SCALE, "SCALE Local Communications Plans. Project deliverable D6.2," 2023.
- [45] SCALE, "Turning EV Fleets into Grid Assets. White Paper".
- [46] SCALE, "Business Case Analysis. Project deliverable D3.3," 2025.
- [47] SCALE, "Return on Investment Calculation. Project deliverable D5.1".
- [48] SCALE, "Monitoring and demonstration activities. Project deliverable D4.2," 2025.
- [49] SCALE, "V2G product/software. Project deliverable D2.4," 2025.
- [50] SCALE, "Lessons Learned Report. Project deliverable D3.4," 2025.
- [51] FLOW, "Factors influencing user acceptance of smart charging and V2X concepts. Deliverable 2.2," 2024.
- [52] M. Secchi, D. Macii, G. Barchi och M. Marinelli, "Centralised vehicle-to-grid smart charging supported by PV generation for power variance minimisation at

- the transformer: A user's perspective analysis," *ScienceDirect. eTransportation*, vol. 24, 2025.
- [53] FLOW, "New business models and economic opportunities for e-mobility stakeholders. Deliverable 5.2," 2025.
- [54] FLOW, "Building as a grid with DC microgrid and BTM optimization. Deliverable D6.3," 2025.
- [55] FLOW, "Validation Plan and Assessment Methodology & KPIs. Deliverable 7.1," 2024.
- [56] EV4EU, "EV Users' Needs and Concerns - Preliminary Report. Deliverable D 3.1," 2023. [Online]. Available: [https://ev4eu.eu/wp-content/uploads/2023/11/Attachment\\_0-2023-11-03T002557.262.pdf](https://ev4eu.eu/wp-content/uploads/2023/11/Attachment_0-2023-11-03T002557.262.pdf). [Använd 2026].
- [57] EV4EU, "Control Strategies for V2X Integration in Buildings. Deliverable D2.2," 2023. [Online]. Available: <https://ev4eu.eu/wp-content/uploads/2024/01/EV4EU-D2.2-Control-Strategies-for-V2X-Integration-in-Buildings.pdf>. [Använd 2026].
- [58] V2G hub, "OVO Energy V2G (Project Sciurus)," [Online]. Available: <https://www.v2g-hub.com/projects/ovo-energy-v2g-project-sciurus/>. [Använd 2026].
- [59] EV4EU, "Decision support tool for high-level coordination of V2X management strategies. Deliverable D3.6," 2025. [Online]. Available: [https://ev4eu.eu/wp-content/uploads/2025/12/D3.6\\_Decision-support-tool-for-high-level-coordination-of-V2X.EV4EU.29-08-2025.v1.0\\_final\\_submitted.pdf](https://ev4eu.eu/wp-content/uploads/2025/12/D3.6_Decision-support-tool-for-high-level-coordination-of-V2X.EV4EU.29-08-2025.v1.0_final_submitted.pdf). [Använd 2026].
- [60] Github, "Open Vehicle-To-Grid Management Platform (O-V2X-MP)," [Online]. Available: <https://github.com/EV4EU/ov2xmp>. [Använd 2026].
- [61] C. Dalamagkas, V. D. Melissianos, G. Papadakis och e. al, "The Open V2X Management Platform: An intelligent charging station management system," *Elsevier. Information Systems*, vol. 129, 2025.
- [62] Spark, "New Study on Smart and Bidirectional Recharging," [Online]. Available: <https://www.sparklegalpolicy.eu/news/new-study-on-smart-and-bidirectional-recharging/>. [Använd 2026].
- [63] V2G hub, "Insights," [Online]. Available: <https://www.v2g-hub.com/insights/>. [Använd 2026].
- [64] Enlit, "China sets up 30 large-scale vehicle-to-grid pilot projects," 2025. [Online]. Available: <https://www.enlit.world/library/china-sets-up-30-large-scale-vehicle-to-grid-pilot-projects>. [Använd 2026].

- [65] IEA, "Trends in electric car markets," 2025. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025/trends-in-electric-car-markets-2>. [Använd 2026].
- [66] GOV.UK, "Innovation in vehicle-to-grid (V2G) systems: real-world demonstrators," 2017. [Online]. Available: <https://apply-for-innovation-funding.service.gov.uk/competition/29/overview>. [Använd 2026].
- [67] GOV.UK, "£30 million investment in revolutionary V2G technologies," 2018. [Online]. Available: <https://www.gov.uk/government/news/30-million-investment-in-revolutionary-v2g-technologies>. [Använd 2026].
- [68] Transport + Energy, "Project trials V2G workplace charging," Oktober 2024. [Online]. Available: <https://transportandenergy.com/2024/10/24/project-trials-v2g-workplace-charging/>. [Använd 2026].
- [69] GOV.UK, "V2X Innovation Programme (closed to applications)," 2023. [Online]. Available: <https://www.gov.uk/government/publications/v2x-innovation-programme>. [Använd 2026].
- [70] GOV.UK, "V2X Innovation Programme: Phase 2 projects," 2024. [Online]. Available: <https://www.gov.uk/government/publications/v2x-innovation-programme-successful-projects/v2x-innovation-programme-phase-2-successful-projects>. [Använd 2026].
- [71] Veolia, "Veolia successfully completes pioneering V2G trial in the UK: Waste collection trucks become a flexible energy source to boost energy security," 2024. [Online]. Available: [https://www.veolia.com/sites/g/files/dvc4206/files/document/2024/01/Finance\\_PR\\_Veolia\\_V2G\\_waste-collections\\_trucks\\_01-12-2024.pdf](https://www.veolia.com/sites/g/files/dvc4206/files/document/2024/01/Finance_PR_Veolia_V2G_waste-collections_trucks_01-12-2024.pdf). [Använd 2026].
- [72] Octopus EV, "Powerloop is expanding to take part in the UK's largest flexibility market," Oktober 2021. [Online]. Available: <https://octopusev.com/ev-hub/powerloop-is-expanding>. [Använd 2026].
- [73] Octopus EV, "Octopus & BYD turbocharge EV revolution with all inclusive car and charging bundle," 2025. [Online]. Available: <https://octopus.energy/press/octopus-byd-turbocharge-ev-revolution-with-all-inclusive-car-and-charging-bundle/>. [Använd 2026].
- [74] IEEE Spectrum, "This Dutch City Is Road-Testing Vehicle-to-Grid Tech," 2022. [Online]. Available: <https://spectrum.ieee.org/vehicle-to-grid>. [Använd 2026].
- [75] European Commission, "Two European cities advance vehicle-to-grid (V2G) solutions," 2025. [Online]. Available: [https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/news-events/news/two-european-cities-advance-vehicle-grid-v2g-solutions-2025-07-04\\_en](https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/news-events/news/two-european-cities-advance-vehicle-grid-v2g-solutions-2025-07-04_en). [Använd 2026].
- [76] The Sharing Group, "Eindhoven becomes the second Dutch city to launch car sharing with vehicles that feed energy back into the electricity grid," 2025. [Online]. Available: <https://press.thesharinggroup.com/258529-eindhoven>.

becomes-the-second-dutch-city-to-launch-car-sharing-with-vehicles-that-feed-energy-back-into-the-electricity-grid/. [Använd 2026].

- [77] The Mobility House, "Why France has overtaken Germany in vehicle-to-grid," 2025. [Online]. Available: [https://mobilityhouse-energy.com/int\\_en/knowledge-center/article/france-before-germany-v2g](https://mobilityhouse-energy.com/int_en/knowledge-center/article/france-before-germany-v2g). [Använd 2026].
- [78] CRE, "Electricity networks," 2024. [Online]. Available: <https://www.cre.fr/en/electricity/electricity-networks/electricity-networks.html>. [Använd 2026].
- [79] ENEDIS, "Projet aVenir : en 2030, les français piloteront la recharge de leur véhicule électrique," 2023. [Online]. Available: <https://www.enedis.fr/presse/projet-avenir-en-2030-les-francais-piloteront-la-recharge-de-leur-vehicule-electrique>. [Använd 2026].
- [80] IEEE Spectrum, "False Starts: The Story of Vehicle-to-Grid Power," 2023, [Online]. Available: <https://spectrum.ieee.org/v2g>. [Använd 2026].
- [81] Motortrend, "For Us, It'll Cost \$18K to Power a House With Our Ford F-150 Lightning," 2023. [Online]. Available: <https://www.motortrend.com/reviews/2022-ford-f-150-lightning-yearlong-review-update-1-sunrun-backup-power>. [Använd 2026].
- [82] CPUC, "PG&E Vehicle-to-Everything Pilots," 2025. [Online]. Available: <https://www.cpuc.ca.gov/-/media/cpuc-website/divisions/energy-division/documents/transportation-electrification/energization/pge-v2x-pilots-summary-202509.pdf>. [Använd 2026].
- [83] World Resources Institute, "Latest Lessons from Electric School Bus Vehicle-to-Grid Programs," 2025. [Online]. Available: <https://www.wri.org/update/electric-school-bus-v2g-lessons-examples>. [Använd 2026].
- [84] Climate Cooperation China , "New policy supports the integration of new energy vehicles into the power grid," 2024. [Online]. Available: <https://climatecooperation.cn/climate/new-policy-supports-the-integration-of-new-energy-vehicles-into-the-power-grid/>. [Använd 2026].
- [85] National Development and Reform Commission, "Notice on Promoting the Pilot Work of Large-Scale Application of Vehicle-to-Network Interaction (NDRC Energy Office [2024] No. 718)," 2024. [Online]. Available: [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202409/t20240910\\_1392926.html?](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202409/t20240910_1392926.html?) [Använd 2026].
- [86] CNESA, "No. 20,000! China's Largest V2G Demonstration Project Completed," 2025. [Online]. Available: <https://en.cnesa.org/latest-news/2025/10/9/no-20000-chinas-largest-v2g-demonstration-project-completed>. [Använd 2026].
- [87] EV, "Nio Participates in Vehicle-to-Grid Demonstration Discharge with Over 100 EVs," 2025. [Online]. Available: <https://electric-vehicles.com/nio/nio->

- participates-in-vehicle-to-grid-demonstration-discharge-with-over-100-evs/. [Använd 2026].
- [88] NDRC, "电动汽车充电设施服务能力“三年倍增”行动方案," [Online]. Available: <https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202510/P020251015596625238420.pdf>. [Använd 2026].
- [89] The Mobility House, "Mobilize Power: The world's first vehicle-to-grid product for end customers," [Online]. Available: [https://mobilityhouse-energy.com/int\\_en/the-worlds-first-vehicle-to-grid-product-for-end-customers-renault-mobilize](https://mobilityhouse-energy.com/int_en/the-worlds-first-vehicle-to-grid-product-for-end-customers-renault-mobilize). [Använd 2026].
- [90] EV Infrastructure News, "Netherlands gets its first private V2G service as Renault targets solar-equipped EV drivers," 2025. [Online]. Available: <https://www.evinfrastructurereads.com/v2g/netherlands-gets-its-first-private-v2g-service-as-renault-targets-solar-equipped-ev-drivers>. [Använd 2026].
- [91] Octopus EV, "Power Pack Bundle," [Online]. Available: <https://octopusev.com/power-pack-bundle>. [Använd 2026].
- [92] Renault Group, "Utrecht becomes Europe's first city with a vehicle-to-grid (V2G) car-sharing service," Juni 2025. [Online]. Available: <https://media.renaultgroup.com/utrecht-becomes-europes-first-city-with-a-vehicletogrid-v2g-carsharing-service/?lang=fra>. [Använd 2026].
- [93] The Driven, "The shared vehicle-to-grid fleet that is helping relieve grid congestion in evening peaks," November 2025. [Online]. Available: <https://thedriven.io/2025/11/14/the-shared-vehicle-to-grid-fleet-that-is-helping-relieve-grid-congestion-in-evening-peaks/>. [Använd 2026].
- [94] Electrify, "'Utrecht Energized' launched: How bidirectional charging is set to make the breakthrough," 2025. [Online]. Available: <https://www.electrify.com/2025/06/11/utrecht-energized-launched-how-bidirectional-charging-is-set-to-make-the-breakthrough/>. [Använd 2026].
- [95] J. Murray och M. Troilo, "Understanding the V2X Strategies of Auto-OEMs," Spark by LCPDelta, 2026.
- [96] Tesla, "Powershare. Power Anything With Cybertruck," [Online]. Available: <https://www.tesla.com/powershare#how-it-works>. [Använd 2026].
- [97] Tesla, "Tesla Electric," [Online]. Available: <https://www.tesla.com/support/tesla-electric>. [Använd 2026].
- [98] European Union, "Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council," Oktober 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023L2413>. [Använd 2026].


- [99] European Commission, "Automotive package documents," December 2025. [Online]. Available: [https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/automotive-package-documents\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/automotive-package-documents_en). [Använd 2026].
- [100] ACER, "NC RfG DC Recommendation: Annex 1 – Amended RfG Regulation," December 2023. [Online]. Available: [https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Recommendations\\_annex/ACER\\_Recommendation\\_03-2023\\_Annex\\_1\\_NC\\_RfG\\_clean.pdf](https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Recommendations_annex/ACER_Recommendation_03-2023_Annex_1_NC_RfG_clean.pdf). [Använd 2026].
- [101] European Union, "Regulation (EU) 2023/1804 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU," September 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023R1804>. [Använd 2026].
- [102] European Commission, "Electricity market design," [Online]. Available: [https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/electricity-market-design\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/electricity-market-design_en). [Använd 2026].
- [103] ACER, "Recommendation DR NC. Annex 1 – Amended Demand Response Network Code," Mars 2025. [Online]. Available: [https://www.svk.se/49011b/contentassets/804348fee89e4c4b8fa01aeac346f74b/acer\\_recommendation\\_01-2025\\_dr\\_nc-annex1\\_amended\\_dr\\_nc.pdf](https://www.svk.se/49011b/contentassets/804348fee89e4c4b8fa01aeac346f74b/acer_recommendation_01-2025_dr_nc-annex1_amended_dr_nc.pdf). [Använd 2026].
- [104] European Union, "Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast)," April 2024. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32024L1275>. [Använd 2026].
- [105] ISO, "ISO 15118-20:2022/FDAmD 1," [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/87920.html>. [Använd 2026].
- [106] M. Piffaretti, Interviewee, *Operating Agent Task 53*. [Intervju]. Februari 2026.
- [107] A. Funke, A. Kaltwasser, L. Schmitt och e. al, "JOINT REPORT by European Working Group 1 "Car Charging and Aggregators" and European Working Group 2 "Energy and Grid Topics" in the "Coalition of the Willing on Bidirectional Charging"," 2024. [Online]. Available: [https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/P-R/coalition-of-the-willing-on-bidirectional-charging-en.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8&utm\\_source=chatgpt.com](https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/P-R/coalition-of-the-willing-on-bidirectional-charging-en.pdf?__blob=publicationFile&v=8&utm_source=chatgpt.com). [Använd 2026].
- [108] OwnersManuals2.com, "2025 Volkswagen ID. Buzz Owner's Manual - RHD (UK, Australia)," December 2024. [Online]. Available: <https://ownersmanuals2.com/volkswagen/id-buzz-2025-owners-manual-rhd-uk-australia-102744>. [Använd 2026].

- [109] United Nations, "UN Global Technical Regulation on In-vehicle Battery Durability for Electrified Vehicles," April 2022. [Online]. Available: [https://unece.org/sites/default/files/2023-01/ECE\\_TRANS\\_180a22e.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2023-01/ECE_TRANS_180a22e.pdf). [Använd 2026].
- [110] Horiba, "What are Euro 7 Emission Standards?," [Online]. Available: <https://www.horiba.com/int/mobility/applications/emissions-performance-and-durability/euro-7/>. [Använd 2026].
- [111] S. Letendre, "Highway to Scale: Why the AC/DC Debate is Slowing Down V2G," V2G News, [Online]. Available: <http://v2gnews.com/blog/highway-to-scale-why-the-ac-dc-debate-is-slowing-down-v2g/>. [Använd 2026].
- [112] BMW Group, "Germany's first bidirectional Vehicle-to-Grid (V2G) charging offer from BMW Group and E.ON: Wallbox and electricity tariff now available to order," Februari 2026. [Online]. Available: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/To455460EN/germany%E2%80%99s-first-bidirectional-vehicle-to-grid-v2g-charging-offer-from-bmw-group-and-e-on:-wallbox-and-electricity-tariff-now-available-to-order?language=en>. [Använd 2026].
- [113] ambibox, "Bidirectional charging made easy," 2026. [Online]. Available: <https://www.ambibox.de/>. [Använd 2026].
- [114] eMove360°, "Ford and Octopus Energy launch bidirectional charging: up to 16,000 kilometers possible free of charge," Februari 2026. [Online]. Available: <https://www.emove360.com/ford-and-octopus-energy-launch-bidirectional-charging-up-to-16000-kilometers-possible-free-of-charge/>. [Använd 2026].
- [115] N. Van den Steen, L. Vanhaverbeke och D. Verbist, "Consumer Monitor 2025: EU drivers' view on electric cars," European Alternative Fuels Observatory, Bryssel, 2026.
- [116] C. Zhang, H. Kitamura och M. Goto, "Behavioral insights into vehicle-to-grid (V2G) adoption: Beyond economic perspectives," *Elsevier. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 228, 2026.
- [117] Laddningsbox, "Laddbox till elbil: Jämför populära modeller," [Online]. Available: <https://www.laddningsbox.se/laddbox/>. [Använd 2026].
- [118] Nissan Motor Corporation, "Powering resilience: How EVs can help communities bounce back after a disaster," September 2019. [Online]. Available: <https://global.nissannews.com/en/releases/release-b8a1567ee6066d582c91ef8f1dob47ad-190920-00-e>. [Använd 2026].
- [119] Nissan Motor Corporation, "Nissan RE-LEAF: Power when it's needed, where it's needed," September 2020. [Online]. Available: <https://global.nissannews.com/en/releases/nissan-re-leaf-power-when-its-needed-where-its-needed>. [Använd 2026].

- [120] Ford, "What is Ford Home Backup Power?" 2026. [Online]. Available: [https://www.ford.com/support/how-tos/electric-vehicles/home-charging/what-is-ford-home-backup-power/?srsltid=AfmBOop2V-5sOxIUagy0-4QehyspAmSFuex\\_nZ25pIDBJG1DESk51VVt](https://www.ford.com/support/how-tos/electric-vehicles/home-charging/what-is-ford-home-backup-power/?srsltid=AfmBOop2V-5sOxIUagy0-4QehyspAmSFuex_nZ25pIDBJG1DESk51VVt). [Använd 2026].
- [121] Motortrend, "For Us, It'll Cost \$18K to Power a House With Our Ford F-150 Lightning," Januari 2023. [Online]. Available: <https://www.motortrend.com/reviews/2022-ford-f-150-lightning-yearlong-review-update-1-sunrun-backup-power>. [Använd 2026].
- [122] Utility Dive, "GM Energy rolls out its first vehicle-to-home EV charging products," April 2024. [Online]. Available: <https://www.utilitydive.com/news/GM-energy-launches-first-vehicle-to-home-charging-products-v2h/713988/>. [Använd 2026].

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,800 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 800 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.

	RISE Research Institutes of Sweden AB Box 857, 501 15 BORÅS Telefon: 010-516 50 00 E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se	Elektromobilitet RISE Rapport: 2026:45 ISBN: 978-91-90109-74-8
---	---	--