

Rapportage

Pilot netbewust thuisladen

8 april 2025



Inhoudsopgave

Management samenvatting	3
Gebruikte afkortingen	6
Begrippenlijst	6
Introductie	7
Leeswijzer	8
Ontwerp pilot	9
2.1 Doel van de pilot	9
2.2 Onderzoeksthema's	9
2.3 Onderzoeksmethode	9
2.4 Pilotpopulatie en werving	10
Resultaten	11
3.1 Capaciteitsprofielen	11
3.2 Sturingstechniek	14
3.3 Vergoedingen	18
3.4 Impact, gedrag en opschaling	21
Conclusies en vervolgstappen	28
Colofon	31





Management samenvatting

Netbeheerders Enexis en Liander hebben in samenwerking met marktpartijen ANWB Energie, Eneco eMobility en Vattenfall netbewust thuisladen in een pilot getest. Zij zijn hierin ondersteund door de provincie Noord-Brabant. Netbewust thuisladen is een oplossing om netcongestie op het laagspanningsnet te verminderen, waarbij thuisladende EV-rijders hun laadsessie verplaatsen naar buiten de piekuren.

Het doel van de pilot was om inzichtelijk te maken hoe netbeheerders en marktpartijen een schaalbaar samenwerkingsmodel kunnen ontwikkelen om netbewust thuisladen toe te passen bij huishoudens, waarbij netbewust en klantvriendelijk laden hand in hand gaan. Dit is onderzocht door de laadsessies van 330 klanten aan te sturen gedurende de koudere maanden van oktober 2024 tot en met januari 2025. Deze klanten hebben zowel vaste als dynamische energietarieven van bovengenoemde marktpartijen.

Uitkomsten pilot

- Netbewust thuisladen is succesvol te implementeren door **de laadsessies aan te sturen op basis van een statisch capaciteitsprofiel**. Dit houdt in dat het vermogen om de EV te laden tijdelijk beperkt werd tussen 17.00 en 21.00 uur op werkdagen of dat klanten via prijsprikkels werden gestimuleerd om te laden op een ander moment.
- Netbewust thuisladen heeft in de pilot gezorgd voor **een verlaging van de capaciteit olopend tot 68% in de avondpiek bij klanten met vaste energietarieven**. Omdat klanten met een dynamisch energietarief al financieel voordeel hebben van het verplaatsen van hun laadsessie naar tijdstippen met goedkopere energieprijzen, gebruiken zij zonder netbewust thuisladen al 57% minder stroom tussen 17.00 en 21.00 uur ten opzichte van consumenten met vaste energietarieven.
- Een **statisch capaciteitsprofiel op basis van vooraf vastgestelde kaders is relatief eenvoudig te implementeren** en biedt voorspelbaarheid voor EV-rijders, marktpartijen en netbeheerders.
- Netbeheerders en marktpartijen geven **de voorkeur aan statische sturing als eerste stap**. Op termijn zien zij dit idealiter door ontwikkelen naar dynamische sturing. In tegenstelling tot statische sturing, wordt bij dynamische sturing enkel flexibiliteit gevraagd van EV's op momenten dat congestie dreigt achter specifieke transformatorstations. Deze vorm van sturing is complexer om te implementeren en onvoorspelbaarder voor EV-rijders, marktpartijen en netbeheerders omdat de vermogensvraag, locatie en tijd pas kort voor het moment van sturing kenbaar wordt gemaakt.
- Een belangrijk aandachtspunt is verificatie dat het netbewuste capaciteitsprofiel is nagekomen. **De pilot toont aan dat meetdata uit de laadpaal de meest betrouwbare bron is om te verifiëren dat er netbewust is geladen**.
- De netbeheerders hebben **een vergoeding uitgekeerd aan de marktpartijen voor het toepassen van netbewust thuisladen**. Deze is vastgesteld op basis van het huidige capaciteitstarief. Er is gebleken dat de huidige vergoeding volgens marktpartijen onvoldoende is om systeem- en implementatiekosten die op dit moment in beeld zijn te dekken en de consument (financieel) te laten profiteren.
- Uit enquêtes die door de marktpartijen onder deelnemers zijn uitgezet, komt een beeld naar voren dat **respondenten positief zijn over de pilot**. In één enquête gaf 93% aan in de toekomst bereid te zijn om netbewust thuis te laden en in een andere enquête werd de pilot gemiddeld met een 8 gewaardeerd. Respondenten vinden het belangrijk om bij te dragen aan het energiesysteem. Vergoeding is een belangrijke factor om deel te nemen aan netbewust thuisladen, naast gemak en het kunnen beschikken over een opt-out functie.



Conclusie en vervolgstappen

De pilot heeft aangetoond dat het mogelijk is om netbewust thuisladen succesvol toe te passen bij consumenten thuis door het aangaan van een samenwerking tussen netbeheerders en marktpartijen. Door afspraken te maken met marktpartijen die hun klanten aansporen om hun thuislaadsessie te verplaatsen, kan flexibiliteit van EV's achter de meter ontsloten worden.

De positieve resultaten geven aanleiding om netbewust thuisladen verder te ontwikkelen en op te schalen op basis van de opgedane leerervaringen. Netbeheerders en marktpartijen hebben de intentie uitgesproken om toe te werken naar een gestandaardiseerde contractvorm waarmee de netbeheerder flexibiliteit uit thuislaadsessies afneemt tegen overeengekomen voorwaarden en condities. De verificatiemethode en het vergoedingsbedrag verdienen in het bijzonder nadere uitwerking in dit vervolg.



Gebruikte afkortingen

Afkorting	Omschrijving
A	Ampère
API	Application Programming Interface
BRP	Balance Responsible Party
EAN	Europees Artikel Nummer
EV	Elektrisch voertuig
EV-rijder	Elektrische rijder
GOPACS	Grid Operators Platform for Ancillary Services
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattuur
MID	Measuring Instruments Directive



Begrippenlijst

Definitie	Omschrijving
Balance responsible party	Balance responsible parties, ook wel balansverantwoordelijke partijen, zijn verantwoordelijk voor het handhaven van vraag en aanbod op de energiemarkt van hun eigen portfolio. Een BRP kan een producent, een grootverbruiker, een energieleverancier of -handelaar zijn.
Capaciteitsprofiel	Kader dat bepaalt hoeveel vermogen beschikbaar is per moment voor het laden.
Capaciteitstarief	Een onderdeel van de netkosten voor de transport- en leveringskosten van elektriciteit.
Day-ahead markt	Een energiehandelsplatform waar marktdeelnemers (zoals producenten, leveranciers en handelaren) elektriciteit kopen en verkopen voor levering op de volgende dag.
Dynamisch energietarief	Een energiecontract met dynamische prijzen voor elektriciteit, die kunnen variëren per uur.
Dynamische sturing	Aansturen van de laadsessie gebaseerd op locatie of het verwachte moment dat netcongestie zich voordoet.
Energieprogramma	Programma waarin de prognose staat voor de productie, het transport en het verbruik van elektriciteit.
GOPACS	Netbeheerdersplatform voor ondersteunende diensten op het gebied van congestiemanagement.
Intraday markt	Een energiehandelsplatform waar elektriciteit kort voor levering wordt verhandeld om in te spelen op veranderende vraag en aanbod. Hierdoor kunnen marktpartijen hun posities optimaliseren na de day-ahead handel.
Netbewust thuisladen	Het concept dat wordt getoetst in deze pilot, waarbij de netbeheerder via marktpartijen zorgt dat thuislaadsessies worden aangepast om daarmee knelpunten op het elektriciteitsnet te voorkomen.
Opt-out	Het eenmalig overrulen van het stuursignaal waardoor met regulier vermogen geladen kan worden of het direct laden van de EV tot een vooraf ingesteld percentage.
Regulier laden	Het laden van de EV waarbij geen beperking geldt en met maximaal vermogen geladen kan worden.
Statische sturing	Aansturen van de laadsessie op basis van een vast profiel dat wordt toegepast in een vooraf vastgelegd tijdsblok.
Transformatorstation	Een installatie in een woonwijk die elektriciteit omzet van middenspanning naar laagspanning. Andere termen hiervoor zijn transformator, transformatorhuis(je) en middenspanningsruimte.
Vast energietarief	Een energiecontract met vaste prijzen voor elektriciteit.
Verticale integratie	De energieleverancier van de klant stuurt ook de slimme laadsessie aan.

Introductie



Netbeheerders hebben in toenemende mate te maken met congestie op alle netvlakken, van het laagspanningsnet tot het hoogspanningsnet. In grote delen van Nederland is netcongestie afgekondigd op het midden- en hoogspanningsnet, wat betekent dat bedrijven geen extra transportvermogen kunnen krijgen om te elektrificeren, zich uit te breiden of zich op een nieuwe locatie te vestigen. Door de toename van het aantal elektrische auto's, zonnepanelen en warmtepompen zien de netbeheerders dat ook de laagspanningsnetten tegen de grenzen van hun belastbaarheid aanlopen. Het lokale energienet is namelijk niet ontworpen op deze elektriciteitsvraag. Op dit lokale net zijn huishoudens aangesloten.

Er zijn diverse oplossingsrichtingen om de belasting op het net te verlagen. Naast forse uitbreiding van de bestaande netten, is het efficiënter gebruiken van de bestaande netten

ook een oplossing. Huishoudens kunnen hierin een groot verschil maken door het aanpassen van het laadmoment van de elektrische auto. Als iedereen zijn of haar EV op vol vermogen laadt bij thuiskomst op het moment dat het al druk is op het elektriciteitsnet, creëert dit een grote piekvraag. Dit terwijl veel EV's de hele nacht aan de laadpaal staan en slechts een gedeelte van deze tijd nodig is om de auto volledig op te laden. Hierdoor kan het laadmoment mogelijk verplaatst worden. Door thuisladende EV-rijders zoveel mogelijk buiten de piekuren te laten laden, kan het elektriciteitsnet ontlast worden. Dit noemen we netbewust thuisladen.

De opkomst van contracten met een dynamisch energietarief heeft ervoor gezorgd dat een groot aantal huishoudens hun energieverbruik heeft aangepast. Zij gebruiken energie en laden hun EV op de momenten dat de energieprijis laag is. Dit valt in grote mate samen met de momenten waarop het minder druk is op het elektriciteitsnet en is in zekere zin netbewust laadgedrag. De netbeheerders hebben hier in de huidige situatie al profijt van. Het kan in theorie echter ook voor een tegengesteld effect zorgen. Denk bijvoorbeeld

aan lage energieprijzen in de avondpiek door de beschikbaarheid van veel windenergie. Als iedereen op dat moment zijn of haar EV laadt, creëert dit een extra piekvraag wat de situatie op het net verergert. Op dit moment heeft meer dan 5% van de Nederlandse huishoudens een contract met dynamische energietarieven waarbij zij op prijsprikkels reageren¹. Het effect van netbewust laden kan vergroot worden door ook huishoudens te bewegen om hun laadgedrag aan te passen die daar nu nog geen prikkel voor hebben.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft het ontwerp van de pilot, waaronder de onderzoeksthema's, gebruikte methode en werving van de deelnemers. In hoofdstuk 3 worden de resultaten per onderzoeksthema toegelicht aan de hand van vooraf opgestelde onderzoeksvragen. Tot slot worden in hoofdstuk 4 de conclusies en vervolgstappen beschreven.

Door toename van het aantal elektrische auto's, zonnepanelen en warmtepompen zien de netbeheerders dat ook de laagspanningsnetten tegen de grenzen van hun belastbaarheid aanlopen.

Netbewust laden wordt momenteel op kleine schaal toegepast op publieke laadinfrastructuur op straat. Door netbewust laden ook toe te passen op laadpalen bij huishoudens thuis op de oprit wordt de groep van EV's die buiten piekmomenten laadt, vergroot en neemt de druk op het elektriciteitsnet verder af. Omdat de netbeheerders zelf geen mogelijkheid hebben om het laden bij huishoudens thuis aan te sturen, zijn zij voor de pilot een samenwerking aangegaan met marktpartijen die slimme laaddiensten aanbieden. Netbeheerders Enexis en Liander en marktpartijen ANWB Energie, Eneco eMobility en Vattenfall hebben met ondersteuning van de provincie Noord-Brabant verkend hoe een marktmodel gecreëerd kan worden om netbewust thuisladen bij huishoudens toe te passen.

Omdat het aantal knelpunten op het net in de koudere maanden het grootst is voor de afname van elektriciteit, is ervoor gekozen om de pilot plaats te laten vinden van oktober 2024 tot en met januari 2025. Dit rapport presenteert de bevindingen.

¹ ACM (15 november 2024), Energiemonitor ACM: tarieven licht omhoog, aantal huishoudens met dynamisch contract blijft licht stijgen, [lees hier](#)



Ontwerp pilot

Dit hoofdstuk beschrijft het doel en ontwerp van de pilot. De verschillende onderzoeksthema's en de gebruikte onderzoeksmethode worden toegelicht, alsook hoe de pilotpopulatie tot stand gekomen is.

2.1 Doel van de pilot

Het doel van de pilot was om inzichtelijk te maken hoe netbeheerders en marktpartijen een schaalbaar samenwerkingsmodel kunnen ontwikkelen om netbewust thuisladen toe te passen bij huishoudens, waarbij netbewust en klantvriendelijk laden hand in hand gaan. Het resultaat van de pilot dient als basis voor het ontwikkelen van een schaalbaar concept voor het slim aansturen van laadsessies van EV's bij huishoudens thuis, om zo flexibiliteit voor netbeheerders te ontsluiten.

2.2 Onderzoeksthema's

Voorafgaand aan de pilot zijn de volgende vier onderzoeksthema's gedefinieerd.

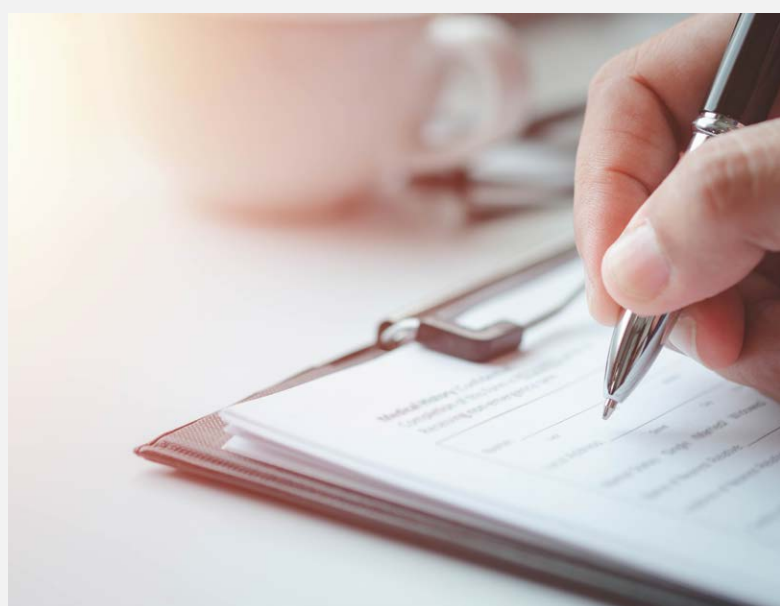
- 1. Capaciteitsprofielen:** De manier waarop de laadsessies bij de thuisladende EV-rijders worden aangestuurd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een statisch en een dynamisch capaciteitsprofiel.
- 2. Sturingstechniek:** De manier waarop het capaciteitsprofiel gecommuniceerd wordt tussen de netbeheerder en de marktpartijen.
- 3. Vergoeding:** De hoogte en werking van een vergoeding die de netbeheerders aanbieden aan de marktpartijen voor het toepassen van netbewust thuisladen.
- 4. Gedragseffecten en impact:** De mate waarin netbewust thuisladen invloed heeft op het verminderen en/of voorkomen van lokale netcongestie en inzicht in hoeverre gebruikers bereid zijn om hun laadsessie netbewust aan te laten sturen.

2.3 Onderzoeksmethode

Tijdens de pilot netbewust thuisladen hebben regionale netbeheerders Enexis en Liander samengewerkt met marktpartijen ANWB Energie, Eneco eMobility en Vattenfall. Deze marktpartijen bieden allemaal een slimme

laaddienst aan en hebben zowel klanten met vaste als dynamische energietarieven. Netbewust thuisladen is in de praktijk getest door een capaciteitsprofiel toe te passen op de laadsessies van thuisladende EV-rijders. Afhankelijk van de implementatie van de marktpartijen werd het laadvermogen op het laadpunt tijdelijk beperkt tijdens de avondpiek of werden EV-rijders gestimuleerd om buiten de avondpiek te laden. Buiten de avondpiek was het mogelijk om met het gebruikelijke vermogen te laden. In de pilot is een zogeheten statisch capaciteitsprofiel getest. Dit profiel wordt nader toegelicht in [hoofdstuk 3.1](#).

Om de vooraf opgestelde onderzoeksvragen te beantwoorden, is zowel kwantitatieve als kwalitatieve informatie verzameld. De kwantitatieve informatie bestond onder andere uit een nulmeting en data over de geaggregeerde laadsessies van de deelnemers tijdens de pilot. Dit is aangevuld met kwalitatieve informatie over de ervaringen van de deelnemers die is verzameld via enquêtes door de marktpartijen. De netbeheerders hebben de marktpartijen een vergoeding gegeven voor hun deelname aan de pilot. Het stond hen vrij om deze vergoeding zelf te houden of uit te keren aan de deelnemers. De totstandkoming en hoogte van de vergoeding wordt nader toegelicht in [hoofdstuk 3.3](#).



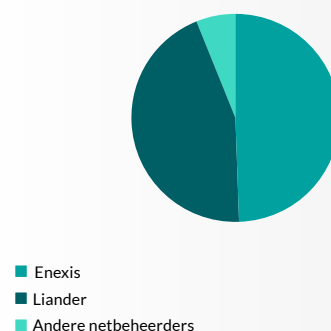
2.4 Pilotpopulatie en werving

De pilotpopulatie bestond uit 330 deelnemers. Om de pilot representatief te laten zijn en tegelijkertijd beheersbaar te houden, was het streven om 100 deelnemers per marktpartij te werven binnen het verzorgingsgebied van Enexis en Liander. Initieel was de wens om deelnemers te werven die zich achter hetzelfde transformatorstation bevonden zodat de impact ook gemeten kon worden op het desbetreffende station. Uit een klant dichtheid-analyse is echter gebleken dat deze aanpak niet haalbaar was, omdat de klanten van de marktpartijen te verspreid waren over diverse transformatorstations. Elke marktpartij heeft daarom een bredere werving toegepast in de verzorgingsgebieden van Enexis en Liander. Ondanks dat er door marktpartijen is gepoogd alleen deelnemers in deze verzorgingsgebieden te werven, bevonden enkele deelnemers zich in het verzorgingsgebied van een andere netbeheerder. De verdeling van de deelnemers is weergegeven in *Figuur 1*.

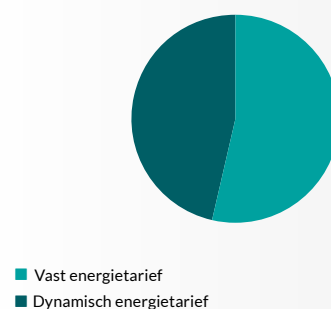
Binnen de pilot was de wens om zowel de impact op contracten met vaste als dynamische energietarieven te onderzoeken. Daarom is ook gekeken naar een gelijkwaardige verdeling tussen deze typen contracten. *Figuur 2* laat de verdeling van de deelnemers zien naar het type contract. Bij voorkeur hadden de deelnemers een energiecontract van dezelfde marktpartij als die de laadsessie netbewust aanstuurde, bijvoorbeeld via de laadpaal of via een slim laden-app. Dit noemen we verticale integratie. Dit voorkomt dat er in het energieportfolio van andere energieleveranciers wordt gestuurd. Alle deelnemers hadden in dit geval een energiecontract bij een van de marktpartijen (of achterliggende BRP) die meededen aan de pilot. Op deze manier is voorkomen dat het energieportfolio van marktpartijen is beïnvloed zonder dat zij hier vanaf wisten. *Figuur 3* laat de mate van verticale integratie onder de deelnemers zien.

Voor de werving van deelnemers konden marktpartijen ervoor kiezen om netbewust laden als apart product te positioneren of te integreren in bestaande propositities. Zij hebben daar verschillende wervingsmethoden voor gebruikt. De eerste partij heeft vooraf verschillende propositities getest door middel van een enquête. Vervolgens zijn wervingsmails gestuurd aan klanten met een energiecontract die de slim laden-app nog niet gebruikten. De tweede partij heeft ook wervingsmails gestuurd aan klanten. Ze testten twee versies van de wervingsmail, waarbij de ene de financiële voordelen van netbewust thuisladen benadrukte en de andere de impact op het elektriciteitsnet. Het responspercentage onder de benaderde klanten was voor beide wervingsmails nagenoeg gelijk. De derde partij heeft netbewust laden toegevoegd als optie in de slim laden-app voor een groep bestaande klanten. De deelnemers werden geïnformeerd dat zij hierdoor deelnamen aan de pilot. Geen enkele deelnemer heeft gebruikgemaakt van de mogelijkheid om zich af te melden. Alle partijen hebben de ontvangen vergoeding van de netbeheerder volledig uitgekeerd aan de deelnemers. Eén van de partijen heeft ervoor gekozen om dit te doen in de vorm van een VVV-cadeaubon vanwege een eenvoudigere financiële afhandeling.

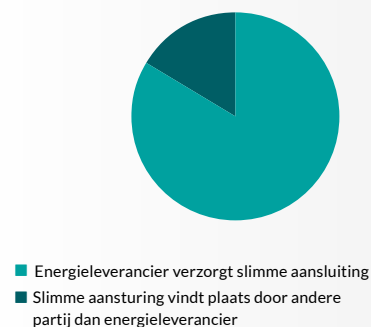
Figuur 1
Verdeling deelnemers over verzorgingsgebied regionale netbeheerders



Figuur 2
Verdeling deelnemers naar type energiecontract



Figuur 3
Verdeling deelnemers over verzorgingsgebied regionale netbeheerders



Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de pilot toegelicht per onderzoeksthema aan de hand van de onderzoeksvragen. De onderzoeksvragen gaan zowel over het ontwerp van de pilot als de impact van netbewust thuisladen.

3.1 Capaciteitsprofielen

Een capaciteitsprofiel is een kader dat bepaalt hoeveel vermogen (in kW) beschikbaar is voor het laden tijdens een laadsessie van een EV-rijder. In deze pilot zijn twee varianten verkend: een statisch en een dynamisch capaciteitsprofiel. Daarbij zijn de volgende zaken onderzocht:

Onderzoeksvragen

- Hoe kunnen we een netbewust capaciteitsprofiel ontwerpen dat de laadsessies van thuisladende EV-rijders aanstuurt?
- In hoeverre kan het profiel verenigd worden met bestaande apps en proposities?
- Hoe kan geverifieerd worden dat het netbewuste capaciteitsprofiel is toegepast?
- Hoe schaalbaar is de informatie die gebruikt wordt voor verificatie dat het capaciteitsprofiel is toegepast?

Ontwerp netbewust capaciteitsprofiel

Een statisch capaciteitsprofiel wordt ontworpen met vaste kaders en wordt altijd toegepast, ongeacht of er sprake is van lokale congestie. Dit betekent dat het profiel niet op afroep wordt geactiveerd door de netbeheerder, maar standaard geldt binnen een vastgesteld tijdsvenster en eventueel binnen een vastgestelde periode. Gezien de eenvoud is ervoor gekozen om de pilot uit te voeren met een statisch capaciteitsprofiel. Gedurende een aantal koudere maanden, van oktober 2024 tot en met januari 2025, is een profiel toegepast op werkdagen tussen 17.00 en 21.00 uur. Tijdens deze uren vindt de avondpiek plaats. Afhankelijk van de implementatie van de marktpartijen werd de snelheid van de laadsessie door de marktpartij beperkt of werden EV-rijders gestimuleerd om buiten de avondpiek te laden. Er is overwogen om andere tijdstippen te hanteren. Uit onderzoek² komt echter naar voren dat in deze periode het meest wordt geladen.

Het profiel was alleen van toepassing op werkdagen van maandag tot en met vrijdag, omdat op deze dagen de meeste knelpunten ontstaan. In het weekend konden de huishoudens zonder beperking laden in de avondpiek. Marktpartijen konden ervoor kiezen om een opt-out functie aan te bieden aan hun klanten. Als klanten deze functie gebruikten, werd het capaciteitsprofiel 'overruled' en gingen zij met regulier



² ElaadNL (januari 2023), *Regulier en netbewust laden: Outlook Laadprofielen Personenauto's*, [lees hier](#)

vermogen laden. In lijn met de afspraken in het actieprogramma Slim Laden Voor Iedereen³ werd de snelheid van de laadsessie beperkt tot 4 kW. Het stond marktpartijen vrij om de laadsnelheid vanwege andere redenen verder te verlagen. Als de laadsessie via de auto aangestuurd werd door de marktpartij, bedroeg het vermogen 0 kW omdat de laadsessie alleen 'aan' of 'uit' kon zijn.

Er is voor gekozen om het profiel niet trapsgewijs op te bouwen na 21.00 uur. Vanaf dat moment werd meteen geladen met regulier vermogen. Hoewel dit ertoe kan leiden dat om 21.00 uur een piek ontstaat, omdat iedereen tegelijkertijd weer met het maximale vermogen gaat laden, was de verwachting dat de impact beperkt was vanwege de omvang van de pilot. Bovendien waren de deelnemers verspreid over het volledige verzorgingsgebied van Enexis en Liander en bevonden zij zich niet achter één transformatorstation. Over het algemeen ligt het energieverbruik van andere apparaten in huis ook lager na 21.00 uur, waardoor voldoende capaciteit op het laagspanningsnet beschikbaar is om de auto's op vol vermogen te laden.

Een andere mogelijkheid voor het netbewuste capaciteitsprofiel is de dynamische variant. Dit is een capaciteitsprofiel waarbij het vermogensprofiel op basis van de voorspellingen over de netbelasting wordt bepaald en gecommuniceerd. Uitgangspunt voor een dynamisch capaciteitsprofiel voor netbewust thuisladen is dat rekening gehouden wordt met de beschikbare capaciteit op het transformatorstation waar het huishouden op aangesloten is. Dit betekent dat het laadvermogen alleen wordt beperkt als er daadwerkelijk congestie is of dreigt op het elektriciteitsnet. Vanwege de complexiteit in de uitwerking is het dynamische capaciteitsprofiel binnen de pilot niet in de praktijk getest, maar wel gezamenlijk verdiept in een werksessie.

Integratie netbewust profiel in bestaande proposities

De deelnemende marktpartijen hebben allemaal bestaande proposities en apps voor slim laden. Hierbij worden laadsessies aangestuurd via de auto of de laadpaal. Het aansturen van de auto gebeurt via een app. Twee marktpartijen hebben

Het principe van netbewust thuisladen is dat de netbeheerder flexibiliteit inkoopt bij marktpartijen die laadsessies van hun klanten netbewust aansturen, met als doel om de belasting op het laagspanningsnet te verlagen.

netbewust laden als 'add-on' bovenop hun bestaande slim laden-propositie gepresenteerd. Eén marktpartij heeft achter de schermen netbewust laden aan hun propositie toegevoegd en de groep deelnemende klanten hierover geïnformeerd. Voor alle marktpartijen was het mogelijk om het statische capaciteitsprofiel te verenigen met hun bestaande producten en apps. Ze hebben het sturingsprofiel wel op verschillende manieren geïntegreerd. Meer informatie hierover is beschreven in [hoofdstuk 3.2](#).

Verificatie toepassen netbewust thuisladen

Het principe van netbewust thuisladen is dat de netbeheerder flexibiliteit inkoopt bij marktpartijen die laadsessies van hun klanten netbewust aansturen, met als doel om de belasting op het laagspanningsnet te verlagen. Het is daarom van belang dat het capaciteitsprofiel daadwerkelijk gevolgd wordt door huishoudens en dat het voor marktpartijen en netbeheerders mogelijk is om te verifiëren dat er netbewust is geladen. Om het nakomen van het capaciteitsprofiel te verifiëren, is in de pilot gekeken naar het aantal geladen kWh van een deelnemer per klokkwartier tussen 17.00 en 21.00 uur. Twee marktpartijen hebben meetwaarden uit de MID-meter in de laadpaal gebruikt voor de verificatie. Deze meter geeft inzicht in het verbruik in kWh van de laadpaal. Een andere marktpartij heeft meetwaarden uit de auto gebruikt. Alle marktpartijen waren daarmee in staat om data aan te leveren over het energieverbruik van de thuislaadsessies. Dit inzicht konden zij zowel verschaffen per klant als geaggregeerd voor de totale groep aan deelnemers.

Gegevens uit de laadpaal blijken de meest betrouwbare databron te zijn om te verifiëren dat er netbewust is geladen. Echter konden niet alle marktpartijen die deelnamen aan de pilot de laadpaal als databron gebruiken. Door deze

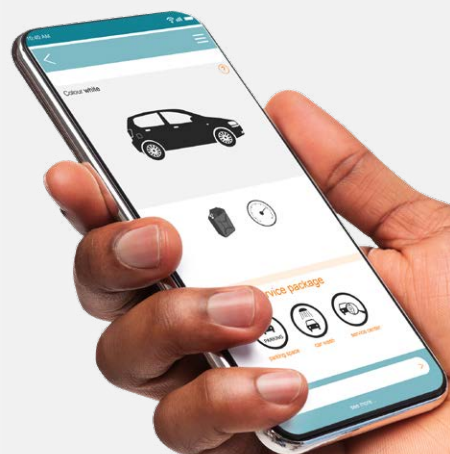
³ Nationale Agenda Laadinfrastructuur (september 2022), *Slim laden voor iedereen 2022-2025*, [lees hier](#)

beperkingen bestaat het risico dat er in werkelijkheid niet netbewust wordt geladen. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren als meerdere auto's via dezelfde laadpaal opladen, maar slechts één auto wordt aangestuurd, of als een huishouden meerdere laadpalen heeft waarvan er één wordt aangestuurd. Het is verder in theorie mogelijk dat een huishouden dubbel wordt vergoed omdat een EV-rijder meerdere slim laden-apps gebruikt. In deze pilot is niet onderzocht of dit in de praktijk daadwerkelijk voorkomt. Dit verdient nadere uitwerking bij het vervolg.

Een andere beperking is dat marktpartijen beperkte gegevens hebben over de gebruikers van hun app. Dit maakt het lastig om te achterhalen waar netbewust thuisladen geografisch gezien toegepast wordt. Om te identificeren waar een thuislaadpunt zich bevindt, is de EAN-code van de netaansluiting of het adres van de gebruiker nodig. De EAN-code is echter niet bij alle marktpartijen bekend. Deze is alleen bekend bij de energieleverancier. Hierdoor kunnen alleen verticaal geïntegreerde marktpartijen, die zowel energieleverancier als aanbieder van de slimme laaddienst zijn, eenvoudig verifiëren achter welk transformatorstation een gebruiker zich bevindt.

Geleerde lessen

- ✓ Een statisch capaciteitsprofiel is relatief eenvoudig te implementeren en biedt voorspelbaarheid voor EV-rijders, marktpartijen en netbeheerders.
- ✓ Een dynamisch capaciteitsprofiel zou gericht toegepast kunnen worden op basis van lokale congestie, maar het is complexer om te implementeren en onvoorspelbaarder voor EV-rijders, marktpartijen en netbeheerders.
- ✓ Het netbewuste capaciteitsprofiel is verenigbaar met bestaande apps en proposities van marktpartijen.
- ✓ Meetdata uit de laadpaal is het meest betrouwbaar om te verifiëren dat het netbewuste capaciteitsprofiel is toegepast. Niet alle marktpartijen hebben toegang tot deze data. Dit is een aandachtspunt voor de schaalbaarheid van deze verificatiemethode.



3.2 Sturingstechniek

Onder sturingstechniek verstaan we de manier van communiceren van het capaciteitsprofiel tussen de netbeheerder en de marktpartijen. In de pilot zijn de volgende zaken onderzocht:

Onderzoeksvragen

- Hoe kunnen de netbewuste capaciteitsprofielen gecommuniceerd worden tussen de netbeheerder en de marktpartij?
- In hoeverre kan gebruik worden gemaakt van bestaande platforms (bv. GOPACS)?
- Welke aanpassingen aan systemen zijn nodig?
- Wat zijn de voor- en nadelen van statische en dynamische sturing?
- In hoeverre zijn de manieren om het capaciteitsprofiel te delen schaalbaar?

De resultaten worden hieronder toegelicht. Hierbij maken we onderscheid tussen statische en dynamische sturing. Per type sturing worden bovenstaande onderzoeksvragen beantwoord. Voor meer toelichting op de capaciteitsprofielen zie [hoofdstuk 3.1](#).

Toepassing statische sturing

Een statisch capaciteitsprofiel kan eenvoudig gecommuniceerd worden. Omdat er geen dagelijkse gegevensuitwisseling nodig is, is dit eenmalig schriftelijk afgestemd. De

marktpartijen hebben het statische profiel op verschillende manieren geïmplementeerd, onder andere afhankelijk van het type aansturing (via de laadpaal of de auto). Daarnaast stond het partijen vrij om een opt-out aan te bieden aan deelnemers waardoor ze met reguliere snelheid konden laden. *Tabel 1* geeft een overzicht van het type aansturing en of deelnemers gebruik konden maken van een opt-out.

Een voordeel van statische sturing is de voorspelbaarheid, zowel voor de EV-rijder als de marktpartij. Het gevraagde vermogen alsook de tijden en dagen liggen vast, waardoor EV-rijders precies weten wanneer ze minder kunnen laden. Tegelijkertijd biedt het volgens de marktpartijen meer eenvoud bij het inkopen van energie. Doordat het profiel vooraf en structureel vastligt, is het mogelijk om de benodigde energievraag accuraat te prognosticeren. Een bijkomend voordeel is dat statische sturing ook relatief eenvoudig geïmplementeerd kan worden. Het feit dat er op vaste momenten gestuurd wordt, is mogelijk ook een nadeel. Er wordt namelijk ook gestuurd wanneer voldoende netcapaciteit is om de auto met volledig vermogen te laden. De netbeheerders betalen daarnaast standaard een vergoeding om flexibiliteit in te zetten, ook wanneer het voor het elektriciteitsnet niet nodig is.

Gezien de eenvoud van statische sturing is het een schaalbaar model. Hierbij kan gedacht worden aan het afsluiten van een contract tussen de netbeheerder en marktpartijen, gebaseerd op het (groeps)capaciteitsbeperkend contract.

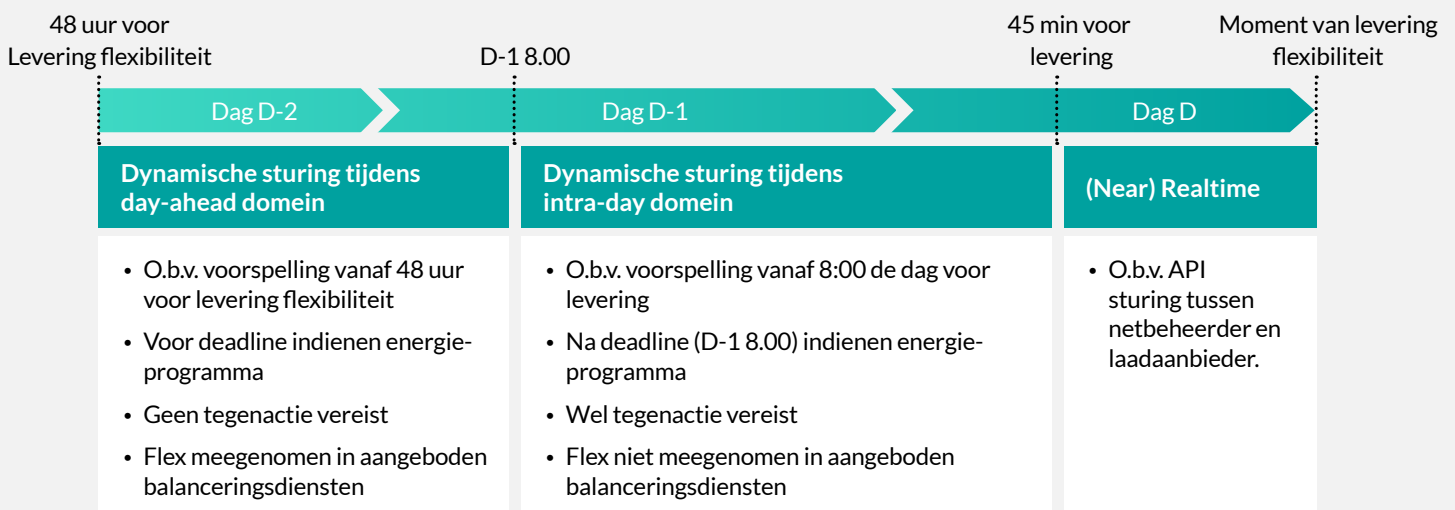
	Marktpartij 1	Marktpartij 2	Marktpartij 3
Type aansturing	Via auto (door middel van eigen app) of via laadpaal.	Via auto (door middel van eigen app).	Via auto (door middel van eigen app).
Technische inrichting	Begrenzing laadpaal tot max. 6A tussen 17.00 en 21.00 uur.	Aangepast algoritme om laden te ontmoedigen tussen 17.00 en 21.00 uur.	Begrenzing laadvermogen tot 0 kW tijdens 17.00 en 21.00 uur
Opt-out	Nee.	Ja, mogelijk om met regulier vermogen te laden.	Ja, mogelijk om EV te laden tot minimaal percentage of met regulier vermogen te laden.

Tabel 1 Overzicht implementatie sturingssignaal netbewust thuisladen

Toepassing dynamische sturing

Dynamische sturing is binnen de pilot niet in de praktijk getest, maar verdiept in een werksessie. Bij deze manier van sturing wordt de marktpartij alleen gevraagd het laadvermogen te beperken wanneer het nodig is, waardoor EV-rijders zoveel mogelijk flexibiliteit behouden. Dit vraagt om constante monitoring van de (verwachte) netbelasting en meer communicatie tussen de netbeheerders, marktpartijen en EV-rijders. Er zijn verschillende momenten om dynamische sturing toe te passen, variërend van ver voorafgaand aan het moment van energielevering tot (near) realtime. *Figuur 4* laat een tijdlijn zien met daarin 4 vormen van sturing, het moment waarop deze sturingsvormen worden afgeroepen en een korte toelichting per keuze.

Mocht een vorm van dynamische sturing worden toegepast bij netbewust thuisladen, dan is de voorkeur van de marktpartijen om het capaciteitsprofiel uiterlijk een dag van tevoren (op Dag D-1) om 8:00 te ontvangen. Enerzijds behoud je hiermee volgens de marktpartijen voldoende uitlegbaarheid richting de thuisladende EV-rijders. Anderzijds houdt dit de implementatie in (markt)processen eenvoudiger, doordat men rekening kan houden met de impact van de sturing bij het indienen van het energieprogramma. Ook kan de verwachte flexibiliteit uit thuislaadsessies nog worden meegenomen bij het aanbieden van eventuele balanceringsdiensten.



Figuur 4 Overzicht van momenten waarop dynamische sturing toegepast kan worden

Als de dynamische sturing plaatsvindt na het sluiten van het day-ahead handelsdomein, ontstaan meer afhankelijkheden met (markt)processen. Binnen het domein moet bijvoorbeeld een tegenactie worden gerealiseerd om de balansneutraliteit te waarborgen en tegelijkertijd het ontstaan van nieuwe knelpunten te voorkomen. Op dit moment wordt de GOPACS redispatch functionaliteit al ingezet bij grotere (handels)volumes, waarbij een minimum van 100 kW geldt voor biedingen. Het opstellen van juiste prognoses en het kunnen leveren van minimaal 100 kW aan vermogen op het niveau van een transformatorstation is op deze schaal op dit moment onwerkbaar. Op een transformatorstation zijn doorgaans namelijk 150 tot 400 huishoudens aangesloten. Bij congestie op de kabel wordt de groep huishoudens (ca. 20 tot 135) die hierop aangesloten zijn mét een EV en thuislaadpunt dus erg klein.

(Near) realtime sturing wordt door de marktpartijen en netbeheerders voornamelijk gezien als te ambitieus. Hieronder verstaan we sturing kort voor het moment van levering, variërend van minuten tot seconden. De onvoorspelbaarheid

voor de EV-rijder en de last-minute gerealiseerde afwijkingen op het energieprogramma zijn hierbij een punt van aandacht. Technisch zou er een API-koppeling tussen de netbeheerder en de marktpartij kunnen worden ingezet om het profiel te communiceren om het door de marktpartijen in het slim laden-algoritme mee te nemen.

Een tussenvariant die door de marktpartijen als kansrijk wordt gezien, is om een statisch profiel met een vast tijdsvenster te hanteren, maar deze wel locatiespecifiek in te zetten. Dit betekent dat het thuislaadvermogen structureel beperkt wordt op werkdagen tussen 17.00 en 21.00 uur, maar enkel in vooraf overeengekomen gebieden waar dit voor de netbeheerder bijdraagt aan het verminderen van (verwachte) netcongestie.

Tabel 2 geeft een overzicht van de voor- en nadelen van statische en dynamische sturing. Onder dynamische sturing wordt hierbij zowel day-ahead als intraday- en (near) realtime sturing bedoeld. Hoe dichterbij het moment van levering, hoe complexer het wordt.

	Voordelen	Nadelen
Statische sturing	<ul style="list-style-type: none"> • Voorspelbaar voor EV-rijder, marktpartijen en netbeheerder. • Meer zekerheid voor marktpartijen bij het inkopen van energie. • Implementatie is relatief eenvoudig. 	<ul style="list-style-type: none"> • Er wordt altijd gestuurd tijdens het sturingsblok, ook wanneer er voldoende beschikbare netcapaciteit is. • De netbeheerders betalen standaard een vergoeding, ook wanneer het niet nodig is.
Dynamische sturing	<ul style="list-style-type: none"> • Gericht toepasbaar op momenten én locaties met daadwerkelijke (dreigende) netcongestie. • Gericht uitkering van vergoeding aan marktpartijen bij (dreigende) netcongestie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Meer resources nodig door complex(ere) implementatie. • Klant kan pas laat op de hoogte worden gesteld van de gevraagde flexibiliteit. • Energieprogramma's dienen aangepast te worden door marktpartijen om nadelige onbalanskosten te voorkomen. • De marktpartij had de flexibiliteit op het moment van levering mogelijk liever op een andere markt aangeboden vanwege een hogere financiële vergoeding. • Bij sturing dichterbij het moment van levering, is meer coördinatie nodig voor het voorkomen van nieuwe (onbalans) netproblemen.

Tabel 2 Voor- en nadelen van statische en dynamische sturing

Geleerde lessen

- ✓ Op korte termijn gaat de voorkeur van de marktpartijen uit naar statische sturing op basis van een profiel met een vast tijdsvenster. Dit wordt gezien als eerste stap van netbewust thuisladen doordat het relatief eenvoudig te implementeren is, begrijpelijk is voor EV-rijders en er zekerheid is welke flexibiliteit een bepaalde klantgroep kan leveren. Een uitdaging hierbij is dat marktpartijen moeten weten welke EV-rijder achter welke transformator zit.
- ✓ Mocht dynamische sturing in het algemeen worden toegepast, dan ontvangen de marktpartijen het profiel graag uiterlijk een dag van tevoren voorafgaand het sluiten van de day-ahead markt. Dit draagt bij aan de voorspelbaarheid, eventuele eenvoudigere aanpassingen van het e-programma en een eenvoudigere implementatie.
- ✓ Afhankelijk van hoe dynamisch het profiel wordt, in tijd of in locatie, zijn additionele aanpassingen aan systemen bij marktpartijen nodig.



3.3 Vergoedingen

Tijdens de pilot is verkend wat een passende vergoeding is voor de flexibiliteit die netbeheerders bij marktpartijen inkopen via netbewust thuisladen. Hierbij zijn de volgende vragen onderzocht:

Onderzoeksvragen

- Hoe kan een vergoeding voor netbewust thuisladen ontworpen worden?
- In hoeverre is de vergoeding voldoende om de klant te belonen en de marktpartij te compenseren voor gederfde inkomsten of extra kosten die ontstaan door netbewust thuisladen?
- Hoe verhouden de baten van netbewust thuisladen zich tot de operationele- en ontwikkelkosten van marktpartijen?



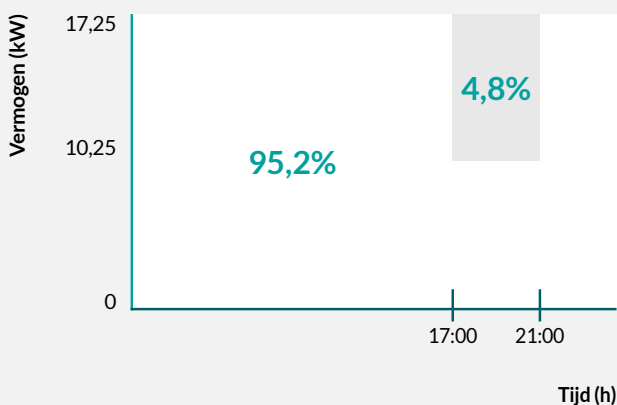
Ontwerp van de vergoeding

De netbeheerders hebben marktpartijen gevraagd om netbewust thuisladen te implementeren bij een groep deelnemers. Hierdoor werd de snelheid van de laadsessie van deelnemers door de marktpartij beperkt. Daarnaast zijn marktpartijen minder flexibel om de aangeboden flexibiliteit voor eventuele andere doeleinden in te zetten, bijvoorbeeld op de intraday- en onbalansmarkt. De netbeheerders vinden het daarom passend om een vergoeding te geven. In de pilot stond het de marktpartijen vrij om te bepalen in hoeverre de vergoeding werd uitgekeerd aan de deelnemers.

Om tot een vergoedingsbedrag te komen, hebben de netbeheerders diverse rekenmethoden met de marktpartijen vergeleken. Daarbij is onder andere gekeken naar capaciteitsstarieven die de consument betaalt, de verhouding tussen de vergoeding en de beperking van de snelheid van de laadsessie, en het effect op het laadgedrag van de EV-rijder. Daarnaast zijn voorbeelden van soortgelijke concepten rond netbewust (thuis)laden uit Duitsland en Engeland bestudeerd. De diverse rekenmethoden leiden tot uiteenlopende vergoedingsbedragen. Naar aanleiding van deze analyse hebben de netbeheerders een voorkeur uitgesproken voor het uitkeren van een vergoeding op basis van het capaciteitsstarief. Dit heeft geresulteerd in een vergoeding voor de marktpartij van € 3,44 per maand per deelnemende EV-rijder. De vergoeding is op basis van de volgende uitgangspunten tot stand gekomen:

- Door het toepassen van netbewust thuisladen, worden de laadsessies van deelnemende EV-rijders gestuurd waardoor zij een deel van de tijd beperkt gebruik maken van het transportvermogen van hun netaansluiting. De meeste huishoudens hebben een netaansluiting van 3x25A wat neerkomt op een bruikbaar vermogen van 17,25 kW. Tussen 17.00 en 21.00 uur hebben zij in de pilot een beperking van 7 kW: ze kunnen met maximaal 4 kW laden in plaats van 11 kW.
- Huishoudens betalen een vast bedrag voor het gebruik van de netaansluiting. Dit is het zogeheten capaciteitsstarief. Dit tarief verschilt lichtelijk per netbeheerder. Voor Enexis-klanten bedraagt dit € 35,58 per maand. De vergoeding die deelnemers ontvangen kan gezien worden als een korting op het capaciteitsstarief.

- Het sturingsblok van 17.00 tot 21.00 uur op werkdagen vormt 4,8% van het totale vermogen dat een deelnemer kan verbruiken. Op deze momenten wordt het beschikbare vermogen van het huishouden dus administratief beperkt (zie *Figuur 5*).
- Wanneer dit percentage wordt gerelateerd aan het capaciteitstarief, leidt dit tot een vergoeding van € 1,72 per maand. De netbeheerders hebben besloten om dit bedrag te verdubbelen, omdat zij het vermogen 'terugkopen' om meer flexibiliteit te hebben en omdat de gebruiker mogelijk meer onzekerheid ervaart bij beperkte capaciteit voor het laden. Dit komt neer op € 3,44 per maand per deelnemer.



Figuur 5
Beperking vermogen door toepassen netbewuste capaciteitsprofiel

Toereikendheid vergoeding

Het maandbedrag van € 3,44 per deelnemer is het uitgangspunt voor de vergoeding voor netbewust thuisladen. De rekenmethode op basis van het capaciteitstarief wordt door de netbeheerder beschouwd als een objectieve manier om tot een vergoeding te komen. De tijdelijke beperking of ontmoediging van het gebruik van het vermogen leidt tot een verminderde gebruiksvrijheid. Dit zorgt mogelijk voor comfortverlies bij de gebruiker. Aangezien er tijdelijk minder flexibiliteit is in het gebruik van het laadvermogen, is het logisch om daar een compensatie voor te betalen. Een vergoeding op basis van het huidige capaciteitstarief is daarom in de optiek van de netbeheerders passend.

De marktpartijen hebben voorgesteld om de vergoedingsmethode te baseren op de maatschappelijke en economische kosten van de gevolgen van netcongestie. Deze vergoedingsmethoden zijn binnen de pilot niet verder verdiept. Verder vroegen de marktpartijen zich af of het gebruik kunnen maken van stroom tijdens alle uren evenveel waard is, of dat het meer waard is om de piekuren tussen 17.00 en 21.00 uur te vermijden. Een verkenning naar een alternatief nettariestelsel voor kleinverbruik door Berenschot doet bijvoorbeeld een voorstel waarbij het tarief per kWh van uren in de avondpiek structureel hoger ligt in zowel de zomer als winter.

Daarnaast is gebleken dat de huidige vergoeding niet alle kosten van de marktpartijen dekt die op dit moment in beeld zijn. Naast dat er kosten zijn gemaakt voor het werven van deelnemers, de implementatie van het capaciteitsprofiel en het verzamelen van data zijn er mogelijk aanvullende kosten. Hierbij kan gedacht worden aan de administratieve afhandeling en klantcontact, maar ook de kosten die gepaard gaan met verificatie van de sturing. Tegelijkertijd halen energieleveranciers mogelijk een financieel voordeel bij EV-rijders met vaste energietarieven door hen te stimuleren om de EV te laden op momenten met lagere day-ahead stroomprijzen. Wel lopen marktpartijen mogelijk inkomsten mis omdat ze de beschikbare flexibiliteit niet kunnen inzetten voor andere doeleinden zoals balanceringsdiensten.

Tijdens de pilot hebben de drie marktpartijen ervoor gekozen om de vergoeding volledig uit te keren aan hun deelnemers. De marktpartijen zijn van mening dat de EV-rijder gecompenseerd moet worden voor het beperken van de laadsnelheid en dat hiervoor een deel van de vergoeding gereserveerd moet worden.



Vergoeding in relatie tot kosten netbewust thuisladen

Zoals hierboven aangegeven is gebleken dat de huidige vergoeding niet alle kosten van de marktpartijen dekt die op dit moment in beeld zijn. De pilot laat verder zien dat marktpartijen deels afhankelijk zijn van andere partijen, zoals autofabrikanten, voor het verzamelen van data. Autofabrikanten vragen bijvoorbeeld een bedrag voor het tot stand brengen van een connectie met de auto, wat nodig is als de laadsessie via de auto aangestuurd wordt. Voor een sluitende businesscase is het nodig dat marktpartijen een manier vinden om onder andere deze kosten af te dekken.

De pilot heeft geen duidelijkheid verschaft in de operationele ontwikkelkosten van de marktpartijen om netbewust thuisladen op grotere schaal te realiseren. Naar verwachting zijn er voornamelijk kosten voor de doorontwikkeling van IT, de verificatie van het capaciteitsprofiel, financiële administratie, marketing en communicatie met de klant. Met name voor de doorontwikkeling van dynamische sturing zijn aanzienlijke resources en IT-ontwikkeling noodzakelijk.

Geleerde lessen

- ✓ De netbeheerders vinden het een passende methode om de vergoeding voor netbewust thuisladen te baseren op het capaciteitstarief. Marktpartijen hebben voorgesteld om de vergoeding te baseren op de maatschappelijke en economische kosten van netcongestie.
- ✓ Uit de pilot blijkt dat de vergoeding niet alle systeem- en implementatiekosten van de marktpartijen dekt. Er is aanvullend onderzoek nodig om de operationele ontwikkelkosten voor de opschaling van netbewust thuisladen in kaart te brengen.

3.4 Impact, gedrag en opschaling

Tot slot is gekeken naar de impact van netbewust thuisladen, het gedrag van de deelnemers en de voorwaarden voor opschaling. De resultaten worden hieronder per thema beschreven.

Impact

Binnen het onderwerp 'impact' is gekeken naar de behaalde impact van netbewust thuisladen in de pilot en de impact op het portfolio van balansverantwoordelijke partijen. De onderzoeksvragen zijn als volgt geformuleerd:

Onderzoeksvragen

- Wat is de gemeten impact van netbewust thuisladen in de pilot?
- Wat is de impact op het portfolio van balansverantwoordelijken bij afwijking van de voorspelde laadvraag op grote schaal?

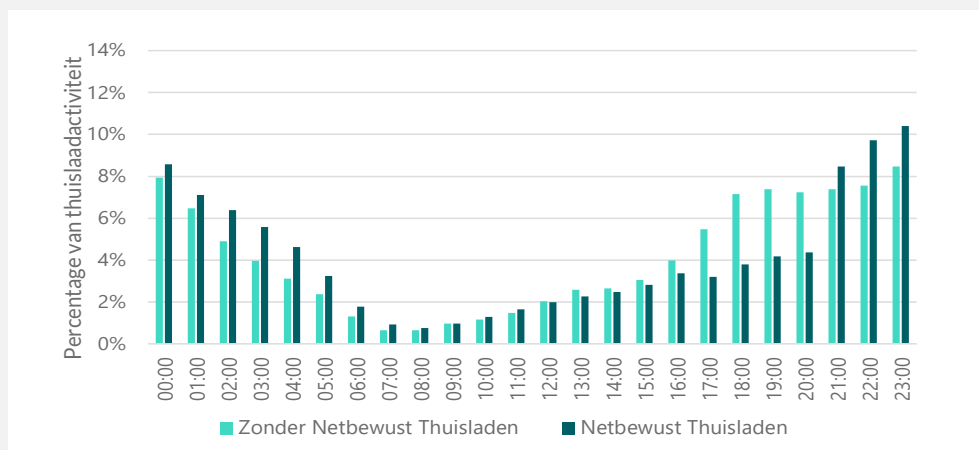
Gemiddelde impact netbewust thuisladen

De impact van netbewust thuisladen is bepaald op basis van data over de laadsessies die verzameld is door alle marktpartijen. De impact varieert tussen de marktpartijen, afhankelijk van de gekozen implementatie en het type energiecontract van de deelnemersgroep.

Zowel voor vaste als dynamische energietarieven is een duidelijke verschuiving van de laadactiviteit te zien binnen de pilot. De resultaten van één van de marktpartijen hebben een matigend effect op de resultaten. Deelnemers van deze partij hadden de mogelijkheid om hun EV op te laden tot een minimum percentage voordat er netbewust werd geladen. Hierdoor is er bij deze deelnemers meer laadactiviteit gedurende het sturingsblok ten opzichte van de andere deelnemersgroepen.

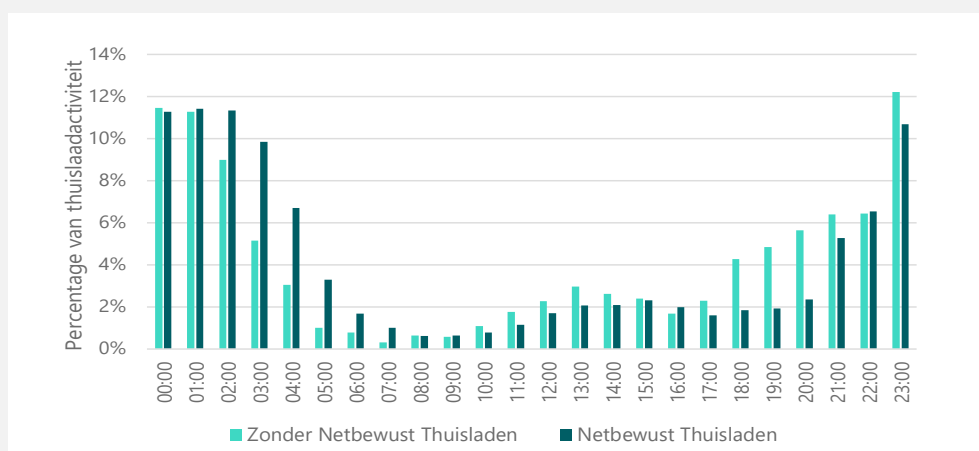


Figuur 6 laat de gemiddelde laadactiviteit zien voor alle deelnemers met een vast energietarief. Bij deze groep zorgt netbewust thuisladen voor een vermindering in het gevraagde laadvermogen tussen 17.00 en 21.00 uur.



Figuur 6 Gemiddelde laadactiviteit met of zonder netbewust thuisladen van deelnemers met een vast energietarief

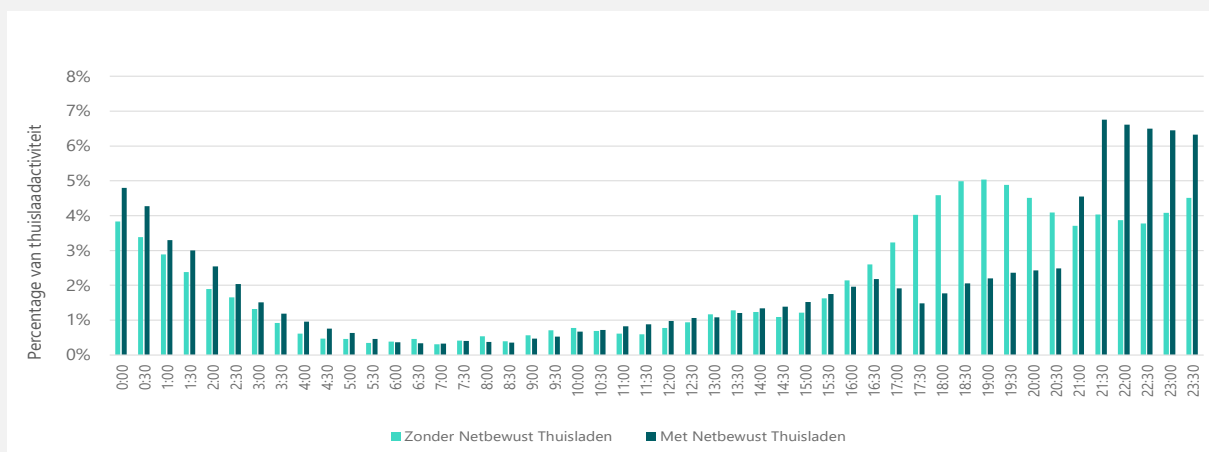
Figuur 7 laat de gemiddelde laadactiviteit zien van alle deelnemers met een dynamisch energietarief. Klanten met een dynamisch energietarief laden doorgaans al minder tussen 17.00 uur en 21.00 uur en meer in de nacht. De grafieken laten zien hoe het totale gevraagde laadvermogen verdeeld is over de dag. Hierbij wordt de deelnemersgroep vergeleken met een situatie waarin er regulier wordt geladen. Hoewel deelnemers met een dynamisch energietarief al netbewust laden, zorgt het toepassen van het netbewuste capaciteitsprofiel er alsnog voor dat het totale gevraagde laadvermogen tussen 17.00 en 21.00 uur afneemt ten opzichte van de situatie waarin er regulier wordt geladen. Na 21.00 uur en 's nachts zijn duidelijk hogere laadvolumes te zien om het niet-geladen volume in te halen en de EV op het gewenste percentage te hebben in de ochtend. Het elektriciteitsnet kan deze vermogensvraag goed opvangen omdat het tijdens deze uren minder zwaar belast wordt.



Figuur 7 Gemiddelde laadactiviteit met of zonder netbewust thuisladen van deelnemers met een dynamisch energietarief

Substantieel effect op klanten met vast energietarief

Klanten met een vast energietarief hebben geen financiële prikkel om hun laadactiviteit te verschuiven. Deze klanten laden daarom veel tijdens de avondpiek, direct nadat zij thuiskomen en hun auto inpluggen. *Figuur 8* laat de gemiddelde laadactiviteit zien van deelnemers met een vast energietarief bij één van de marktpartijen. Hieruit blijkt dat netbewust thuisladen tot een vermindering van de gevraagde capaciteit leidt tot 68% tussen 17.00 en 21.00 uur.



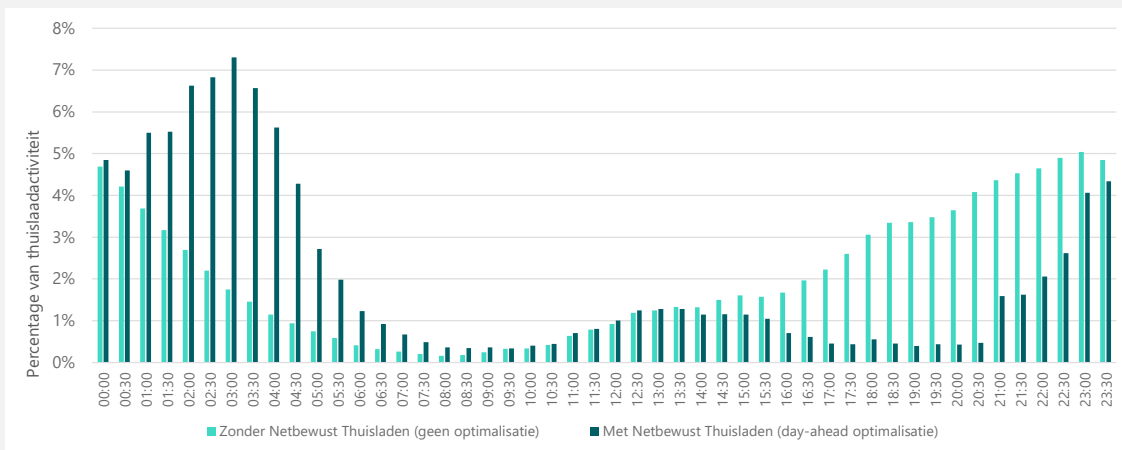
Figuur 8 Gemiddelde laadactiviteit van deelnemers met een vast energietarief bij één van de marktpartijen

Laadactiviteit van klanten met een dynamisch energietarief in lijn met netbewust thuisladen

De resultaten van de pilot laten zien dat slim laden op basis van dynamische energietarieven in de onderzoeksperiode netbewust was. In de onderzoeksperiode waren de dynamische energietarieven tijdens het sturingsblok van 17.00 tot 21.00 uur dusdanig hoog dat klanten ervoor kozen om hun auto op te laden op tijdstippen met een lager energietarief. In het geval dat een auto tot 8.00 uur 's ochtends de tijd had om te laden, heeft het laden op basis van lage energietarieven ervoor gezorgd dat de laadsessie volledig buiten de avondpiek viel. Een enkele keer is niet netbewust geladen, bijvoorbeeld doordat de EV-rijder een vroege eindtijd had ingesteld en moest laden in het sturingsblok om het gewenste laadvolume te halen of omdat de opt-out mogelijkheid is gebruikt.

De analyse van de laaddata laat zien dat de groep consumenten met dynamische energietarieven zonder netbewust thuisladen al 57% minder stroom gebruikt voor het laden van hun EV tussen 17.00 en 21.00 uur ten opzichte van de groep klanten met een vast energietarief. Ten opzichte van klanten die hun laadsessies al optimaliseren op basis van dynamische tarieven is er echter geen verschil met het netbewuste capaciteitsprofiel. Een van de marktpartijen optimaliseerde de laadsessies op basis van de actuele day-ahead energieprijzen. Gedurende de pilot is er geen enkel uur voorgekomen dat de day-ahead energieprijzen aanleiding gaven om tijdens het sturingsblok te gaan laden. Netbewust thuisladen heeft dus geen impact gehad op

de laadactiviteit van deze deelnemers. *Figuur 9* vergelijkt de netbewuste thuislaadsessies van klanten met (day-ahead) optimalisatie en zonder enige vorm van optimalisatie bij deze marktpartij. Die vermindering tijdens het sturingsblok is substantieel, namelijk tot 88%, en sluit gedurende de pilot dus aan bij de wens van de netbeheerders om de laadactiviteit te verplaatsen naar momenten dat het rustig is op het elektriciteitsnet.



Figuur 9 Gemiddelde laadactiviteit van deelnemers met een dynamisch energietarief bij één van de marktpartijen

Impact op portfolio balansverantwoordelijke

De pilot laat zien dat marktpartijen netbewust thuisladen op verschillende manieren toepassen: aansturing van de laadpaal of aansturing van de auto, al dan niet via een app. Twee van de drie deelnemende marktpartijen bieden een product aan dat gebruikt kan worden door EV-rijders, ongeacht bij welke energieleverancier zij hun energiecontract hebben afgesloten. Hierdoor kan de energieleverancier, en dus de achterliggende BRP, anders zijn dan de aanbieder van de slimme laaddienst.

Iedere BRP is verantwoordelijk voor de balans tussen vraag en aanbod van het eigen portfolio. Als netbewust thuisladen op grotere schaal (en mogelijk dynamisch) wordt toegepast, ontstaan er mogelijk onverklaarbare afwijkingen in het portfolio van de achterliggende BRP. Het kan dan namelijk voorkomen dat een klantgroep niet laadt tussen 17.00 en 21.00 uur, terwijl daarvoor wel stroom is ingekocht.

Sturen in het portfolio van een andere BRP is in de basis toegestaan. Om dit te doen, moet echter wel akkoord worden overeengekomen met de balansverantwoordelijke partij. In de pilot is ervoor gekozen om enkel deelnemers toe te laten die klant waren bij de deelnemende marktpartijen (of achterliggende energieleveranciers). Binnen de pilot heeft geen sturing in het portfolio van een andere BRP plaatsgevonden.

Gedrag

Er is ook gekeken naar het klantgedrag. Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld:

Onderzoeksvraag

- In hoeverre zijn huidige en nieuwe klanten bereid om netbewust thuis te laden en onder welke (voor)waarden?

Zoals toegelicht in [hoofdstuk 2](#) is enkel geworven onder de bestaande klantbase van de marktpartijen. Alle deelnemers aan de pilot zijn dan ook bestaande klanten, die in sommige gevallen al gebruik maakten van een slim laden-app. Voor een groot deel was het gebruik maken van een slimme laaddienst wel nieuw. Er was veel enthousiasme voor deelname bij werving. Bij het benaderen van willekeurige klanten had één van de marktpartijen een hogere conversie dan verwacht, namelijk 10%. Een andere marktpartij heeft de inschrijving tijdig gesloten omdat anders het gewenste aantal van 100 deelnemers overschreden zou worden.



Alle marktpartijen hebben tussentijds of achteraf een enquête uitgezet om inzicht te krijgen in de ervaringen van de deelnemers. Ondanks dat de marktpartijen met eigen vragenlijsten hebben gewerkt, zijn de resultaten onderling vergelijkbaar omdat zij grotendeels dezelfde thema's hebben behandeld. Uit de enquêtes komt een algemeen beeld naar voren dat respondenten positief zijn over de pilot. Bij één van de drie enquêtes gaf 93% aan in de toekomst bereid te zijn om netbewust thuis te laden. Dat enthousiasme werd bevestigd in een enquête van een andere marktpartij, waarin de deelname aan de pilot gemiddeld met een 8 werd gewaardeerd.

De compensatie met een vergoeding wordt genoemd als belangrijke factor om deel te nemen, aldus 56% van de respondenten bij een van de marktpartijen. Bij een andere marktpartij geeft 63% aan positief te zijn over de vergoeding die zij hebben ontvangen tijdens de pilot. Bij de derde marktpartij geeft 34% van de respondenten terug het huidige bedrag te laag te vinden en worden bedragen variërend van 5 tot 15 euro per maand als realistisch gezien.

De belangrijkste voorwaarden die respondenten aanvullend noemen om netbewust thuis te laden zijn gemak en een opt-out mogelijkheid voor momenten dat het nodig is. Het varieert per marktpartij hoe vaak deze opt-out functie in de pilot daadwerkelijk is gebruikt. Bij de ene marktpartij hebben klanten slechts een enkele keer per week hun voertuig geladen tot een bepaald gewenst percentage, terwijl bij de andere marktpartij een lagere reductie behaald is vanwege deze vorm van direct laden. Tot slot geeft een groot deel van de klanten terug dat zij het belangrijk vindt om bij te kunnen dragen aan het energiesysteem. Bij één van de marktpartijen werd dit door 60% van de respondenten teruggegeven.

Bij één van de drie enquêtes gaf 93% aan in de toekomst bereid te zijn om netbewust thuis te laden.

Opschaling

Naast de impact en het gedrag is gekeken naar wat nodig is voor opschaling van netbewust thuisladen. Hiervoor zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

Onderzoeksvragen

- Hoe verhoudt netbewust thuisladen zich tot andere mogelijkheden om congestie te voorkomen?
- Wat zijn succesfactoren en voorwaarden voor de opschaling van netbewust thuisladen?
- Welke (operationele) inspanningen zijn nodig voor een schaalbare toepassing op de lange termijn?
- In hoeverre kunnen andere (flex)apparaten, zoals zonnepanelen en warmtepompen, netbewust thuisladen helpen en hoe kan de propositie naar deze assets worden doorontwikkeld?

Er zijn verschillende manieren om knelpunten op het elektriciteitsnet te voorkomen. De zogeheten flex-piramide (zie *Figuur 10*) geeft een overzicht van de oplossingen om flexibiliteit te ontsluiten. De basis wordt gevormd door technische oplossingen, zoals het verzwaren van het elektriciteitsnet of een hoofdzekering in de stoppenkast die simpelweg doorslaat als gevolg van overbelasting. De tweede laag bestaat uit impliciete flexibiliteit. Hierbij wordt bepaald gedrag gestimuleerd door het geven van een (financiële) prikkel. Een voorbeeld is een bewustwordingscampagne of een tijdgebonden netbeheerderstarief dat varieert gedurende de dag: op momenten met hoge netbelasting is het tarief hoger dan op momenten met lage netbelasting⁴. De derde laag bestaat uit expliciete flexibiliteit. Hierbij koopt de netbeheerder flexibiliteit in, bijvoorbeeld door afspraken te maken met marktpartijen zoals gedaan in deze pilot netbewust thuisladen. De vierde laag bestaat uit het direct opleggen van een limiet, waarbij een gebruiker deze niet mag overschrijden. De laatste en bovenste laag van de piramide betreft het af-

schakelen van assets van de netbeheerder. Dit betekent dat het net het fysiek niet aan kan en er bijvoorbeeld zekeringen doorbranden. Klanten zitten in dat geval zonder stroom.

Het is aannemelijk dat het aanpassen van de nettariëfstructuur voor een ander gebruik van het elektriciteitsnet zorgt. Tegelijkertijd duurt het nog meerdere jaren voor dit geïmplementeerd is en is het nog onzeker wat het exacte effect gaat zijn. De eerste knelpunten op het laagspanningsnet gaan zich al eerder voordoen⁵. De netbeheerders en marktpartijen verwachten daarom dat zowel op korte als lange termijn behoefte is aan expliciete flexibiliteit, zoals netbewust thuisladen.

Succesfactoren, voorwaarden en inspanningen opschaling

De voornaamste succesfactoren en voorwaarden die naar voren komen uit de pilot zijn voorspelbaarheid voor zowel de klant, marktpartij als netbeheerder, eenvoud om zowel gemak voor klanten en marktpartijen te vergroten, een adequate vergoeding, voldoende aangehaakte marktpartijen met een (potentiële) grote klantbase en uiteraard de mate van thuisladende EV-rijders in een wijk.



Figuur 10
Flex-piramide met classificatie van oplossingen om flexibiliteit te ontsluiten

⁴ Berenschot (21 oktober 2024), *Verkenning alternatief nettariëfstelsel kleinverbruik*, [lees hier](#)

⁵ Stephan Brandligt e.a. (januari 2024), *Actieagenda netcongestie laagspanningsnetten*, [lees hier](#)

Het ontsluiten van flexibiliteit via marktpartijen vraagt om het maken van afspraken tussen de netbeheerder en marktpartijen. De huidige denkrichting is het ontwikkelen van een flexdienst-overeenkomst waarin afspraken worden vastgelegd voor de komende koudere maanden. De drie voornaamste aandachtspunten voor het vervolg zijn het eenvoudig houden van afspraken tussen netbeheerders en marktpartijen, invulling geven aan verificatie van levering en overeenstemming vinden over de vergoeding aan marktpartijen.

Doorontwikkeling naar andere (flex)apparaten

De pilot netbewust thuisladen heeft zich enkel gefocust op het ontsluiten van flexibiliteit van EV's. Het is denkbaar dat een propositie als deze wordt uitgebreid naar andere apparaten die het net zwaar belasten. Denk bijvoorbeeld aan een warmtepomp of e-boiler die aangezet worden vóór 17.00 uur of een thuisbatterij die niet oplaadt tussen 17.00 en 21.00 uur. Voor het vervolg is het van belang dat harmonisatie gezocht wordt tussen de concepten die ontwikkeld worden voor andere typen assets, om te zorgen dat dit op elkaar aansluit en elkaar niet tegenwerkt.



Geleerde lessen

- ✓ Netbewust thuisladen heeft aanzienlijk impact op het reduceren van lokale knelpunten. Netbewust laden is reeds gebruikelijk bij klanten met een dynamisch energietarief. Vaste energietarieven hebben (nog) geen dergelijke prijsprikkels. Daarom zien we het meeste effect van netbewust thuisladen bij vaste energietarieven.
- ✓ De belangrijkste voorwaarden van klanten voor deelname zijn gemak, de mogelijkheid voor een opt-out en een vergoeding.
- ✓ Er zijn meerdere manieren om congestie te voorkomen. De flex-piramide deelt deze in vijf lagen in. Netbewust thuisladen is een belangrijk instrument in de laag met expliciete flexibiliteit. Zelfs als tijdsgebonden nettarieven worden geïntroduceerd, is het wenselijk om expliciete flexibiliteit op afroep in te kunnen zetten.

Conclusies en vervolgstappen



Het doel van de pilot was om inzichtelijk te maken hoe netbeheerders en marktpartijen tot een samenwerking kunnen komen om netbewust thuisladen toe te passen bij huishoudens, waarbij netbewust en klantvriendelijk thuisladen hand in hand gaan. Dit is onderzocht door het aansturen van laadsessies bij huishoudens door marktpartijen, waarbij het vermogen om de EV te laden tijdelijk beperkt werd tijdens de avondpiek van 17.00 tot 21.00 uur. Dit hoofdstuk beschrijft de conclusies en de vervolgstappen.

Samenwerking tussen netbeheerders en marktpartijen werkt

De pilot heeft aangetoond dat het mogelijk is om netbewust thuisladen toe te passen door samen te werken tussen de netbeheerder en marktpartijen. Netbeheerders hebben daarbij geen directe relatie met huishoudens. Door afspra-

ken te maken met marktpartijen die thuislaadsessies aan kunnen sturen, kan de flexibiliteit van EV's achter de meter ontsloten worden ten behoeve van het laagspanningsnet.

Netbewust thuisladen zorgt voor piekreductie

De groep deelnemers bestond zowel uit klanten met vaste als dynamische energietarieven. Voor beide groepen is een duidelijke verschuiving van de laadactiviteit te zien binnen de pilot. Bij klanten met vaste energietarieven is een substantieel effect op de piekbelasting te zien. De capaciteit is bij klanten met dit type energiecontract tot 68% verlaagd in de avondpiek.

De resultaten laten verder zien dat slim laden op basis van dynamische energietarieven al netbewust was. Tijdens de onderzoeksperiode waren de dynamische energietarieven tussen 17.00 en 21.00 uur dusdanig hoog dat klanten hun auto laadden op tijdstippen met een lager energietarief.

Doordat de lage energietarieven samenvielen met momenten waarop het minder druk was op het elektriciteitsnet, was er sprake van netbewust laadgedrag. Een enkele keer is niet netbewust geladen, bijvoorbeeld omdat deelnemers een vroege eindtijd hadden ingesteld en moesten laden of omdat de opt-out is gebruikt. Omdat klanten met een dynamisch energietarief financieel voordeel hebben van het uitstellen van hun laadsessie naar tijdstippen met goedkopere stroomprijzen, gebruiken zij zonder netbewust thuisladen al minder stroom tussen 17.00 en 21.00 uur ten opzichte van consumenten met vaste energietarieven. Dit liep op tot 57% in de pilot ten opzichte van consumenten met vaste energietarieven.

Huidige voorkeur voor statische sturing

Op dit moment heeft een statisch capaciteitsprofiel, waarbij voor een langere periode vaste kaders worden meegegeven over het tijdsvenster en de verwachte reductie, de voorkeur. Dit is relatief eenvoudig te implementeren en dit is voorspelbaar voor zowel de klant, marktpartij als netbe-

heerder. Een overweging is om dit statische profiel enkel toe te passen in gebieden met (dreigende) netcongestie. Zowel de netbeheerders als marktpartijen zien volledig dynamische sturing, waarbij zowel het moment als de locatie worden meegenomen, als stip op de horizon. Het vraagt om nader onderzoek naar de afweging tussen de toepasbaarheid op korte termijn en de daarvoor benodigde resources en IT-ontwikkelingen.

Verschillende opvattingen over vergoeding

In de pilot is de vergoeding voor de marktpartijen vastgesteld door de netbeheerders op basis van het huidige capaciteitstarief dat consumenten betalen. De marktpartijen hebben ervoor gekozen om de vergoeding volledig uit te keren aan de deelnemers. De marktpartijen hebben voorgesteld om de vergoeding te baseren op de maatschappelijke en economische baten die het voorkomen van netcongestie met zich meebrengt. Aanvullend is het wellicht mogelijk om een vergoeding te geven voor de implementatiekosten van de marktpartijen, los van de vergoeding richting de klant.



Gemak, opt-out en vergoeding belangrijke voorwaarden deelnemers

Uit de enquêtes die de marktpartijen hebben uitgezet onder de deelnemers, komt een algemeen beeld naar voren dat respondenten positief zijn over de pilot. In één enquête gaf 93% aan bereid te zijn om in de toekomst netbewust thuis te laden en in een andere enquête werd deelname aan de pilot gemiddeld met een 8 gewaardeerd. Een groot deel van de deelnemers vindt het belangrijk om bij te dragen aan het energiesysteem. Dit werd benoemd door 60% bij één van de marktpartijen.

Deelnemers zien een vergoeding als belangrijke factor om deel te nemen. Andere belangrijke voorwaarden zijn gemak en het beschikken over een opt-out functie. In de pilot konden klanten, afhankelijk van de marktpartij, hun EV direct tot een bepaald percentage laden of het netbewuste capaciteitsprofiel volledig overrulen en met regulier vermogen laden. Dit is met name relevant als het laden via de auto aangestuurd wordt. Hierbij kan enkel met 0 of 11 kW

geladen worden, waardoor er tussen 17.00 en 21.00 uur niets geladen wordt. Via de laadpaal kan een profiel worden ingelezen, waardoor klanten kunnen laden met een (willekeurige) lagere capaciteit. In deze pilot is de capaciteit verlaagd naar 4 kW.

Nakoming netbewust profiel verdient aandacht

In lijn met bovenstaande conclusie, verdient de daadwerkelijke nakoming van het netbewuste capaciteitsprofiel bij deelnemers aandacht in de verdere uitwerking. Indien de netbeheerder netbewust thuisladen lokaal gaat inzetten als instrument om netcongestie te mitigeren, is het van belang dat de verwachtingen over de gevraagde flexibiliteit helder zijn. Mocht een klein aantal klanten de opt-out gebruiken dan heeft dat geen verregaande consequenties, maar resulteert dit wel in minder flexibiliteit voor de netbeheerder. Er moeten afspraken worden gemaakt als het marktpartijen niet lukt om deelnemers het gevraagde thuislaadgedrag na te laten komen.

Vervolgstappen

Gezien de positieve resultaten hebben de netbeheerders en marktpartijen gedurende de pilot besloten om netbewust thuisladen verder te ontwikkelen en op te schalen op basis van de opgedane leerervaringen. De intentie is uitgesproken om in gezamenlijkheid met alle drie de netbeheerders en meer marktpartijen toe te werken naar een opschaling van het netbewust thuisladen concept. Hierbij wordt gedacht aan een contractvorm tussen een marktpartij en een netbeheerder waarmee de netbeheerder een flexdienst afneemt tegen overeengekomen (standaard) voorwaarden en condities. De komende maanden wordt dit verder uitgewerkt in nauwe samenwerking tussen de netbeheerders en marktpartijen, met als ambitie om de eerste versie van dit product te introduceren in de komende winter.



Colofon

Titel: Rapportage Pilot netbewust thuisladen

Datum: 8 april 2025

Dit rapport is het resultaat van de samenwerking tussen:

- Enexis: Frans van der Steen en Raymond van Hooijdonk
- Liander: Bas Trago en Sjoerd Brüggewirth
- ANWB Energie: Casper Roos, Sven Schutte en Marco van Eenennaam
- Eneco eMobility: Marlee de Jonge, Pieter Roodenburg en Merel Schumacher
- Vattenfall: Cor Poesiat-Kuijper
- Provincie Noord-Brabant: Jo Deckers en Roy Abspöel

Auteurs: Dit rapport is opgesteld door Joost van den Hove en Annabel van Zante van APPM Management Consultants met medewerking van bovenstaande partijen.

Disclaimer: Dit rapport is met zorg samengesteld op basis van de beschikbare informatie. De resultaten en conclusies zijn gebaseerd op gegevens uit de pilot en weerspiegelen de situatie op het moment van onderzoek. Aan de inhoud kunnen geen rechten worden ontleend.

Overname of verspreiding van (delen van) dit rapport is alleen toegestaan met duidelijke en volledige bronvermelding.