

Variabele netcapaciteit Noord-Brabant/Limburg

Eindverslag



Inhoudsopgave

Begrippenlijst.....	3
Managementsamenvatting	4
Inleiding	5
Slim Laden	6
Slim Laden in Noord Brabant en Limburg	9
Mogelijke laadprofielen.....	9
Pilotgebieden.....	11
Aanpak en resultaten fase 1.....	11
Aanpak en resultaten fase 2.....	15
Gebruikerservaringen.....	18
Conclusies.....	19
Fase 1.....	19
Fase 2.....	19
Aanbevelingen.....	19
Conceptontwikkeling verbeteren.....	19
Offline scenario's.....	20
Capaciteitsverdeling op basis van fasen.....	20
Bijlage 1: Onderzoeksvragen	22
Bijlage 2: Laadprofiel fase 2.....	23

Begrippenlijst

A	Ampère (Coulomb per seconde); eenheid voor stroom
CPO	Charge Point Operator; beheerder en exploitant van publieke laadinfra
EV	Elektrisch voertuig
kWh	Kilowattuur (kilojoules per seconde in één uur); eenheid voor energie
Laadpaal	Locatie waar elektrische auto's kunnen worden opgeladen, doorgaans voorzien van twee laadsockets
Laadsocket	Aansluitpunt voor het opladen van één elektrisch voertuig
Middenspanningsruimte (MSR)	Ruimte waarin middenspanning (overwegend 10.000 tot 20.000V) wordt omgezet naar laagspanning (400V)
OpenADR	Open Automated Demand Response (OpenADR) is een open en gestandaardiseerd protocol, een manier voor elektriciteitsleveranciers en netwerkbeheerders om Demand Response (DR)-signalen met hun klanten te communiceren.
OSCP	Het Open Smart Charging Protocol communiceert voorspellingen over de beschikbare capaciteit van het elektriciteitsnet naar andere systemen.
Slim Laden	Het laden van EVs aansturen op basis van prijsprikkels en/of benutting van duurzame energie en/of beschikbare netcapaciteit.
V	Volt (Joules per Coulomb); eenheid voor spanning
W	Watt (Joules per seconde); eenheid voor vermogen

Auteurs:

Marisca Zweistra, Arjan Wargers, Carlijne ten Holte, Tim Hoogvliet, Paul Durieux

Managementsamenvatting

Aangezien elektrische voertuigen op nagenoeg dezelfde tijd aankomen bij laadpalen betekent het laden een enorme capaciteitsvraag voor het elektriciteitsnet, zowel op het gebied van te leveren energie (kWh) als op het gebied van de belasting van het elektriciteitsnet (W). Met name in de vroege avonduren (17:00- 20:00u) verwachten de netbeheerders op termijn, door de toename van het aandeel elektrische voertuigen, overbelasting van de elektriciteitsnetten.

Wanneer Slim Laden wordt toegepast, wordt het laden aangestuurd op basis van prikkels van bijvoorbeeld beschikbare (duurzame) energie, lage energieprijzen en ruimte op het lokale elektriciteitsnet. Hiermee zal het laden geheel of deels naar momenten van de dag verplaatst worden waarop het rustig is op het elektriciteitsnet.

4

In deze proef is voor de provincies Noord-Brabant en Limburg een Slim Laden concept onderzocht waarbij de daadwerkelijke belasting van het lokale net input is voor de toegestane laadsnelheid op groepen publieke laadpalen. De CPO mag de toegekende (nog) beschikbare ruimte op het lokale net naar eigen inzicht verdelen over de laadpalen in een groep. Een toekenning aan alleen de laadpunten met een actieve sessie, dat wil zeggen een voertuig met een laadvraag, is de meest eenvoudige verdeling. Deze vorm van Slim Laden wordt Netbewust Laden genoemd.

De eerste fase van de proef bestond uit “statische” capaciteitsprofielen die verdeeld werden over 7 groepen laadpalen in 6 gemeenten in Noord-Brabant en Limburg. De profielen waren elke dag hetzelfde, maar ze werden gaandeweg de projectfase aangescherpt, met als doel te onderzoeken vanaf wanneer de beschikbare capaciteit impact gaat hebben op de laadzekerheid van de EV-rijder en het verdienmodel van de charge point operator (CPO).

In de tweede fase werd dagelijks, een dag van tevoren, een nieuw capaciteitsprofiel opgesteld door de netbeheerder en via het nieuwe, toekomstbestendige, protocol OpenADR naar de CPO gestuurd.

Er werd met de statische capaciteitsprofielen een reductie van de avondpiek op het elektriciteitsnet bereikt tussen 35% en 49%. Het gevolg was echter wel dat gemiddeld 2% tot 4% minder energie geladen werd per sessie, vergeleken met de situatie zonder slim laden.

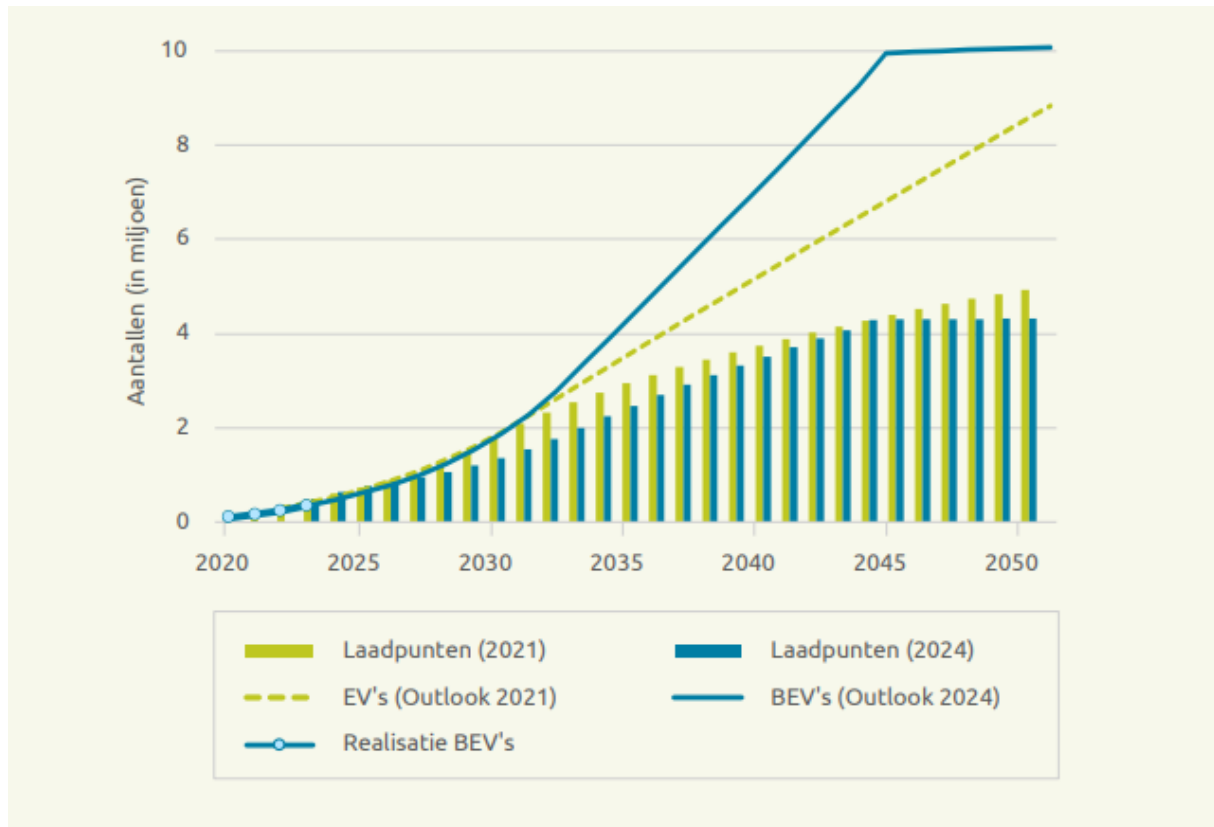
Met het dynamische capaciteitsprofiel werd een piekreductie gerealiseerd van 43% en werd gemiddeld tussen 3,3 en 5 % minder energie geladen per sessie. De dynamische capaciteitsprofielen nog niet op de meest optimale manier werden vastgesteld. Er is namelijk nog niet gewerkt met voorspellingen van de lokale netbelasting. Dit is een aanbeveling voor vervolgonderzoek.

Het verlies aan geladen energie ontstaat in sessies waarin kort geparkeerd wordt op een moment waarop de laadsnelheid maximaal beperkt wordt. Er is in dergelijke sessies niet voldoende tijd binnen de totale connectietijd om de langzamere laadsnelheid “in te lopen”.

Er is in de tweede fase van de proef aangetoond dat de opgestelde communicatieketen werkt en leidt tot het gewenste laadgedrag. OpenADR is geschikt gebleken om Netbewust Laden dynamisch toe te passen op een groep laadpalen.

Inleiding

Sinds 2019 zien we een verdere versnelling in de elektrificatie van vervoer. Het aandeel elektrische personenauto's (EVs), bussen en zwaardere voertuigen neemt nog altijd sterk toe. Dit wordt veroorzaakt door een samenspel van beleid en marktontwikkelingen. Hieronder vallen de doelstellingen uit het Klimaatakkoord, fiscaal beleid, de opkomst van milieuzones en strengere EU-normen. Belangrijke marktontwikkelingen zijn het toenemende aanbod van elektrische voertuigen als gevolg van de afnemende batterijprijzen en investeringen in elektrische mobiliteit.



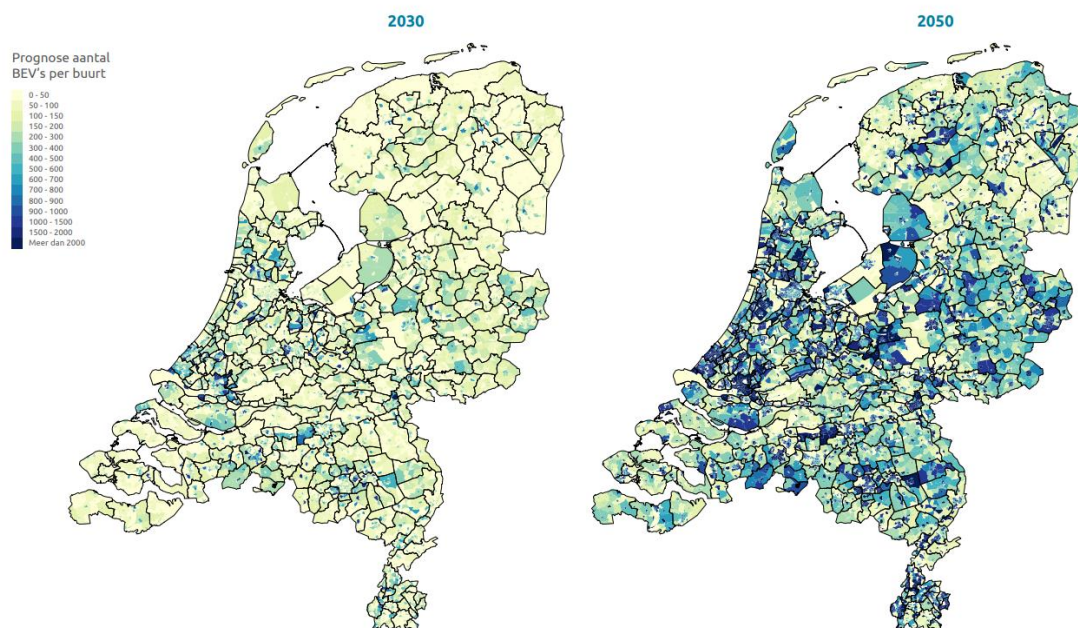
Figuur 1: De prognose van het totaal aantal elektrische voertuigen en laadpunten in Nederland wordt periodiek geüpdatet en werd onlangs voor de tweede opeenvolgende keer naar boven bijgesteld. (bron: ElaadNL Outlook Personenauto's 2024)

Voor de nabije toekomst wordt verwacht dat in eerste instantie vooral het aandeel elektrische personenauto's sterk zal toenemen. Uit de prognoses van ElaadNL volgt dat Nederland in 2030 rond de 2,25 miljoen volledig elektrische personenvoertuigen telt (figuur 1). Er wordt verwacht dat dan ongeveer 1,8 miljoen laadpunten nodig zullen zijn. Deze 1,8 miljoen laadpunten zullen niet in gelijke mate verdeeld over het land geplaatst zijn. De adoptie van elektrisch rijden gaat namelijk niet overal even snel. ElaadNL heeft met hulp van een spreidingsmodel in kaart gebracht op welke locaties de komende jaren elektrische auto's worden verwacht. Mede op basis hiervan is het verwachte aantal laadpunten locatiespecifiek in kaart gebracht. Er is hierbij onderscheid gemaakt in thuislaadpunten, werklaadpunten, publieke laadpunten en laadpleinen.

Zoals in figuur 2 te zien is zullen er al binnen afzienbare tijd gebieden zijn met een zeer hoge dichtheid aan laadpunten. Doordat automobilisten in de basis een zeer vergelijkbaar dagpatroon hebben, betekent een grote dichtheid aan laadpalen grote drukte op het lokale elektriciteitsnet tegen het eind van de werkdag in woonwijken en bij aanvang van de werkdag op kantoorlocaties.

Met een vermogensvraag die per auto tien keer groter is dan het piekvermogen van een huishouden en bovendien, in tegenstelling tot een traditioneel piekvermogen, uren aanhoudt is de impact van de komst van elektrische auto's op een woonwijk groot.

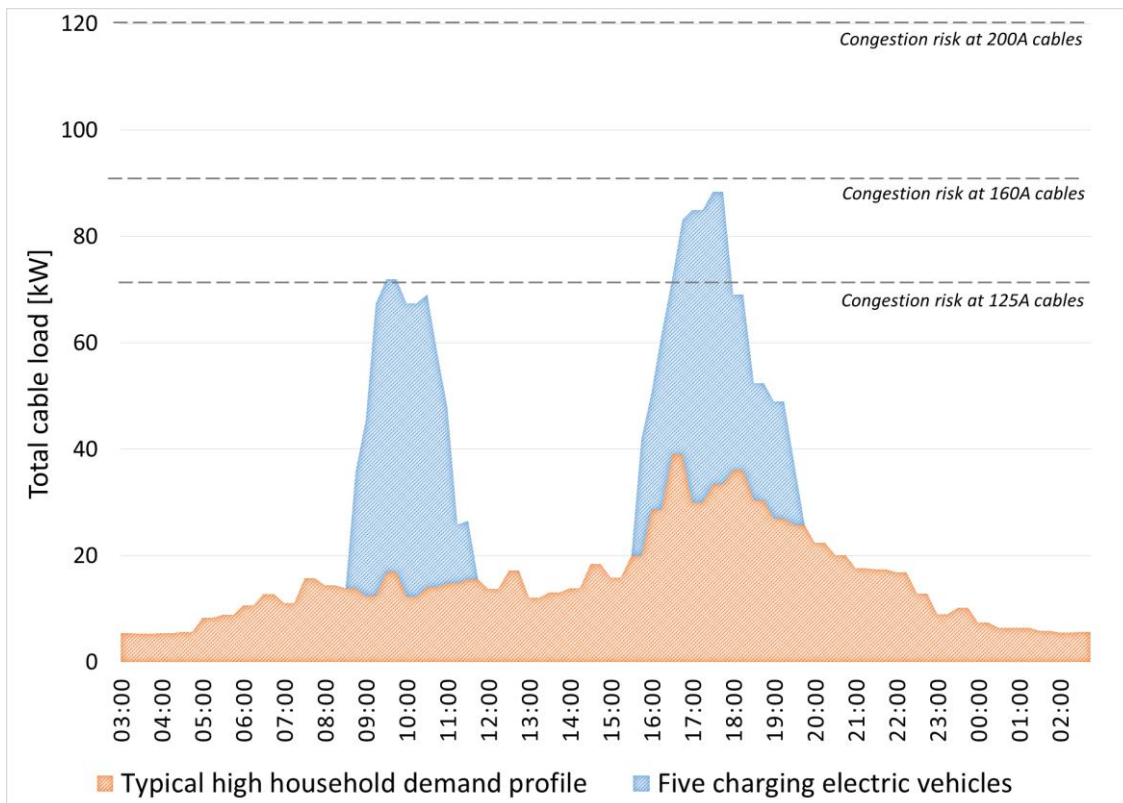
Alhoewel het Nederlandse elektriciteitsnet standaard zo'n 40% overcapaciteit heeft ten opzichte van de hoogste vermogensvraag, komt de bovengrens van de capaciteit snel in zicht wanneer de populatie elektrische voertuigen gaat toenemen. Zeker wanneer dit gebeurt in een gebied waar bij het ontwerp van het net nog geen rekening is gehouden met elektrisch rijden.



Figuur 2: prognose van het aantal elektrische voertuigen per buurt in 2030 en 2050. Duidelijk zichtbaar is dat met name de stedelijke gebieden al in 2030 een hoge dichtheid aan EVs gaan krijgen. (bron: ElaadNL Outlook Personenauto's 2024)

Slim Laden

De toename van elektrische voertuigen (EV) – en daarmee het gebruik van laadinfrastructuur – veroorzaakt flinke piekbelastingen in het laagspanningselektriciteitsnet, doordat het moment van laden het rijgedrag van de auto's volgt. Met name de avondpiek is te verwachten in de woonwijken, waar auto's op de eigen oprit of aan een publieke laadpaal zullen worden opgeladen. De ochtendpiek zal veelal op kantoorlocaties bij werkladers plaatsvinden. Dit kan leiden tot de situatie die is weergegeven in onderstaande figuur, die de uitkomst is van een (agent based) simulatie.



Figuur 3: output van een simulatiestudie uitgevoerd door Zenmo in opdracht van Enexis

Deze verwachte piekbelasting is van oudsher niet meegenomen in het ontwerp en de aanleg van de LS-netten. Door het laden los te koppelen van het rijgedrag en door het toegestane vermogen waarmee geladen wordt aan te passen aan de beschikbare netcapaciteit, kan overbelasting voorkomen of uitgesteld worden. Dit wordt Slim Laden genoemd.

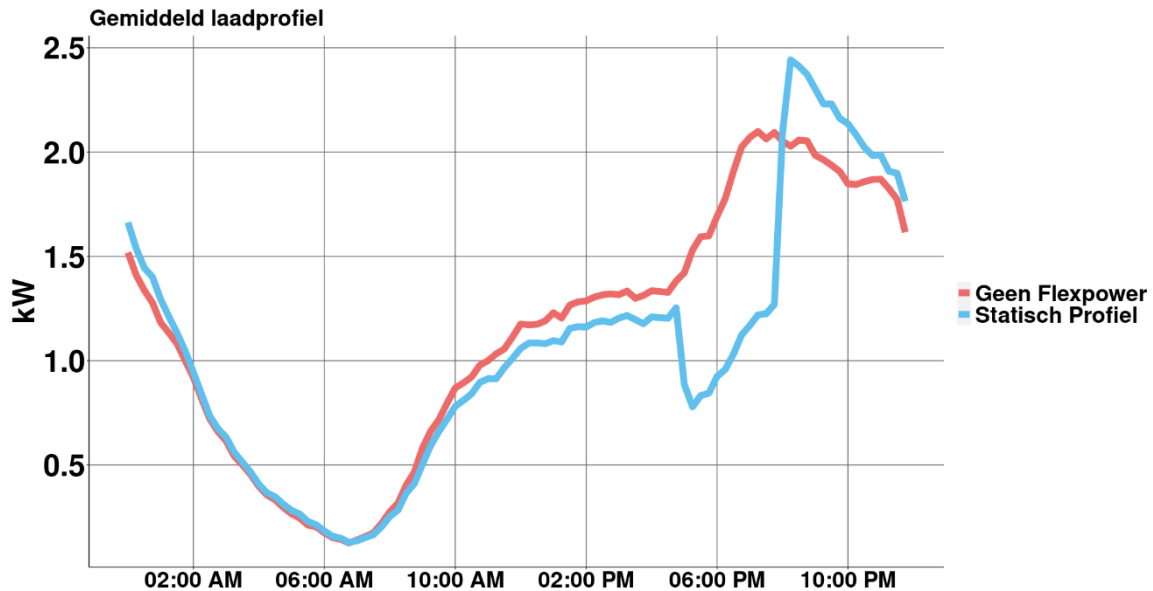
Om de steeds groter wordende vloot elektrische auto's probleemloos op te laden biedt Slim Laden de oplossing. Slim Laden houdt in dat het laden via stuursignalen wordt geleid naar momenten op de dag waar veel duurzame elektriciteit wordt opgewekt, er voldoende capaciteit op het elektriciteitsnet is of het laden goedkoper is. Meestal zal door het toepassen van Slim Laden de laadtijd worden verlengd, maar aangezien de parkeertijd doorgaans de tijd die nodig is om de gereden kilometers bij te laden ruim overtreft (de gemiddelde auto staat in Nederland 95% van de dag stil en rijdt slechts 35 km per dag) kan Slim Laden meestal worden toegepast zonder dat de EV-rijder daar iets van merkt.

Recente ervaringen met slim laden

In Amsterdam (project Flexpower1 en project Flexpower2 met Vattenfall) en in Gelderland en Overijssel (project variabele netcapaciteit Gelderland/Overijssel met Allego) is de afgelopen jaren ervaring opgedaan met het toepassen van een technisch afgedwongen statisch capaciteitsprofiel op publiek laden. In Amsterdam vond dit plaats zonder gebruikersinteractie, in Gelderland/Overijssel werd de EV-rijder de mogelijkheid geboden het Slim Ladenprofiel te weigeren.

De ervaring uit beide proeven is dat het beperken van de laadsnelheid tijdens piekuren voor alle betrokken stakeholders in potentie acceptabel is: de netbeheerder ervaart minder druk tijdens de uren van huishoudelijke piekbelasting en de EV-rijder heeft maar beperkt de behoefte het profiel te overrulen (3% van de sessies in de proef Gelderland/Overijssel maakte hier gebruik van, waarvan slechts een gedeelte daadwerkelijk kort parkeerde én de overgrote meerderheid van de gebruikers

deze functionaliteit slechts één keer gebruikte (vermoedelijk om deze te testen)). Aandachtspunt is wel de impact van de lagere kWh afzet van de CPO onder de huidige tariefvoorwaarden. Hoewel er in individuele laadsessies voldoende geladen wordt om de EV-rijder in de mobiliteitsbehoefte te voorzien, wordt er over het geheel minder kWh afgezet (een afname van tot 5% werd waargenomen in Flexpower). Dit is een significante impact op het verdienmodel van de CPO.



Figuur 4: resultaat uit de tweede Flexpower pilot (2019-2020). Het laden met een statische laadbeperking tijdens de piekuren leidt, na opheffing van de beperking, tot een tweede piek in de vermogensvraag. Bij hoge aantallen auto's kan deze tweede piek op zichzelf tot overbelasting gaan leiden.

Een nadeel van een dergelijk opgelegd statisch capaciteitsprofiel is dat de natuurlijke spreiding van aankoppeltijden ontbreekt op het moment waarop de beperkte laadsnelheid wordt opgeheven. Hierdoor ontstaat een abrupte extra vermogenspiek in de late avond (figuur 4), die op zichzelf tot problemen kan leiden voor de netbeheerder, ook al is de huishoudelijke vermogensvraag op dat moment gering ([verslag Gelderland/Overijssel](#); [verslag Flexpower2](#)). Daarnaast is de ervaring dat de individuele wijze van aansturing de aanwezige netcapaciteit niet optimaal benut: het is op rustige dagen een vorm van “overkill” om het profiel toe te passen op alle laadpunten in een gebied, terwijl er nauwelijks laadvraag is. Er kan met een statisch profiel per laadpaal namelijk geen rekening gehouden worden met de daadwerkelijke benuttingsgraad van het net.

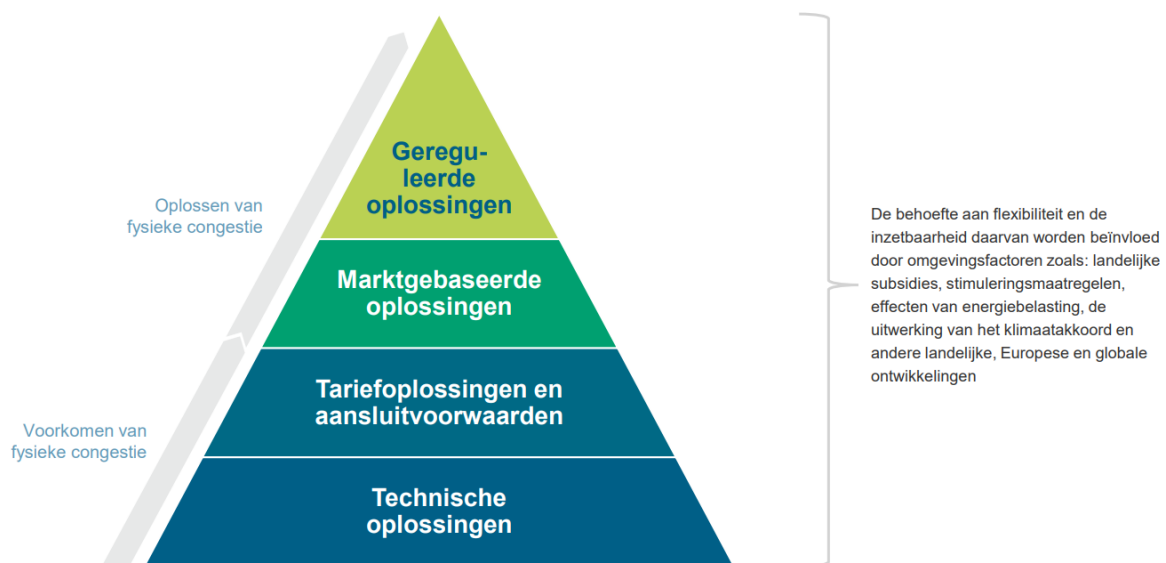
Het beschikbare vermogen is, zo blijkt uit de genoemde proeven, goed te verschuiven naar momenten waarop er een beperkte vermogensvraag is en er dus voldoende vermogen beschikbaar is (vaak de nachtelijke uren). Momenteel wordt in het programma “Slim Laden voor Iedereen”, dat wordt uitgevoerd door een werkgroep van de Nationale Agenda Laadinfrastructuur, gewerkt aan het concept dat Slim Laden de norm zal worden voor al het publieke en private laden. Een vorm hiervan is Netbewust Laden, dat veel overeenkomsten heeft met de aanpak in deze proef. Daarnaast wordt er door de netbeheerders gewerkt aan een nieuw tariefsysteem, dat is gericht op een eerlijkere kostenverdeling én op het verkrijgen van een dempend effect op pieken. De introductie van deze nieuwe tariefstructuur wordt pas verwacht rond 2025. Voor die tijd kunnen er lokaal al problemen m.b.t. piekbelasting optreden, bijvoorbeeld in gebieden waarin de overstap naar EV bovengemiddeld snel gaat en het elektriciteitsnet al intensiever gebruikt wordt dan gemiddeld.

Slim Laden in Noord-Brabant en Limburg

De maatregel die in dit project wordt onderzocht past in de tweede laag van de zogenaamde Flexpiramide (figuur 5) en betreft in de eerste fase een zogenaamd *statisch variabel* profiel. Statisch in de zin dat dit profiel elke dag hetzelfde is. Variabel in de zin dat gedurende de dag de beschikbare capaciteit per laadsessie verschilt. Er wordt ten eerste een constante basiscapaciteit vastgesteld per cluster van laadpunten dat op dezelfde middenspanningsruimte en/of kabel is aangesloten.

Daarbovenop wordt de vrije ruimte op het net geplaatst. Bij de uitvoering wordt, vergelijkbaar met de aanpak in de proef Flexpower3 ([verslag Flexpower3](#)), de beschikbaar gestelde capaciteit verdeeld over alleen de actieve laadsessies. Dat wil zeggen: alleen de laadpunten waar daadwerkelijk een laadsessie op plaatsvindt krijgen vermogen.

In de tweede fase van het project worden de groepsprofielen *dynamisch* vastgesteld en zijn zij dus niet meer elke dag hetzelfde.



Figuur 5: de flexpiramide (bron: Netbeheer Nederland)

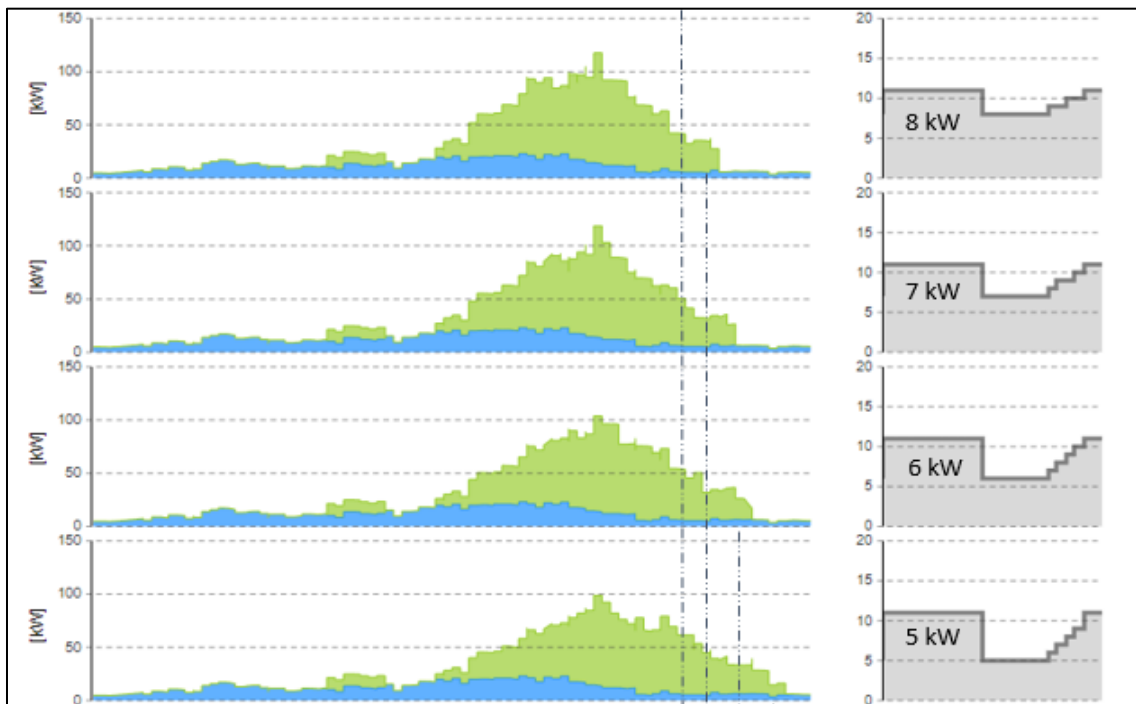
Het vastgestelde groepsprofiel wordt nadat de netbeheerder (DSO) het heeft verstuurd door de Charge Point Operator (CPO) op de laadpaal uitgevoerd. De laadpaal communiceert dit profiel met de EV en de EV volgt de laadpaal in deze. De CPO kan altijd besluiten om minder capaciteit aan de EV te verstrekken (om welke reden dan ook), maar nooit meer dan de maximale waarde die de aansluiting aankan óf die wordt toegestaan voor het gehele cluster.

De uitvoeringsvorm van het statisch variabele profiel is belangrijk, omdat een onzorgvuldig gekozen profiel alsnog tot een piek kan leiden. Op basis van simulaties met ± 30.000 laadtransacties is een aantal varianten van het variabele statische profiel bepaald. Enexis wil de gesimuleerde oplossing in de praktijk valideren binnen de concessie Noord-Brabant/Limburg.

Mogelijke laadprofielen

Onderstaande figuur toont de uitkomsten van de theoretische doorrekening van een aantal mogelijke laadprofielen voor de eerste fase. De profielen laten hierbij het toegestane vermogen voor één ladende auto zien.

Het is duidelijk te zien dat de laagste onderwaarde van het laadvermogen resulteert in de beste vermindering van de piek in de vermogensvraag.



Figuur 6: resultaten van doorgerekende laadprofielen uit de ZenMo-studie. In blauw het niet-flexibele verbruik (woningen) en in lichtgroen het flexibele verbruik (elektrische voertuigen).

Het '5 kW profiel' testen we in deze concessie, in een variant die ook bij aanvang van de beperking in laadvermogen stapsgewijs gaat. De snelheid waarmee het laadprofiel verandert van en naar de begrensde situatie laten we afhangen van de vorm van de huishoudelijke vermogensvraag in combinatie met de spreiding in aankomsttijden van de elektrische auto's.

Van de getoonde variant verwachten we dat deze de ongewenste "tweede piek" van het herstarten van het laden op vol vermogen zal tegengaan. Van de variant waarbij ook het moment van starten van de laadbepering geleidelijk gaat, verwachten we bovendien dat deze zal leiden tot een meer efficiënte benutting van de beschikbare netcapaciteit aan het eind van de middag, gedurende de uren waarop nog niet alle auto's aanwezig zijn in de wijk.

We onderzoeken, na het verkrijgen van voldoende meetdata, of het profiel verder aangepast kan worden, naar "strengere" laadprofielen. Uitgangspunt hierbij is dat de mobiliteit van de EV-rijder niet in het gedrang mag komen. Zie ook de bijlage "onderzoeksvragen", voor meer details over de proefopzet.

Het doel is om als netbeheerder (Enexis) gezamenlijk met CPO (Vattenfall) inzicht te krijgen in het effect bij de praktische toepassing van het variabele capaciteitsprofiel.

Pilotgebieden

Het pilotgebied van de eerste fase betreft 7 buurten in het concessiegebied Noord-Brabant en Limburg. Voor elke buurt is op basis van het ZenMo model een profiel opgesteld zoals beschreven in figuur 6.

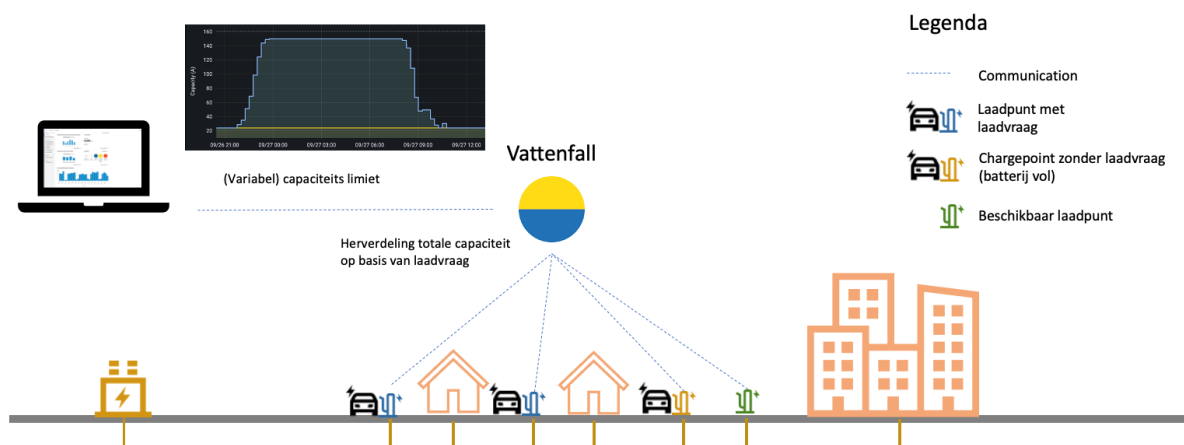
Tabel 1: overzicht van de pilotgroep met de bijbehorende ondergrenzen van het capaciteitsprofiel

Buurt	Gemeente	Aantal laadpunten	kW profiel
De Schutskamp	's-Hertogenbosch	8	5
Princenhage	Breda	8	6
Nederweert	Nederweert	12	3
Pannenschuur-Centrum	Oisterwijk	10	4
Centrum Moergestel	Oisterwijk	12	3
Centrum	Oosterhout	14	3
Vaals	Vaals	8	4

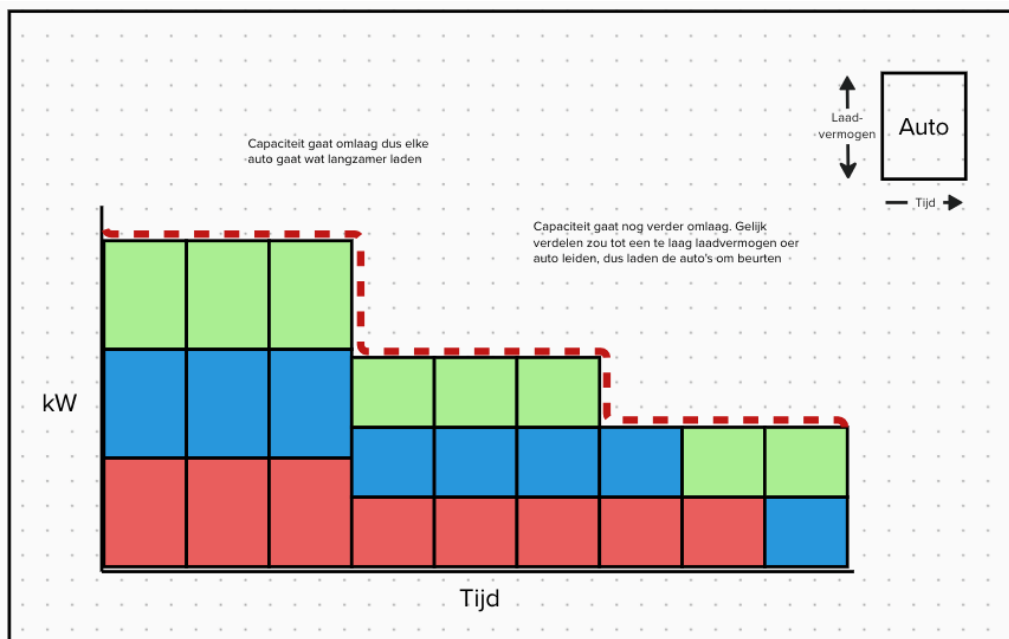
In fase 2 wordt gewerkt met 1 MSR in Oosterhout, Noord-Brabant, die bemeten is. Op deze MSR zijn tien laadpunten aanwezig.

Aanpak en resultaten fase 1

In fase 1 is de variabele capaciteitslimiet gemaakt door de kW profielen zoals weergegeven in tabel 1 te sommeren voor alle palen in een buurt. Vattenfall verdeelt vervolgens per buurt de beschikbare capaciteit over de laadpunten waar daadwerkelijk geladen wordt (figuur 7). In principe gebeurt de verdeling gelijkmatig, maar indien de beschikbare capaciteit per ladend voertuig minder dan 8A zou worden laden voertuigen om beurten, om te voorkomen dat alle voertuigen op basis van de standaardlaadbeveiliging van het voertuig in “slaapmodus” belanden. (figuur 8)



Figuur 7: schematische weergave van de communicatie tussen CPO en laadpunten bij aansturing met statische laadprofielen.



Figuur 8. Weergave van de verdeling van het beschikbare laadvermogen ten tijde van beperkte netcapaciteit, inclusief het roulatiesysteem bij een beschikbare laadstroom onder 8A per ladend voertuig.

Op basis van de niet-flexibele verbruiksprofielen van de wijken die meedoen aan de proef zijn 7 laadprofielen ontwikkeld.

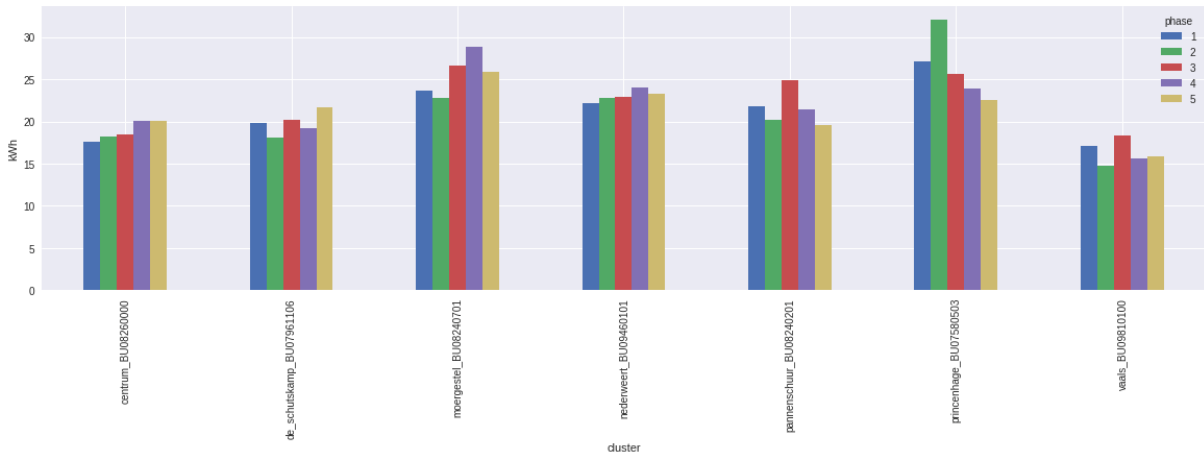
De profielen zijn gedurende de projectfase stapsgewijs verlaagd, wanneer in de voorgaande periode geen merkbare impact op het comfort van de EV-rijder werd vastgesteld. De laagste profielwaarde was in het dal van het profiel 3 kW per laadpaal.

De volgende faseperiodes zijn gebruikt:

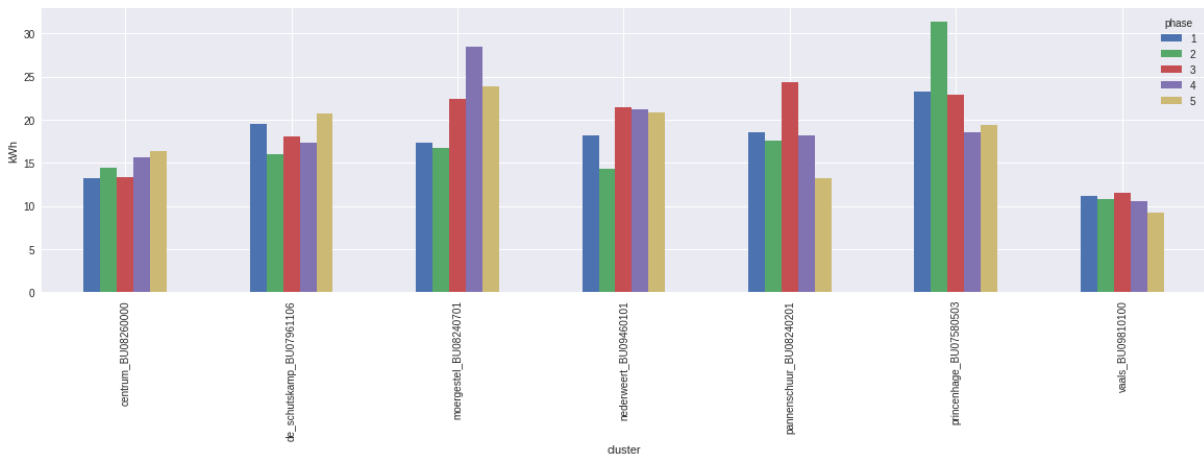
- Faseperiode 1: zomer tot 26 oktober;
- Faseperiode 2: 26 oktober - 8 november;
- Faseperiode 3: 8 november - 5 december;
- Faseperiode 4: 5 december - 3 januari;
- Faseperiode 5: 3 januari tot eind februari.

De periodes zijn zo kort mogelijk gekozen om eventuele effecten van seizoensverandering en groeiende populatie EVs te beperken. Tegelijkertijd moesten er in de periode wel voldoende laadsessies geweest zijn om een analyse mogelijk te maken.

Voor de vijf faseperiodes worden in onderstaande figuren (9 en 10) de prestaties van elk cluster op het gebied van gemiddelde energievraag en mediaan energievraag van de laadsessies weergegeven. Alhoewel in de vijf fasen de laadprofielen aanzienlijk zijn aangepast ten aanzien van de periode waarin de toegestane laadsnelheid werd beperkt is weinig impact te zien op de gemiddelde energielevering per laadcluster. De fasen laten in geen enkel cluster een duidelijk dalende lijn zien.



Figuur 9: de gemiddelde energielevering per sessie, weergegeven voor de verschillende wijken en per wijk voor de vijf gebruikte laadprofielen.



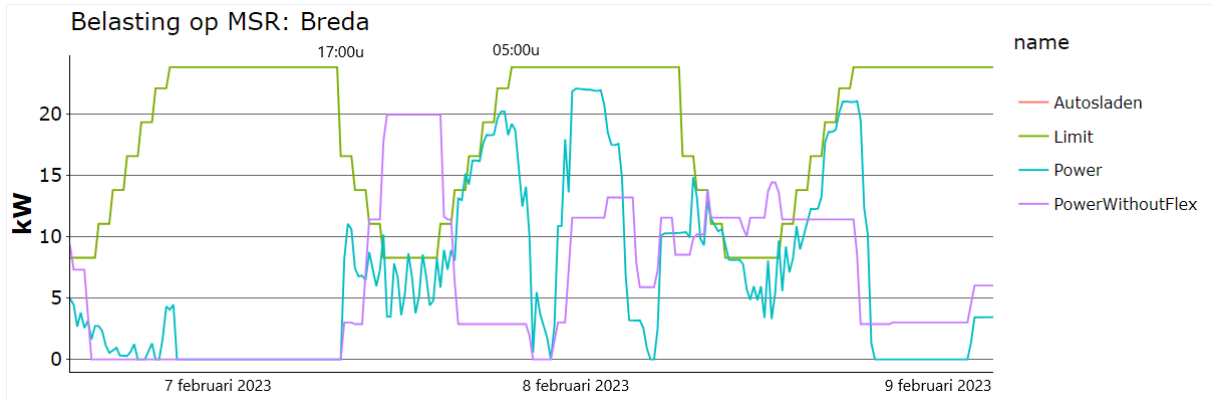
Figuur 10: de mediaan van de energielevering per sessie, weergegeven voor de verschillende wijken en per wijk voor de vijf gebruikte laadprofielen.

Een belangrijk aandachtspunt in het aanpassen van de laadprofielen is het monitoren van de impact op de gebruiker. Hiertoe heeft de HvA een dashboard ontwikkeld waarin de volgende KPIs gemonitord worden:

- Percentage van de sessies die volledig geladen zijn. Dat wil zeggen dat de auto aan het einde van de sessie niet meer aan het laden is, waardoor we aan kunnen nemen dat de auto volledig volgeladen is.
- kWh volledig geladen t.o.v. zonder sturing. Hier wordt ingeschat hoeveel een auto meer had kunnen laden in het geval er geen capaciteitsgrenzen waren. Deze inschatting heeft wel een onzekerheid aangezien het nooit 100% zeker kan zijn hoeveel de auto in totaal zou kunnen laden. Er is immers geen inzicht in de state-of-charge (percentage geladen) van de batterij.
- Reductie piekbelasting. Hier wordt berekend hoeveel lager de piekbelasting is doordat er sturing plaatsvindt.

- Aantal laadpalen meer zonder netuitbreiding. Inschatting van de hoeveelheid laadpalen die in het betreffende laadgebied bijgeplaatst zouden kunnen worden omdat er capaciteitssturing plaatsvindt.

De resultaten hiervan zijn voor fase 1 zichtbaar in figuur 11 en tabel 2. Samenvattend kan gezegd worden dat de sturing **met succes de piekbelasting heeft verlaagd (met 35%-49%)**, maar dat dit wel ten koste gaat van het totaal geladen volume. Die is tussen de **2% en 4% lager** en zal daardoor dus een impact hebben op de gebruiker en het CPO verdienmodel.



Figuur 11: illustratief beeld van de verschuiving van het laden ten gevolge van Netbewust Laden. Op de y-as het totaal toegestane vermogen op de middenspanningsruimte. Op dit net zijn momenteel 4 laadpalen aangesloten. Lichtblauw toont het werkelijke (gemeten) laadgedrag, lila de berekening van wat er gebeurd zou zijn als er niet netbewust was geladen.

Tabel 2: overzicht van de resultaten per laadcluster

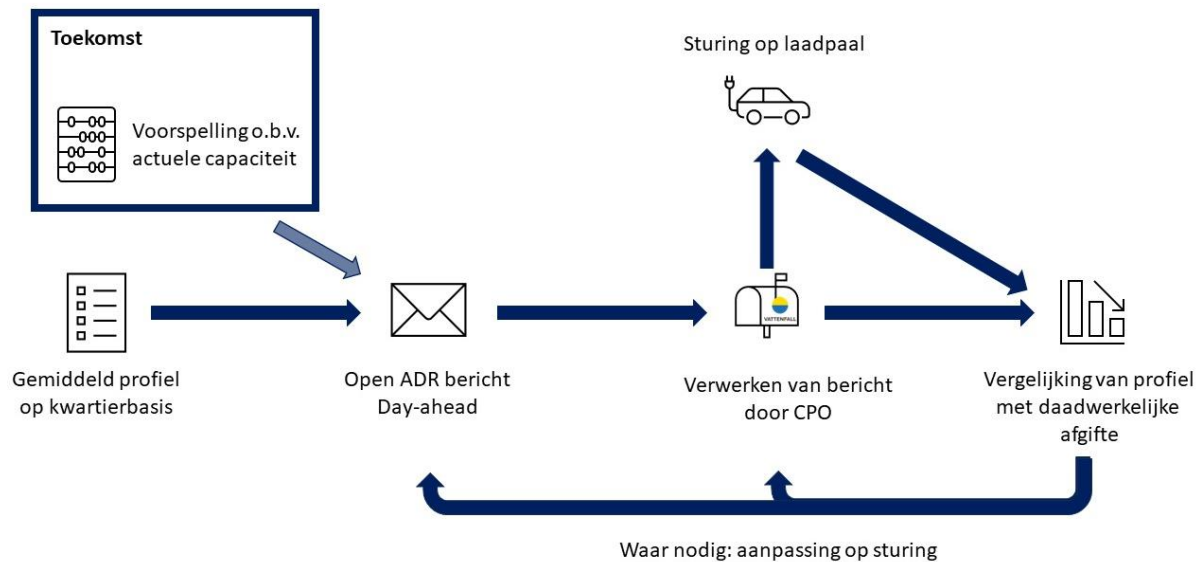
Stad	Aantal laadpunten	Sessies volledig geladen (%)	kWh volledig geladen t.o.v. zonder sturing	Reductie piekbelasting (gem.)
's Hertogenbosch	8	93%	98%	37%
Breda	8	92%	98%	47%
Moergestel	12	82%	98%	42%
Nederweert	12	84%	98%	48%
Oisterwijk	10	88%	98%	49%
Oosterhout	14	87%	97%	42%
Vaals	8	84%	96%	35%

De wijken in de proef kennen momenteel nog een relatief lage dichtheid van laadinfra en er is nog geen sprake van netcongestie. De vermogensvraag van het laden is, zoals in figuur 11 zichtbaar is (ook wanneer niet gestuurd zou worden op het laden) nog laag en past nog prima binnen de capaciteitsgrens van het net ter plaatse.

Wanneer in de nabije toekomst het aantal EVs en daarmee de vermogensvraag toeneemt betekent de gerealiseerde verlaging van de piekbelasting dat er met deze manier van Netbewust Laden **bijna twee keer meer laadinfra geplaatst zou mogen worden**. Dit komt doordat de toegevoegde belasting aan de piekuren 100% voorspelbaar wordt door netbewust te laden. Wanneer het toegestane vermogen in de piekuren verder verlaagd zou worden, ontstaat nog meer ruimte voor extra laadinfra.

Aanpak en resultaten fase 2

Dagelijks wordt door Enexis om 9:00 een nieuw variabel capaciteitsprofiel voor de volgende dag doorgegeven aan Vattenfall, via het protocol OpenADR. Vattenfall zorgt er vervolgens op dezelfde wijze als in fase 1 voor dat de laadpalen als groep binnen de gestelde capaciteitsgrens blijven. De dataflow wordt weergegeven in figuur 12.

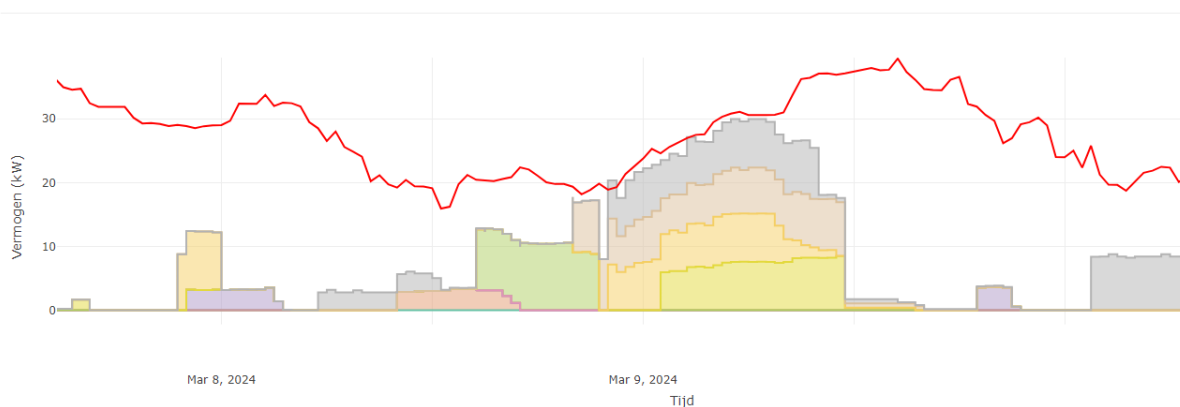


Figuur 12: schematische weergave van de communicatie tussen CPO en laadpunten bij real-time aansturing

Het gestuurde profiel is, vanwege de complexiteit van het vraagstuk (door de combinatie van metingen en prognoses) in combinatie met de beschikbare IT-capaciteit, gebaseerd op het omgekeerde profiel van het ongestuurd laden. Dat wil zeggen dat het technisch gezien maximaal mogelijke vermogen van de laadpalen werd verminderd met het ongestuurde laden dat kort voor de proef op de palen had plaatsgevonden. Het resultaat is een laadprofiel dat 's nachts veel ruimte geeft en tijdens de piekuren weinig (zie figuur 20 in bijlage 2). Er is gewerkt met een minimaal laadvermogen tijdens de piekuren, vergelijkbaar met het minimum in de eerste projectfase, om te voorkomen dat laadsessies helemaal geen vermogen zouden krijgen. Dit minimale vermogen was vastgesteld op 25% van het zonder slimme aansturing geladen vermogen. Het doel van de tweede fase is vooral om de werking van dynamische aansturing aan te tonen. Aangezien op deze wijze een beperking tijdens piekuren gerealiseerd wordt kan het doel hiermee bereikt worden.

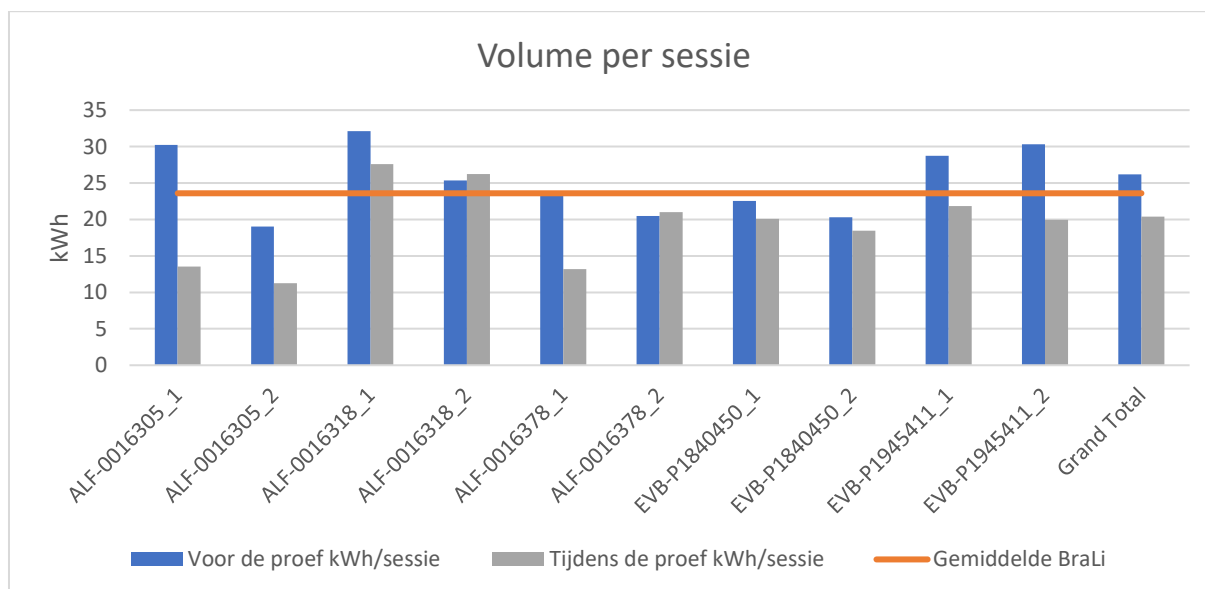
Fase 2 was actief tussen 23-2-2024 en 08-04-2024.

De data uit fase 2 van de proef, waarvan een voorbeeld is opgenomen in figuur 13, laat zien dat sturing op een dynamisch profiel technisch mogelijk is. De laadcapaciteit wordt goed aangepast op het profiel en hierdoor wordt het elektriciteitsnet ontlast. Alle voertuigen krijgen een gelijke portie van het beschikbare vermogen en de komst van een extra voertuig (lichtgroen in de figuur) wordt dusdanig snel opgepakt door de CPO dat dit niet tot een tijdelijke overschrijding leidt. Het verdelingssysteem reageert daarnaast adequaat op vrijgekomen capaciteit wanneer twee van de voertuigen (oranje en grijs in de figuur) vol raken.



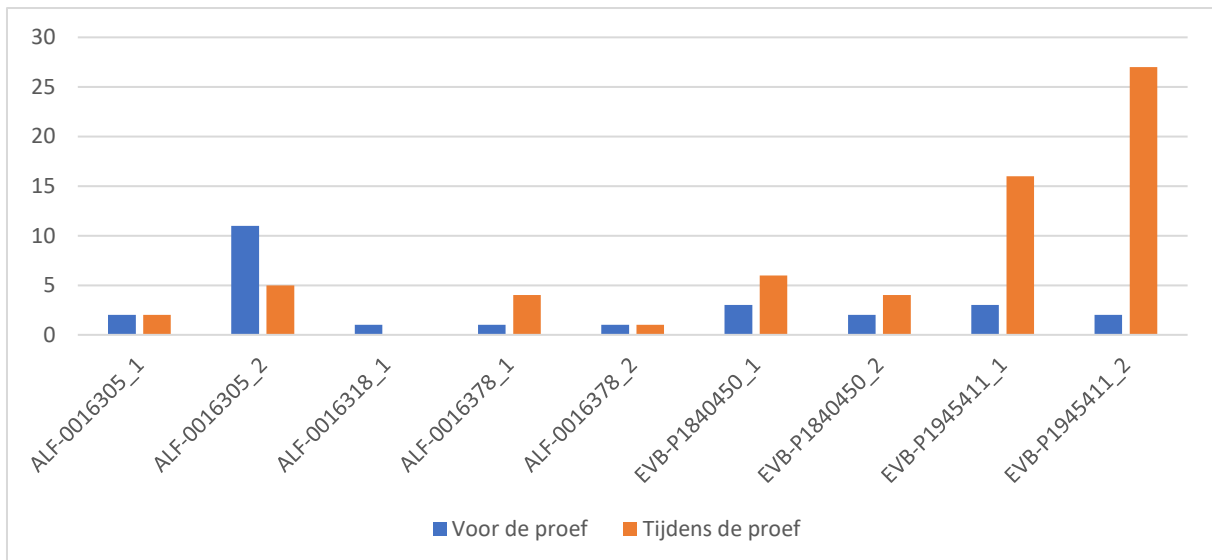
Figuur 13: het laden van vier elektrische voertuigen volgt de opgegeven vermogensbegrenzing.

Vattenfall heeft de resultaten van de laadsessies geanalyseerd. Kijkend naar het geladen volume per sessie zien we een afname van $\pm 22\%$ in de proefperiode t.o.v. de voorgaande periode (1 januari t/m start van de proefperiode), waarin er geen capaciteitsprofielen toegepast werden. Ook wordt er tijdens de proefperiode 14% minder geladen dan het gemiddelde in de gehele concessie Noord-Brabant/Limburg (figuur 14).



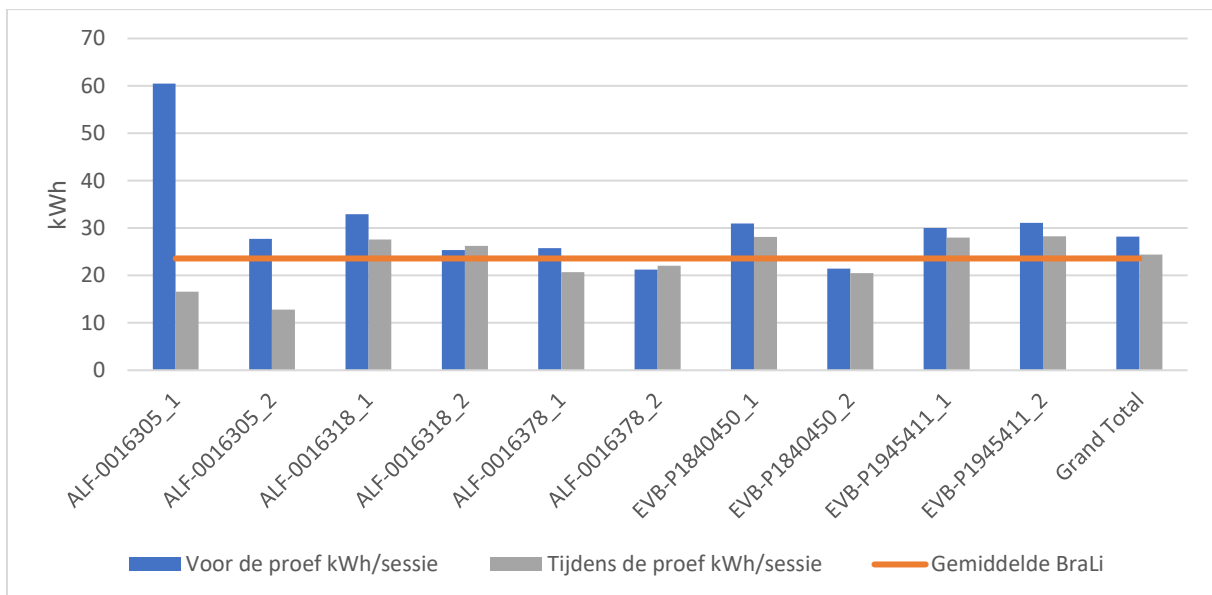
Figuur 14: Volume per sessie (alle sessies)

Een vermindering van 22% geladen volume is vele malen hoger dan verwacht werd op basis van eerdere proeven. Daarom is een verdiepingsslag gemaakt in de analyse, door te kijken naar het aantal sessies dat minder dan 1kWh geladen heeft. Indien dit soort sessies tijdens deze proef vaker voorkomen dan gemiddeld kan dat het gemiddelde volume per sessie aanzienlijk naar beneden halen. Dit bleek inderdaad het geval. Met name op 1 paal vonden veel sessies plaats waarbij minder dan 1 kWh geladen is (figuur 15). Deze sessies hadden meestal een korte duur (88% zelfs korter dan 5 minuten). Waarom deze sessies vaak voorkomen is op basis van de data niet te bepalen. Ze hebben echter, ook vanwege de kleine laadpopulatie en de korte periode waarin de test liep, een significante impact op het berekende gemiddeld geladen volume per sessie. In een vervolganalyse zijn deze sessies daarom verwijderd uit de vergelijking.

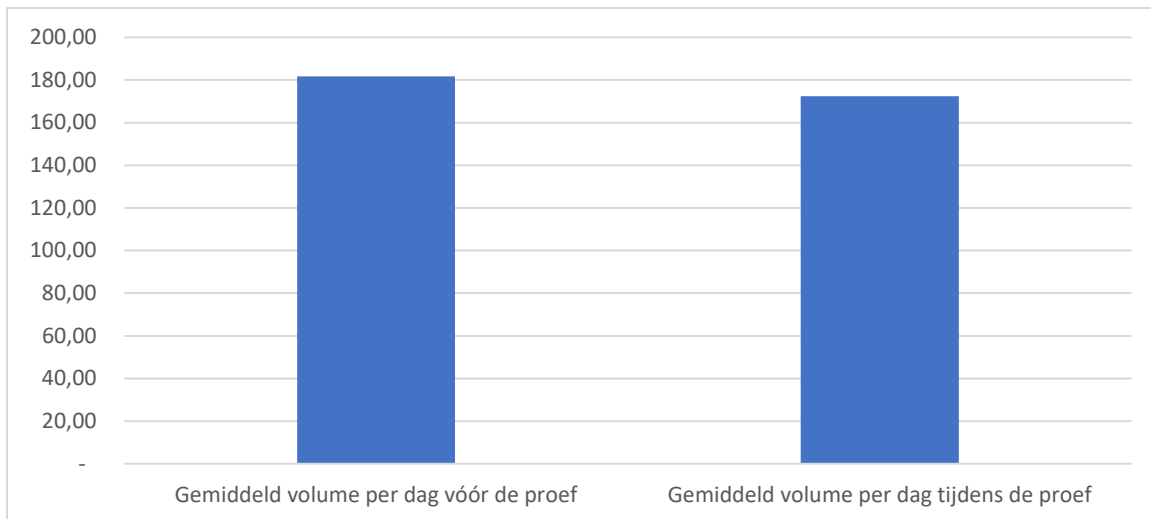


Figuur 15: het aantal sessies, per laadpaal, met minder dan 1 kWh geladen energie vóór en tijdens fase 2

Met de correctie van de meetdata, door de laadsessies met minder dan 1 kWh geladen energie te verwijderen, wordt het verschil in gemiddeld geladen volume ten opzichte van ongestuurd laden aanzienlijk kleiner, namelijk 13%. Ook dit valt echter nog hoger uit dat de 5% afwijking uit eerdere proeven. Het verbruik tijdens de proef is nu echter wel vergelijkbaar met het gemiddelde op alle andere laadpunten in Noord-Brabant en Limburg (figuur 16). Ook binnen de totale groep is een vergelijkbare afname in het geladen volume zichtbaar. Als we de afzet van de gehele groep voor en tijdens de proef vergelijken, dan zien we wel de in eerdere proeven waargenomen afname van 5%. (figuur 17).



Figuur 16: Volume per sessie (alleen de sessies ≥ 1 kWh geladen)



Figuur 17: Vergelijking van het geladen volume vóór en tijdens de inzet van dynamische capaciteitsprofielen

Ter controle van de eigen bevindingen van de projectgroep is de HvA gevraagd een analyse te doen in het reeds voor fase 1 ontwikkelde dashboard.

De simulatie laat zien dat het doel om de piekbelasting te reduceren bereikt is. Ook is te zien dat er inderdaad minder volume is afgezet dan zonder slim laden (3,3%) en dat ongeveer 25% van de sessies nog aan het laden was toen de sessie werd afgebroken (mogelijk zijn dit voor een groot deel de hierboven genoemde korte sessies).

Tabel 3: Overzicht van de impact van dynamisch Slim Laden op de sessies van cluster Oosterhout.

Stad	Aantal laadpunten	Sessies volledig geladen	kWh volledig geladen t.o.v. zonder sturing	Reductie piekbelasting (gem.)
Oosterhout fase 2	10	75,3%	96,7%	43%

Er lijkt samengevat sprake te zijn van 2 effecten die samenkomen in de interpretatie van de resultaten van de dynamische aansturing. Ten eerste een ander gebruikspatroon, namelijk veel meer korte sessies met (heel) weinig geladen volume. Ten tweede een gerealiseerde (en gesimuleerde) impact van het laadprofiel vs. onbegrensd laden (de HvA simulatie) dat een piekreductie van 43% oplevert, met tegelijkertijd een afname van het gemiddeld geladen volume per sessie van 3,3%. Er is in deze proef onvoldoende data beschikbaar om te bepalen in hoeverre we hier kunnen spreken van een causaal verband tussen het toepassen van Netbewust Laden en de impact op het afgezette volume.

Gebruikerservaringen

Tijdens de uitvoering van zowel de eerste als de tweede fase zijn geen meldingen gemaakt door klanten die verband houden met de proef. Dat is geen garantie dat de klanten niets gemerkt hebben van de variabele laadprofielen, maar geeft wel aanleiding te vermoeden dat de klanten er geen hinder van ondervonden hebben.

De afwezigheid van klantmeldingen en de berekeningen van de hoeveelheid geladen kWh per laadsessie waren in de eerste projectfase onderdeel van de input voor de go/no go afweging voor het verder verlagen van de laadprofielen.

Conclusies

Fase 1

Door laadpalen te clusteren en als groep de beschikbare netcapaciteit te laten verdelen is een aanzienlijke piekreductie van het laden van elektrische voertuigen mogelijk. Het voordeel ontstaat doordat eventueel beperkte netcapaciteit alleen toegewezen wordt aan actieve laadsessies, terwijl in de traditionele (al dan niet slimme) laadsturing elke laadpaal een gelijke capaciteit krijgt toegewezen, ongeacht of er een sessie plaatsvindt.

De piekreductie ligt tussen de 35% en 49% voor de onderzochte laadclusters.

Fase 2

Het is mogelijk om dynamische capaciteitsprofielen te verzenden tussen netbeheerder en CPO via OpenADR.

Er is een piekreductie gerealiseerd van 43%. Tegelijkertijd is een toename ontstaan van het aantal sessies dat niet volgeladen was op het moment waarop de EV-rijder de laadsessie stopte. Dit leidde voor de CPO tot een verlaging van het aantal geladen kWh van tussen de 3,3 en 5 %.

Aanbevelingen

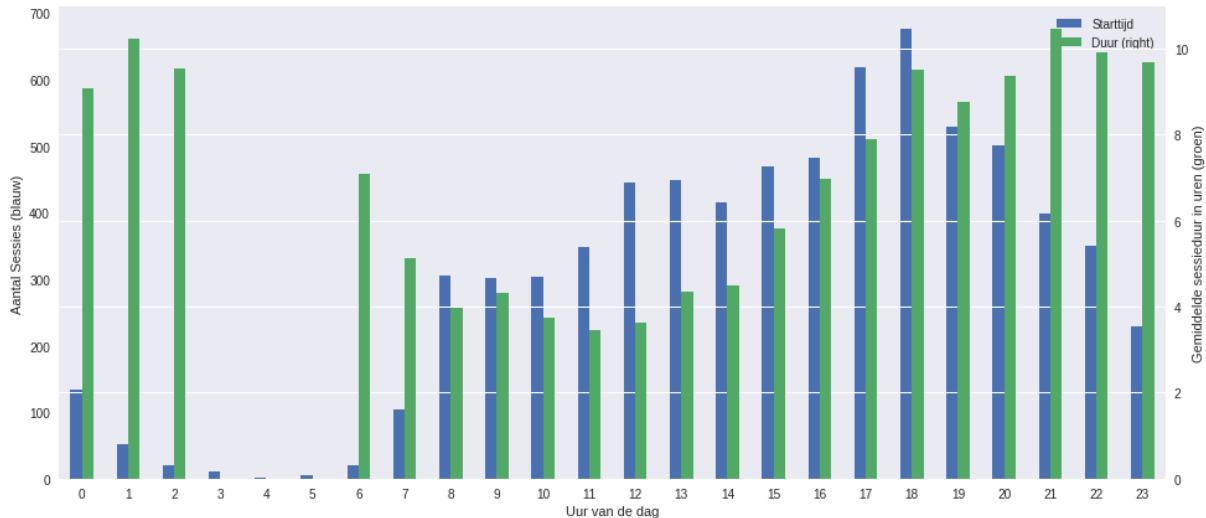
Conceptontwikkeling verbeteren

Statische variabele profielen zijn een goede en eenvoudige manier om de avondpiek in de netbelasting te verminderen. Een nadeel van het gebruik van statische profielen is dat uitgegaan moet worden van het “worst case” scenario, om te voorkomen dat het profiel te veel capaciteit weggeeft. Dit maakt het gebruik van het net suboptimaal.

Met het gebruik van real-time netcapaciteit in plaats van elke dag hetzelfde profiel kan de aansturing verder verbeterd worden. De netbenutting wordt hiermee efficiënter.

Het samenstellen van de toegestane capaciteit op laagspanning, op basis van de metingen uit de middenspanningsruimte in combinatie met prognoses, is complex. De opstelling van de beschikbare capaciteit dient op een zodanige manier gedaan te worden dat het historische laden niet wordt meegewogen in de bepaling van de niet-flexibele belasting van het lokale net. De toegestane capaciteit moet nooit groter zijn dan de capaciteit die de aanwezige laadpunten bij maximale bezetting kunnen verwerken. Deze berekeningsmethodiek moet nog worden ontwikkeld in een periode waarbij ook veel inzet gevraagd wordt om capaciteitsberekeningen op middenspanningsniveau te maken en te verbeteren. Dit complexe vraagstuk op laagspanning vraagt echter ook meer aandacht binnen de betrokken afdelingen van de netbeheerder.

In de aansturing van de laadsessies werden **alle laadsessies gelijk behandeld**. Er werd geen rekening gehouden met de verwachte parkeertijd van voertuigen. Wanneer dit toegevoegd zou worden aan de aansturing zou weliswaar de toekenning van vermogen complexer worden, maar zou het percentage volledig geladen ten opzichte van sessies die niet gestuurd laden (dit is nu tussen 96% en 98%) kunnen verbeteren. In figuur 18 is te zien hoe de laadsessies te karakteriseren zijn op verwachte verblijftijd, afhankelijk van de start van de laadsessie. In de huidige aansturing is dit nog niet meegenomen als input, maar dergelijke informatie zou toegevoegde waarde kunnen creëren in gebieden waarin een combinatie van langparkeerders en kortparkeerders wordt waargenomen. Door de verwachte verblijftijd toe te voegen als besliscriterium in de verdeling van elektriciteit kan de laadprestatie van de kortparkeerders die in een periode van beperkte netcapaciteit parkeren verbeterd kunnen worden. Dit is in de huidige verdeling van elektriciteit niet toegevoegd.



Figuur 18: gemiddelde verblijftijd per sessie, geplot naar de aankomsttijd van de sessie. Te zien is dat sessies die in de vroege avonduren starten het vaakst voorkomen en een duidelijk langere parkeertijd kennen.

De middelen om de afspraken tussen netbeheerder en CPO te formaliseren zijn nu nog erg beperkt/ontbrekend. Om de adaptatie van Netbewust Laden te bevorderen is het aan te bevelen om een netpropositie te ontwikkelen die CPO en de e-rijder beloont voor netbewust laadgedrag.

Offline scenario's

Het kan voorkomen dat de verbinding tussen DSO en CPO of de verbinding tussen CPO en laadpunt wordt verbroken. Een verbroken verbinding tussen DSO en CPO levert in deze vorm van slim laden geen probleem op aangezien er bij het wegvallen van de communicatie tussen DSO en CPO teruggevallen kan worden op vooraf vastgestelde statische profielen.

Een verbroken verbinding tussen CPO en laadpunt levert een tweede risico op. Immers, als een laadpunt een profiel krijgt en de verbinding vervolgens wegvalt, dan volgt het laadpunt het laatst ontvangen profiel. Als door een verandering van de bezetting of door wijzigingen in de niet-flexibele vermogensvraag er minder capaciteit voor deze sessie beschikbaar wordt, zal het laadpunt daar niet op aangestuurd kunnen worden. Een mogelijke mitigatie hierop is het opbreken van de aansturing in profielen die, bijvoorbeeld, elk kwartier gestuurd worden en een duur van een kwartier hebben. Als in zulke gevallen de verbinding wegvalt én er minder capaciteit beschikbaar komt voor de laadsessie, dan zal het laadpunt maximaal 15 minuten in overtreding zijn. Na deze periode valt een station dan terug op een vooraf op het station zelf ingesteld "veilig profiel" dat binnen de basiscapaciteit blijft.

Capaciteitsverdeling op basis van fasen

Het huidige algoritme verdeelt de capaciteit uitgaande van 3 belaste fasen. Hierdoor worden 1-fase laders verder beperkt in hun laadvermogen dan nodig. Er valt dus nog winst te behalen door, bij de capaciteitsverdeling, rekening te houden met het aantal fasen dat door het voertuig gebruikt wordt. Hierbij wordt mogelijke faseonbalans niet voorkomen, maar de verwachting is dat dit op het niveau van een laagspanningsnet geen nadelige invloed heeft. Hier moet wel bij opgemerkt worden dat de trend in de markt momenteel neigt naar 3 fase laders en dat het derhalve aannemelijk is dat dit in de toekomst de dominante groep wordt.

Aanvullend hierop is tijdens de projectperiode gezien dat sommige voertuigen volgens de aansturing nooit “vol” raakten. Dit betreft voertuigen die het verbruik van de onboard computer blijven compenseren zolang de auto aangekoppeld is aan de laadsessie. Er wordt hiervoor een minimale hoeveelheid energie gevraagd van het laadpunt. Deze voertuigen zouden, bij hoge bezetting, onnodig een plaats in kunnen nemen in het roulatieschema. Dit is eenvoudig op te lossen door binnen de selectiecriteria voor “actieve sessies” een controle op het gevraagde vermogen toe te voegen, met een drempelwaarde waardoor dergelijke voertuigen niet meegenomen worden in de roulatie.

Er is op dit moment bij de netbeheerder geen software aanwezig die registreert of laadpalen deelnemen aan Netbewust Laden. Op dit moment wordt Netbewust Laden handmatig geregistreerd en gecommuniceerd tussen de netbeheerder en de CPO. Hierdoor is niet per definitie bij alle betrokken afdelingen bekend dat slim laden wel of niet wordt ingezet in een gebied. Een registratiesysteem zal het inzicht van de netbeheerder op de nog aanwezige flexibiliteit in een gebied sterk verbeteren.

Standaard interface voor dynamisch Netbewust Laden

Ten behoeve van de implementatie van geautomatiseerd Netbewust Laden (als vervanger van statisch Netbewust Laden) is geautomatiseerde gegevensuitwisseling tussen de netbeheerder en de CPO noodzakelijk. Er wordt bij de toepassing van dynamisch Netbewust Laden geen (Excel-)lijst meer naar de CPO gestuurd maar worden nieuwe groepen, of uitbreiding van bestaande groepen via een geautomatiseerde interface naar de CPO gestuurd. Ook wordt de beschikbare capaciteit bepaald op basis van daadwerkelijke meetdata. Voor deze opschaling is het nodig dat het profiel (van beschikbare capaciteit) via een standaard interface wordt verstuurd naar de CPO. De netbeheerders en grootste CPO's van publieke laadpalen zijn in overleg over een standaard voor deze interface. Deze standaard is ook onderdeel van de deliverables bepaald binnen de NAL. Het is aan te bevelen om zo snel mogelijk overeenstemming te bereiken over het ICT-protocol waarmee de benodigde informatie tussen netbeheerders en CPO's kan worden uitgewisseld. OpenADR is hiervoor een van de voornaamste kandidaten.

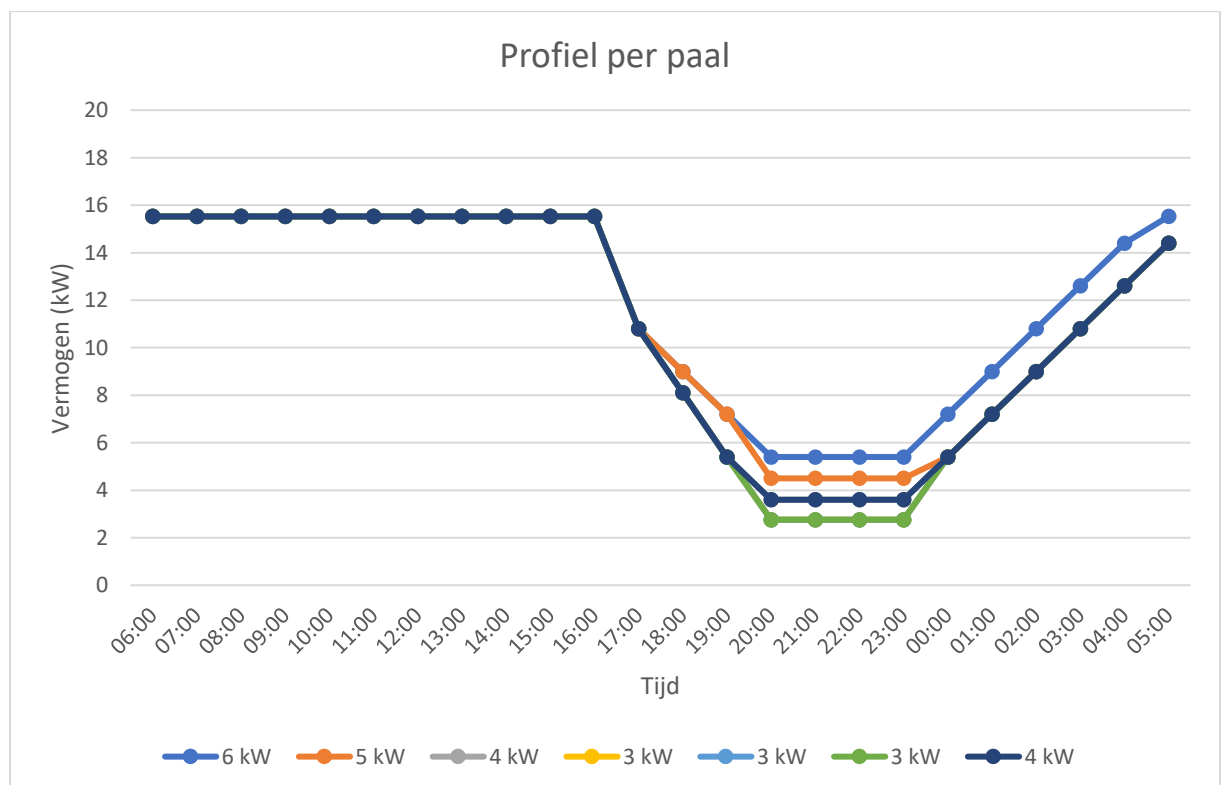
Bijlage 1: Onderzoeksvragen

1. Effect van het profiel op de netimpact.

Randvoorwaarde is dat het laadprofiel geen discomfort oplevert voor de EV-rijder. Inzicht in het effect wordt verkregen op basis van meetdata (geladen kWh op vertrektijd van de EV t.o.v. een laadtransactie zonder profiel). Enexis wil deze meetdata vervolgens gebruiken als input in netimpact tooling om het effect op een aantal referentie-netten door te rekenen (dit traject vindt buiten deze pilot plaats). Mede op verzoek van Vattenfall willen we het profiel geaggregeerd op een groep palen instellen.

- Een 0-meting. Geen profiel toepassen.
- Het profiel individueel uitgevoerd, onveranderlijk per paal.
- 'Geaggregeerd profiel op een groep palen'. Hiermee wordt bedoeld dat het betreffende profiel dat geldt op aansluitniveau geaggregeerd (vermenigvuldigd) wordt over een groep aansluitingen. Hiermee heeft Vattenfall dan zelf de mogelijkheid om het geaggregeerde beschikbare vermogen te verdelen naar eigen inzicht over de beschikbare laadpunten in de groep.

22



Figuur 19: de basisopzet van het te valideren profiel in deze pilot. De snelheid waarmee het laadvermogen terugkeert naar de originele waarde wordt per locatie aangepast op de netsituatie.

Dit betreft een profiel per aansluiting. De aangegeven vermogenswaarde geldt per aanwezige EV, dus per EVSE betekent een profiel van 5 kW maximaal 10 kW per paal. Het beschikbare vermogen is binnen 'de aggregatiegroep' vrij te verdelen.

2. Impact op de Slim Laden behoefte (PV-partij) Vattenfall.

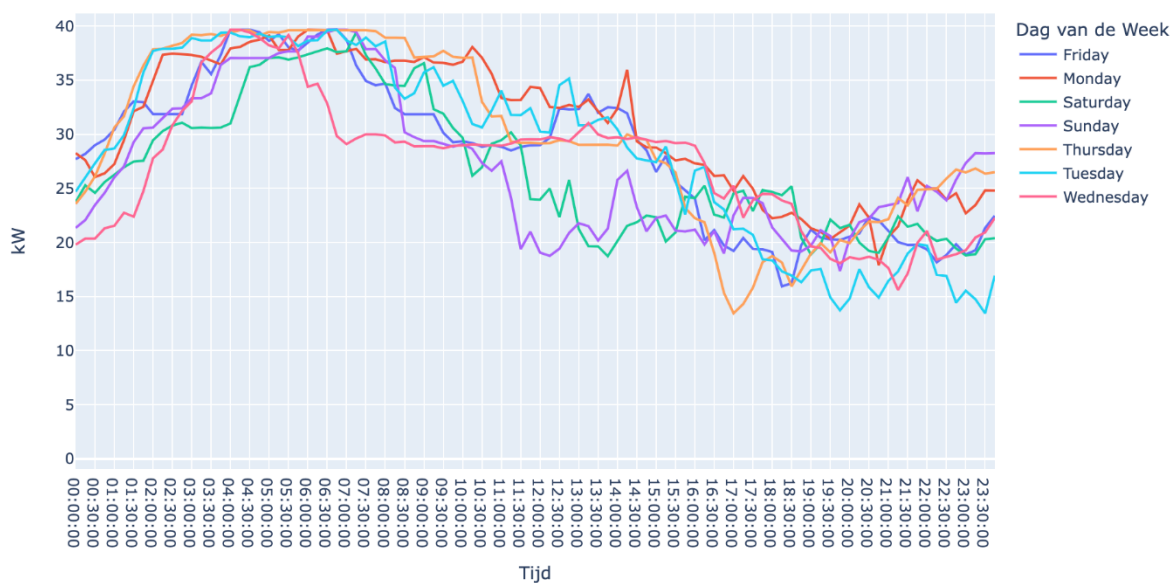
Ook een PV-partij heeft belang bij flexibiliteit die via de laadinfrastructuur geleverd kan

worden. Ook kan de CPO met de flexibiliteit van laadpalen flexibiliteitsdiensten leveren aan de landelijke hoogspanningsnetbeheerder (Tennet). Op basis van onbalansprijzen en/of passieve onbalanssturing zal Vattenfall binnen de grenzen van het laadprofiel ook slim laden toepassen. Enexis wil graag weten wat de impact is van de twee varianten van het statisch variabele capaciteitsprofiel op de mogelijkheden om flexibiliteit t.b.v. de doelstellingen van de PV-partij en/of Tennet te ontsluiten. Door Vattenfall wordt een inschatting gemaakt wat het effect is van het inzetten van het betreffende capaciteitsprofiel op de slim laden behoefte van Vattenfall.

3. Inzicht in hoe een dynamisch capaciteitsprofiel in de praktijk ingezet kan worden.
In de laatste periode van deze proef wil Enexis ervaring opdoen met een demand response protocol waarmee, afhankelijk van de lokale netsituatie een, aan de lokale netsituatie aangepast, profiel t.b.v. een betreffende groep palen wordt verzonden.

Bijlage 2: Laadprofiel fase 2

40 - Laadprofiel (75e percentiel) voor elke dag van de week



Figuur 20: de gebruikte dynamische profielen.

Thursday,20:00:00,19.93951496862223
Thursday,20:15:00,21.07441055589561
Thursday,20:30:00,21.93053333333344
Thursday,20:45:00,21.87640000000843
Thursday,21:00:00,22.15406666666584
Thursday,21:15:00,24.12693333333355
Thursday,21:30:00,23.427866666657422
Thursday,21:45:00,24.86462344117004
Thursday,22:00:00,24.94413333333074
Thursday,22:15:00,24.961200000008603
Thursday,22:30:00,25.911533333342277
Thursday,22:45:00,26.73783003594781
Thursday,23:00:00,26.475333333331946
Thursday,23:15:00,26.84713333332388
Thursday,23:30:00,26.371066666671425
Thursday,23:45:00,26.492733333334286
Tuesday,00:00:00,24.706091666666566
Tuesday,00:15:00,26.07013333333217
Tuesday,00:30:00,27.317660071897308
Tuesday,00:45:00,28.55946666666765
Tuesday,01:00:00,28.689195623632187
Tuesday,01:15:00,29.93360000000007
Tuesday,01:30:00,32.40306666666902
Tuesday,01:45:00,35.73440000000369
Tuesday,02:00:00,37.71559999999994
Tuesday,02:15:00,37.92094922610164
Tuesday,02:30:00,37.918549226108894
Tuesday,02:45:00,38.01281589277011
Tuesday,03:00:00,38.90232673855644
Tuesday,03:15:00,38.68548255943642
Tuesday,03:30:00,38.68548255943824
Tuesday,03:45:00,39.387742234590405
Tuesday,04:00:00,39.41006897314219

Figuur 21 Voorbeeld OpenADR bericht (XML), bestaande uit datum en tijd plus afgegeven vermogen.