

Case Study: Potentie van *Vehicle-to-Vehicle* (V2V) laden op laadpleinen

Samenvatting

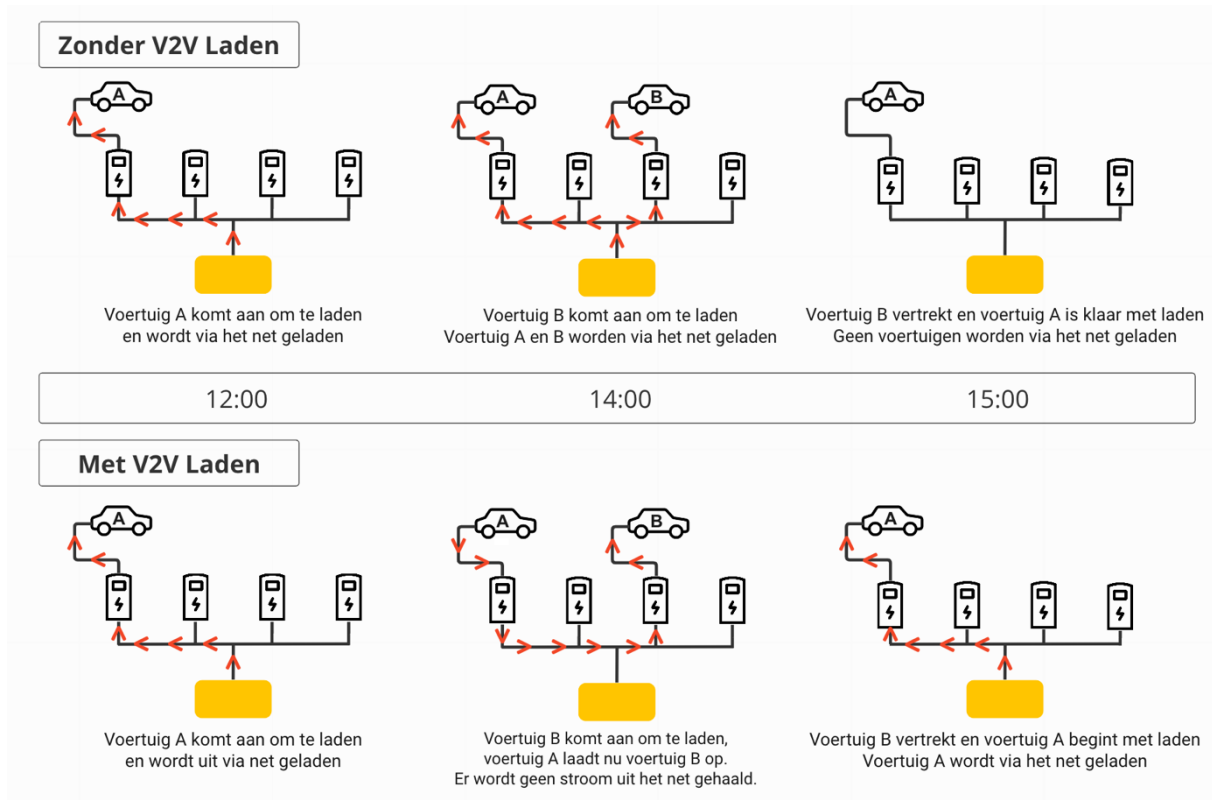
Deze case study is een aanvulling op het [Slimmer laden op Laadpleinen](#) onderzoek, ook uitgevoerd in het kader van de [Proeftuin Slimme Laadpleinen](#). In dit onderzoek is gekeken of V2V laden een interessante aanvulling kan zijn op netbewust laden zoals toegepast bij 'Slimmer Laden op Laadpleinen'. Eerst is gekeken wat voor opties er zijn voor V2V laden en hun kenmerken. Hieruit blijkt dat er een optie is tussen direct (voertuig naar voertuig zonder tussenkomst van laadpaal) en indirect (met tussenkomst van laadpaal en net) V2V laden. Hoewel direct V2V laden efficiënter is, is het niet praktisch in te zetten op laadpleinen en is in deze case study uitgegaan van indirect V2V laden. Daarna is ingegaan op de technische vereisten van laadinfra voor V2V laden. Met een fysieke V2V test op een laadplein in Culemborg is getest of V2V laden hier mogelijk is. Deze test heeft uitgewezen dat wanneer twee voertuigen op het laadplein aangesloten staan, waarbij de ene laadt en de andere ontlaadt, dat de stroom van het ene voertuig naar het andere voertuig gaat en achter de meter blijft. Tot slot is er gekeken naar de potentie van V2V laden op laadpleinen. Om zowel netcongestie te minimaliseren als bij [netbewust laden](#) als een prijsoptimalisatie. Hieruit blijkt dat V2V laden een nog betere piekreductie kan realiseren van 84%, 36% en 59% ten opzichte van regulier laden voor woon-, werk- en bestemmingslaadpleinen. Wat betreft de prijsoptimalisatie kan V2V een kostenreductie realiseren van 30%, 22% en 20% voor woon-, werk- en bestemmingslaadpleinen. Hieruit blijkt dat V2V laden (op laadpleinen), als medebouwsteen kan dienen voor de versnelling van elektrificatie van EV. Meer onderzoek naar de toepassing van V2V laden is nodig om de potentie op grote schaal te bepalen en de impact van het laden en ontladen van de batterij in kaart te brengen. Ook naar de technische aspecten rondom efficiëntie en timing en de impact op V2V laden is verder onderzoek aanbevolen.

1. Inleiding

Deze case study bouwt voort op data en inzichten uit het onderzoek 'Slimmer Laden op Laadpleinen'. In dit onderzoek is op basis van verbruiksdata van 22 laadpleinen uit de 'Proeftuin Slimme Laadpleinen' de classificatie van laadpleinen bepaald (woon-, werk-, of bestemmingsprofiel) en de potentiële piekreductie per type in kaart gebracht door netbewust laden. Een voorwaarde voor de proeftuin was dat gerealiseerde laadpalen op de laadpleinen Vehicle-to-Grid (V2G) ready zijn. V2G laden is een manier van bidirectioneel laden waarbij stroom wordt terug geleverd aan het net, wanneer er vraag is naar stroom. V2G inzetten op deze laadpleinen wordt als hulpmiddel gezien om netcongestie tegen te gaan of als business case voor CPO's. Zo worden elektrische voertuigen (EV's) ontladen op momenten wanneer er elders in het net, stroom nodig is. En voertuigen opgeladen wanneer dit gunstig is in termen van stroomprijs of netbelasting. Het ontladen van EV's biedt meer mogelijkheden dan alleen elektriciteit terug leveren aan het net. Naast V2G is het ook mogelijk om de stroom te leveren aan andere voertuigen, bekend als Vehicle-to-Vehicle (V2V) laden. Als voertuigen elkaar onderling op een laadplein kunnen voorzien van stroom, blijft de stroom achter de aansluiting. EV's kunnen dan mogelijk goedkoper geladen worden en tegelijk het piekvermogen van een laadplein (verder) reduceren. In deze case study onderzoeken we de potentie van V2V op laadpleinen.

2. Uitleg van V2V-Concept

Bij V2V laden is het mogelijk een voertuig te voorzien van stroom door een ander voertuig. In figuur 1 is te zien dat om 14:00 in het onderste scenario voertuig B wordt geladen met stroom uit voertuig A. Op dit moment wordt er geen stroom uit het net gehaald, terwijl voertuig B wel kan opladen.

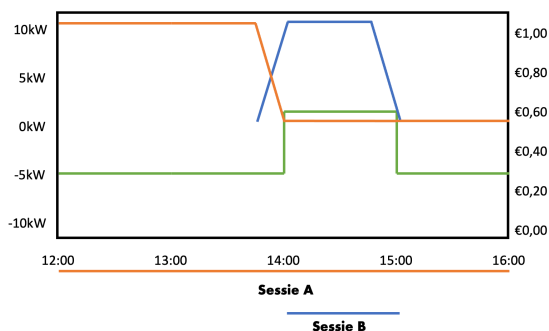


Figuur 1 Situatieschets zonder en met V2V laden

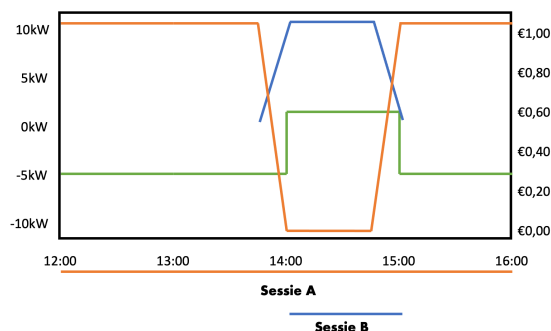
Op sommige momenten is stroom uit het net halen ongunstig door hoge kosten of druk op het net. Het kan dan interessant zijn stroom uit een ander voertuig te halen, om vervolgens dat voertuig op een later moment te laden, wanneer de stroom weer goedkoper is of het net minder belast is. Hieronder laat een rekenvoorbeeld zien hoe je kosten kan besparen door V2V laden.

Rekenvoorbeeld potentiële kostenbesparing V2V laden

In dit voorbeeld staat voertuig A van 12:00 – 16:00 aan de paal en voertuig B van 14:00 – 15:00. Stel dat de prijs per kWh €0,60 is tussen 14:00 – 15:00 en in de andere gevallen €0,30. Voertuig A behoeft 22kWh energie en voertuig B 11kWh. Normaal gesproken zal voertuig A laden van 12:00 – 14:00 voor €6,60 (22 kWh * €0,30) en zal voertuig B laden tussen 14:00 – 15:00 voor €6,60 (11 kWh * €0,60) wat neerkomt op €13,20, zoals te zien in figuur 2. Echter, als voertuig A voertuig B van stroom kan voorzien van 14:00 – 15:00, door te ontladen en zelf van 15:00 – 16:00 deze stroom weer bijlaadt, zijn de totale kosten voor de 33kWh uit het net €9,90 (33 kWh * €0,30) in plaats van €13,20. Hiermee wordt in dit voorbeeld totaal €3,30 (25%) bespaard.



Figuur 2 Voorbeeld slim laden zonder V2V



Figuur 3 Voorbeeld slim laden met V2V

Dit voorbeeld is ook toepasbaar wanneer gewenst is de netbelasting te minimaliseren rond een bepaald tijdstip, zoals in de avondpiek tussen 17:00 en 23:00.

3. Doelstelling

In deze case study kijken we naar de potentie van V2V laden op laadpleinen. De potentie van V2V laden is eerder wel onderzocht, maar niet op laadpleinen (meerdere palen op 1 netaansluiting). Het doel is om te onderzoeken of dit technisch mogelijk is en wat de opbrengsten hiervan zijn.

Hieruit vloeien de volgende onderzoeksvragen voort:

1. Wat is er al bekend over V2V laden (op laadpleinen)?
2. Is V2V laden technisch mogelijk op laadpleinen en wat zijn de technische aandachtspunten?
3. Wat is de potentie (in termen van vermindering netcongestie of prijsoptimalisatie) van V2V op laadpleinen gegeven laadsessies?

4. Methode

We zijn het onderzoek gestart met een literatuuronderzoek om vast te stellen wat al bekend is op het gebied van V2V laden (op laadpleinen).

Om onderzoeksvraag 2 te beantwoorden is een test uitgevoerd op een laadplein uit de 'Proeftuin Slimme Laadpleinen' om te kijken of V2V laden, op het laadplein, technisch mogelijk is. Hierbij werd voertuig A ontladen en voertuig B opgeladen, terwijl de stroom achter de aansluiting bleef.

Om de theoretische potentie van V2V laden op laadpleinen te testen (onderzoeksvraag 3) is net als in het onderzoek 'Slimmer Laden op Laadpleinen' gekeken naar data uit 2022 van 26 laadpleinen uit de 'Proeftuin Slimme Laadpleinen'. In dat onderzoek is gesimuleerd in hoeverre de vermogenspiek op laadpleinen gereduceerd kan worden tussen 17:00 en 23:00 uur (avondpiek). Dit is gedaan met een minimaal vermogen van 4 en 0 kW, ook wel [netbewust laden](#) genoemd. In dit onderzoek kijken we in toevoeging op netbewust laden naar de potentie van V2V laden om de netcongestie in de avondpiek te minimaliseren en voegen we een optimalisatie voor de prijs van het laden toe.

In de analyse voor het minimaliseren van netcongestie in de avondpiek is de potentie van V2V afgezet tegen twee scenario's uit het onderzoek 'Slimmer Laden op Laadpleinen'. In scenario 1 is er voor EV's op de laadpleinen tijdens de avondpiek een minimaal vermogen van 4 kW beschikbaar. EV's laden dan 4 kW, tenzij meer vermogen nodig is om aan de energievraag te voldoen. In scenario 2 is er voor EV's 0 kW in de avondpiek beschikbaar, oftewel de sessie wordt uitgesteld, tenzij meer vermogen nodig is om aan de energievraag te voldoen.

In de analyse van de prijsoptimalisatie is de potentie van V2V ook afgezet tegen twee scenario's waar 4 kW en 0 kW beschikbaar zijn voor de EV's op het laadplein, tenzij meer vermogen nodig is om aan de energievraag te voldoen. Echter, in deze analyse gelden de beschikbare vermogens in beide scenario's de hele dag, niet alleen in de avondpiek. Het ontwikkelde model houdt in deze analyse rekening met de *day ahead* prijs van de EPEX Spot markt en probeert te laden op het goedkoopste moment. Ook probeert het model te ontladen wanneer er op een later moment goedkoper geladen kan worden, vergelijkbaar met het voorbeeld in hoofdstuk 2.

In de analyse zijn de volgende aannames verwerkt:

1. Er is bekend wanneer het voertuig aankomt, weggaat en hoeveel energie een voertuig wil laden.
2. Het vermogen dat uit het net gehaald wordt, is gelijk bij regulier laden en geoptimaliseerd V2V laden.
3. Een voertuig kan alleen stroom ontladen welke eerst op het laadplein geladen is. Een EV kan daardoor nooit minder stroom hebben dan bij aankomst.
4. Een sessie kan per kwartier ontladen op opladen met minimaal -11kW of maximaal 11kW. Er wordt dus uitgegaan van 3-fase laden, ook voor sessies die 1-fase kunnen laden.
5. Het totale vermogen dat uit het net gehaald wordt, moet altijd groter of gelijk zijn aan 0 kW. Dit voorkomt dat voertuigen V2G gaan laden. Als ze ontladen, moet de stroom naar een ander voertuig gaan.

5. Resultaten

5.1 Huidige vormen en toepassingen van V2V

Vehicle-to-Vehicle laden is in twee ‘vormen’ mogelijk. De eerste vorm is wanneer er direct van het ene voertuig naar het andere voertuig stroomoverdracht is, zoals zichtbaar is in figuur 3. Deze vorm heeft vooral als doel een voertuig van noodenergie te voorzien wanneer de batterij leeg is. Een dergelijke opstelling is niet praktisch en bovenal waarschijnlijk onrealiseerbaar op laadpleinen, aangezien er toegang verleend moet worden tot het voertuig dat stroom ontlaadt.



Figuur 4 Direct V2V laden

Een andere, meer praktische vorm van V2V laden is indirect laden. Bij een laadplein kunnen voertuigen stroom terug leveren aan het laadplein via de laadpaal. Als er een ander voertuig staat te laden, zal deze stroom direct afgenomen worden en niet teruggestuurd worden in het net. Zo blijft de stroom achter de aansluiting en kan men spreken van V2V laden. Deze hypothese hebben we fysiek getest op een laadplein in Culemborg. De resultaten van deze test bespreken we in 5.2.

Onderzoek naar vormen van V2V laden tonen voornamelijk de directe optie als use-case voor V2V laden. Men kan beargumenteren dat indirect V2V laden eigenlijk een vorm is van V2G gevolgd door G2V laden. In een onderzoek uit 2018¹ zijn de verschillende vormen van V2V laden onder de loep genomen. De hoofdconclusie uit het onderzoek is dat indirect V2V laden ongeveer 10% minder efficiënt is dan direct V2V laden, door het twee keer converteren tussen AC en DC. Neem wel in ogenschouw dat normaal AC laden ook al een verlies hanteert van ongeveer 5%, wat dus ook speelt bij terug laden via een DC-lader. Indirect V2V laden moet ondanks de inefficiëntie wel lucratief blijven, om de toepasbaarheid te vergroten. De daadwerkelijke efficiëntie is mede afhankelijk van het type voertuig en het type laadpaal.

Dit onderzoek richt zich op indirect V2V laden. Direct V2V laden is niet praktisch toepasbaar op het laadplein gebruikt in deze case study.

¹ https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/67309/1/V2V_2018_v6_repositorium.pdf

5.2 Test met fysiek V2V laden

Om de indirecte vorm van V2V laden te testen is er een testopstelling gemaakt op een laadplein in Culemborg. Twee voertuigen zijn hier tegelijk aangesloten op het laadplein waarbij het ene voertuig ontladend en de andere oplaadend. Het doel was om hier te testen hoe het voertuig zou reageren en of de stroom direct door het voertuig opgenomen zou worden zonder dat deze terug het net opgaat. In de eindrapportage 'Testen en Metingen Laadpleinen', welke later nog gepubliceerd wordt, wordt in meer detail uitgelegd hoe deze test uitgevoerd is.

Uit de test viel te concluderen dat indirect V2V laden achter de aansluiting werkt. Hierbij werd duidelijk dat de stroom afkomstig uit het voertuig dat aan het ontladen was, direct in de batterij van het voertuig die aan het laden was kwam. Tijdens metingen op de hoofdaansluiting was te zien dat er geen stroom het net opgestuurd werd. Zolang een AC of DC V2G paal beschikbaar is, is het al mogelijk om V2V te laden op een laadplein. Mede omdat DC-palen een omvormer bevatten, zijn deze duurder in aanschaf, dus minder lucratief. Wel gaan AC en DC-palen anders om met energieverlies. Verder onderzoek naar de verschillen hierin is nodig.

5.3 Theoretische potentie V2V

De resultaten van de uitgevoerde analyse op basis van data van laadpleinen uit de 'Proeftuin Slimme Laadpleinen' laten zien dat V2V laden de theoretische potentie heeft om de avondpiek en laadkosten op laadpleinen te reduceren. Hieronder bespreken we de resultaten voor beide analyses.

Minimalisatie avondpiek

V2V laden op laadpleinen kan voor een nog grotere piekreductie zorgen dan de toepassing van netbewust laden uit het onderzoek 'Slimmer Laden op Laadpleinen'. De resultaten lopen uiteen per type laadplein. Waar er minder gelijktijdigheid is, is er meer ruimte voor V2V laden. Als sessies namelijk gelijk starten en stoppen, dan is er weinig ruimte om te schuiven met sessies. Juist daar waar sessies elkaar overlappen en in elkaar overlopen kunnen voertuigen elkaar voorzien van stroom.

Laadprofieltype	Netbewust laden 4 kW	Netbewust laden 0 kW	V2V laden
Woon	-34%	-77%	-84%
Werk	-16%	-34%	-36%
Bestemming	-23%	-49%	-59%

Tabel 1 Overzicht piekreductie tussen 17 en 23 uur

Tabel 1 laat zien dat per type laadprofiel verschillende grotere piekreducties mogelijk zijn. Waar eerst 0 kW de ondergrens was, is het nu mogelijk terug te leveren aan andere voertuigen. Hierdoor is er zelfs een piekreductie van 84% mogelijk bij laadpleinen met een woontype laadprofiel. Ook bij pleinen met een bestemmingslaadprofiel neemt de piekreductie toe van 49% naar 59%. Voor laadpleinen met het type werk levert V2V weinig verbetering op van 34% naar 36%. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het feit dat sessies veelal overdag laden door het werklaadprofiel en er dus weinig geschoven kan worden uit de avondpiek.

Prijs optimalisatie

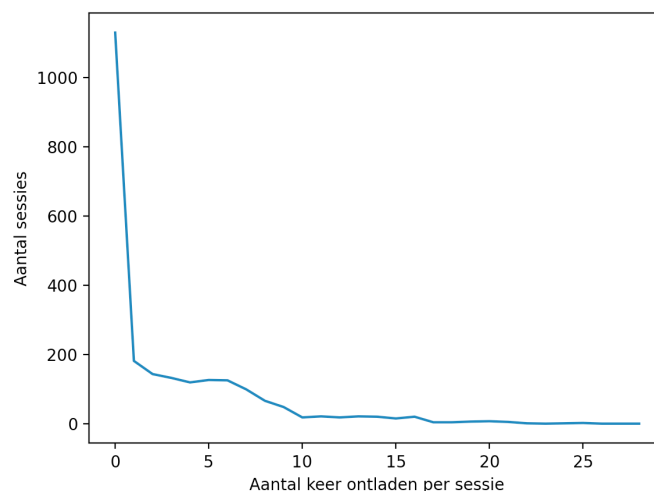
De prijs optimalisatie laat de potentie tot kostenreductie voor laden zien in alle geanalyseerde scenario's. In het scenario waar minimaal 4 kW geladen wordt, kan een kostenreductie van 10% voor woon-, 11% voor werk- en 8% voor bestemmingslaadprofielen behaald worden op laadpleinen. Wanneer er geladen wordt met minimaal 0 kW zien we een verbetering tot een kostenreductie van 27% voor woon-, 22% voor werk-, en 17% voor bestemmingslaadprofielen op de laadpleinen. In het tweede scenario is een duidelijk verschil te zien per type laadplein. Bij bestemmingslaadpleinen is er over het algemeen minder kostenreductie mogelijk dan bij woonlaadpleinen. V2V laden laat een nog grotere potentie voor kostenreductie zien: 30% voor woon-, 22% voor werk-, en 20% voor bestemmingslaadprofielen. Met name de woon- en bestemmingslaadpleinen profiteren dus van V2V laden, werklaadpleinen hebben er minder baat bij.

Laadprofieltype	Minimaal 4 kW	Minimaal 0 kW	V2V laden
Woon	-10%	-27%	-30%
Werk	-11%	-22%	-22%
Bestemming	-8%	-17%	-20%

Tabel 2 Overzicht kostenreductie *day ahead* prijs

Laadsessieverloop tijdens V2V laden

Tot slot laat figuur 5 een overzicht zien van het aantal keer dat er ontladen wordt per sessie. In dit voorbeeld voor een specifiek laadplein, wordt er het grootste deel van de sessies 0 keer ontladen, in deze gevallen is er geen ruimte om te ontladen. Voor de andere sessies ontladt het grootste deel een paar keer per sessie. Voor 7,5% van de sessies wordt er vaker dan 10 keer ontladen per sessie. Dit gebeurt wanneer er vaak geswitcht wordt tussen opladen en ontladen. In principe gebeurt dit ook tijdens het accelereren en regeneratief remmen tijdens het rijden, wat een bekende handeling is voor een EV. Dit hoeft niet per se een negatief effect te hebben op de batterijdegradatie. Het is vooral belangrijk voor de kwaliteit van de batterij om de State of Charge tussen de 25% en 75% te houden. Er is verder onderzoek nodig naar wat de effecten zijn van laden en ontladen met een tijdsinterval van een kwartier. Juist V2V laden kan hier ook aan bijdragen zoals besproken in eerder [onderzoek van ElaadNL](#).



Figuur 5 Aantal keer ontladen per sessie

6. Conclusies

De literatuur over V2V laden geeft aan dat er twee vormen beschikbaar zijn, direct en indirect V2V laden. Bij direct laden is er een directe verbinding tussen de voertuigen nodig, wat op laadpleinen niet praktisch is. De andere oplossing, indirect V2V laden, is met tussenkomst van laadinfrastructuur. Deze laatste optie is beschikbaar op laadpleinen als er een V2G laadpaal beschikbaar is. Uit de literatuur blijkt wel dat bij indirect V2V laden energieverlies optreedt van ongeveer 10%. Hier moet rekening mee gehouden worden bij het eventueel doorrekenen van een business case.

Een test voor indirect V2V laden op het laadplein in Culemborg heeft uitgewezen dat wanneer twee voertuigen op het laadplein aangesloten staan waarbij er een aan het laden is en een ontladen, de stroom direct van het ene voertuig naar het andere voertuig gaat. Ook is gebleken dat boven op de resultaten uit het onderzoek 'Slimmer Laden op Laadpleinen' er potentie ligt in het toepassen van V2V laden op laadpleinen ten behoeve van vermindering van netcongestie en kosten. Zo is te zien dat ter vermindering van de vermogenspiek in de avond een reductie van 84%, 36% en 59% haalbaar is voor respectievelijk woon-, werk- en bestemmingslaadprofielen, ten opzichte van 77%, 34% en 49% bij netbewust laden met 0kW (zonder V2V laden). Wanneer er gekeken wordt naar kostenoptimalisatie is eveneens een reductie te zien van 30%, 22% en 20% voor woon-, werk- en bestemmingslaadprofielen. De bijdrage van V2V met betrekking tot netcongestie is zichtbaar. Bij de kostenoptimalisatie verbetert V2V maar een paar procent ten opzichte van netbewust laden. Zeker wanneer efficiëntie wordt meegewogen is dit maar een kleine verbetering.

V2V laden kan daarmee bijdragen aan het verminderen van netcongestie en tegelijkertijd de netbeheerder zekerheid bieden geen stroom terug het net op te sturen. Zo kan de capaciteit van de netaansluiting lager blijven, omdat het piekvermogen lager is terwijl hetzelfde aantal energie geladen kan worden. Ook kunnen exploitanten van laadinfrastructuur V2V toepassen om de kosten van het laden te reduceren, waarvan de e-rijder ook kan profiteren. V2V laden is daarom een interessante toepassing om op grotere schaal verder te onderzoeken. Niet alleen de business case rondom V2V vereist verder onderzoek, maar ook de implementatie ervan. Zo zijn efficiëntie en timing afhankelijk van laadinfrastructuur, voertuigen en de sturingssoftware. Verder onderzoek kan uitwijzen hoeveel hier nog te behalen valt qua efficiëntie. Tot slot kan verder onderzoek ook nog uitwijzen wat het exacte effect is van V2V laden is op de batterijdegradatie.

