



CAPACITEIT ELEKTRISCH LADEN OP LOCATIE – HET EVEC-MODEL 2.0

Verdere ontwikkeling van het EVEC-model

Urban Technology | Faculteit Techniek
Januari 2019

CAPACITEIT ELEKTRISCH LADEN OP LOCATIE – HET EVEC-MODEL 2.0

Verdere ontwikkeling van het EVEC-model

AUTEUR

Jos Warmerdam

ONDERZOEKSGROEP

Urban Technology | Faculteit Techniek

DATUM

17 januari 2019

VERSIE

1.2

© 2016 Copyright Hogeschool Amsterdam

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door print-outs, kopieën, of op welke manier dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Hogeschool Amsterdam.

Samenvatting

Voor logistieke bedrijven en fleetowners betekent de omschakeling naar elektrisch rijden een aanzienlijke extra capaciteit om de voertuigen op te laden. Om inzichtelijk te maken hoeveel ruimte er nog is op een locatie om elektrische voertuigen op te laden binnen het gecontracteerde vermogen en het aansluitvermogen, is in 2018 door de Hogeschool van Amsterdam het EVEC model ontwikkeld (EVEC: Electric Vehicle Expansion Calculator), met als case het bedrijf Deudekom. Vervolgens kwamen de vragen om het model uit te breiden met de mogelijkheid van zonnepanelen en een vaste elektriciteitsopslag. Deze toevoegingen zijn onder het project Nationaal Dataonderzoek Slimme Laadstrategieën (NDSL) gedaan. Om het model nog wat flexibeler te maken is het ook uitgebreid met laadpatronen.

Voor de laadpatronen zijn de gebruikelijke slimme laadstrategieën mogelijk: (i) uitgesteld laden, (ii) laden met lager laadvermogen, (iii) in gedeelten laden (cut and divide), (iv) terugleveren aan het net (vehicle to grid). Hiermee is een optimale inzet van de laadpalen te bepalen. Met deze slimme laadstrategieën kan in de case tot 4x meer EVs worden opgeladen (in het rekenvoorbeeld van 6 naar 26 elektrische voertuigen). Er is hierbij uitgegaan dat verbruiken voorspelbaar zijn, en dat de voertuigen 's nachts niet worden gebruikt. In deze case is dat gegeven de voorspelbaarheid van ritten een redelijke aanname, voor andere fleetowners is dat mogelijk minder het geval.

Als het volledige dak wordt volgelegd met PV-panelen dan past dat niet op de huidige aansluiting. In de donkerste perioden in de wintermaanden is al het opgewekte zonne-energie voor eigen verbruik en is er geen extra zonne-energie beschikbaar om EV op te laden.

Met een vaste batterij-opslag die overdag wordt opgeladen, is het mogelijk om in de avond nog meer EV op te laden (in het rekenvoorbeeld nog eens 22 elektrische voertuigen, dus in totaal dan 48).

Met de aanvullende functionaliteiten biedt het EVEC model mogelijkheden om vragen van fleetowners te beantwoorden als ook slim laden, PV en opslag aan de orde zijn.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
Inhoudsopgave.....	4
1. Inleiding.....	5
2. Elektriciteit bij Deudekom	6
3. Het EVEC-model 1.0	8
3.1 Mogelijkheden voor opladen	8
3.1.1 Het momentane vermogen.....	8
3.1.2 Beschikbare kWh per dag.	9
4. Uitbreiding van het EVEC-model naar 2.0	11
4.1 EV laadprofielen	11
4.2 Zonne-energie / zonnepanelen	12
4.3 Vaste batterij voor afvangen pieken zonne-energie.....	15
4.4 Zon en vaste batterij met opladen EV	16
5. Conclusie	19
Literatuurlijst	20
Bijlage: Jaarverbruik van Deudekom.....	21

1. Inleiding

In het LEVV-LOGIC project is een model ontwikkeld om de gevolgen van elektrisch laden op locaties als kantoorpanden en bedrijfsterreinen te onderzoeken. Het project sloot aan bij de Green Deal Zero Emission Stadslogistiek, waarin een consortium van organisaties afspraken hebben gemaakt om de stadslogistiek nul emissie te maken. Zo wil de gemeente Amsterdam het transport in de binnenstad in 2025 emissievrij hebben en dit betekent een omslag naar elektrisch vervoer.

Voor bijvoorbeeld logistieke bedrijven en fleetowners betekent de omschakeling naar elektrisch rijden een aanzienlijke extra capaciteit om de voertuigen op te laden. Om inzichtelijk te maken hoeveel ruimte er nog is op een locatie om elektrische voertuigen op te laden binnen het gecontracteerde vermogen en het aansluitvermogen, is het EVEC model ontwikkeld (EVEC: Electric Vehicle Expansion Calculator),

Een van de aanbevelingen uit het LEVV-LOGIC project was om het model uit te breiden met het plaatsen van zonnepanelen en het plaatsen van een vaste elektriciteitsopslag. Deze toevoegingen zijn onder het project Nationaal Dataonderzoek Slimme Laadstrategieën (NDSL) gedaan en worden in dit rapport uitgewerkt en gepresenteerd.

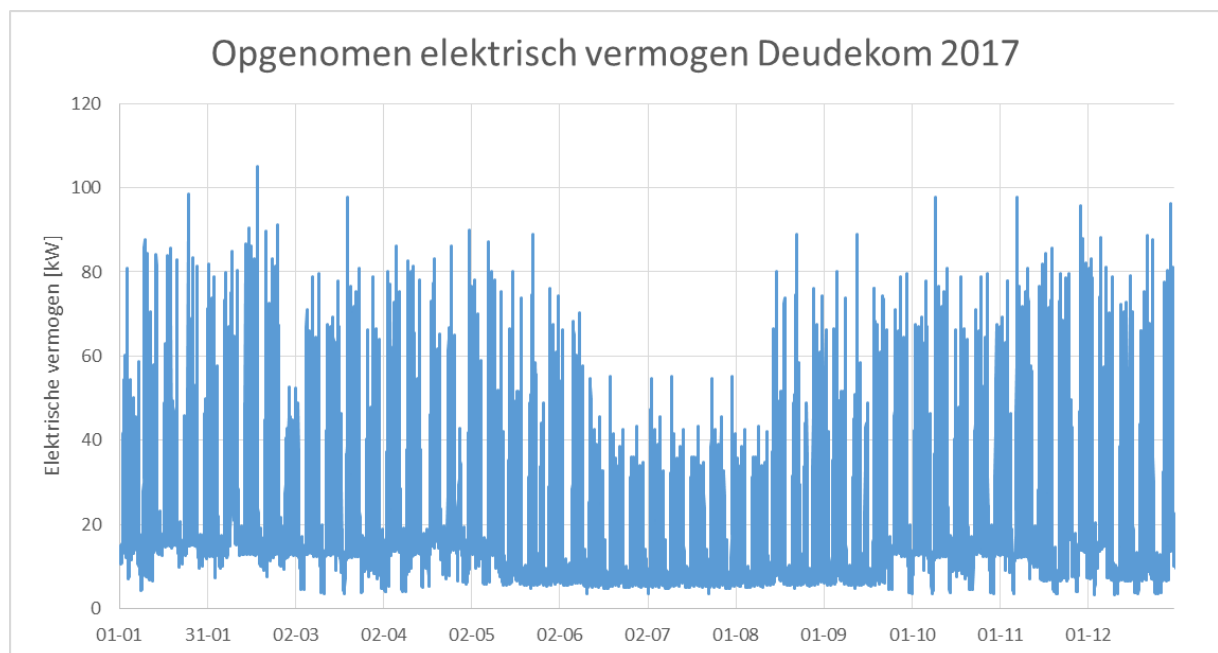
Als voorbeeldlocatie is het bedrijf Deudekom te Amsterdam gebruikt.

2. Elektriciteit bij Deudekom

Op de locatie zijn er twee grootverbruikersaansluitingen voor elektriciteit: een voor het kantoor en een voor de loods/het magazijn. Het magazijn is de mogelijke locatie voor de elektrische voertuigen, en de maximale aansluitwaarde daarvan is 160 kVA. Met een $\cos\phi$ van 0,90 (gemeten in mei 2014) is dat een beschikbaar vermogen van 144 kW. Het gecontracteerde vermogen is 116 kW.

Indien men een hogere aansluitwaarde wil dan is de volgende stap om een apart transformatorhuisje met 10 kV aansluiting te plaatsen, met een aansluitwaarde van 630 kVA. Deudekom geeft aan dat de kosten daarvoor in de orde van € 150.000 zijn.

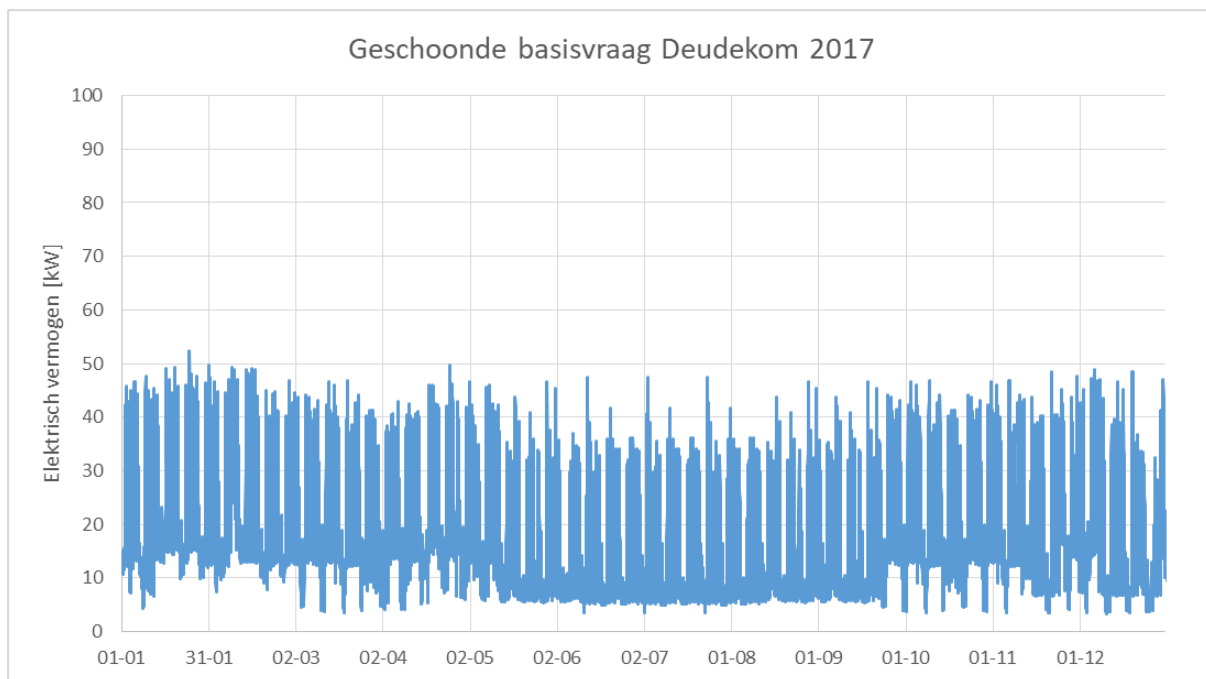
Van de netbeheerder zijn slimme meter data verkregen over de periode 11 november 2016 tot en met 30 juni 2017. Dit zijn kwartierwaarden van het elektriciteitsverbruik (in kWh). Het vermogen in kW wordt hieruit berekend door elke waarde te delen door een kwart uur. Het is nog niet gelukt om de resterende data van 2017 te verkrijgen. In bijlage I staat beschreven hoe uit de beschikbare data een jaarverbruiksprofiel van Deudekom voor 2017 is gemaakt. Het zo gemaakte jaarverbruik staat in Figuur 1.



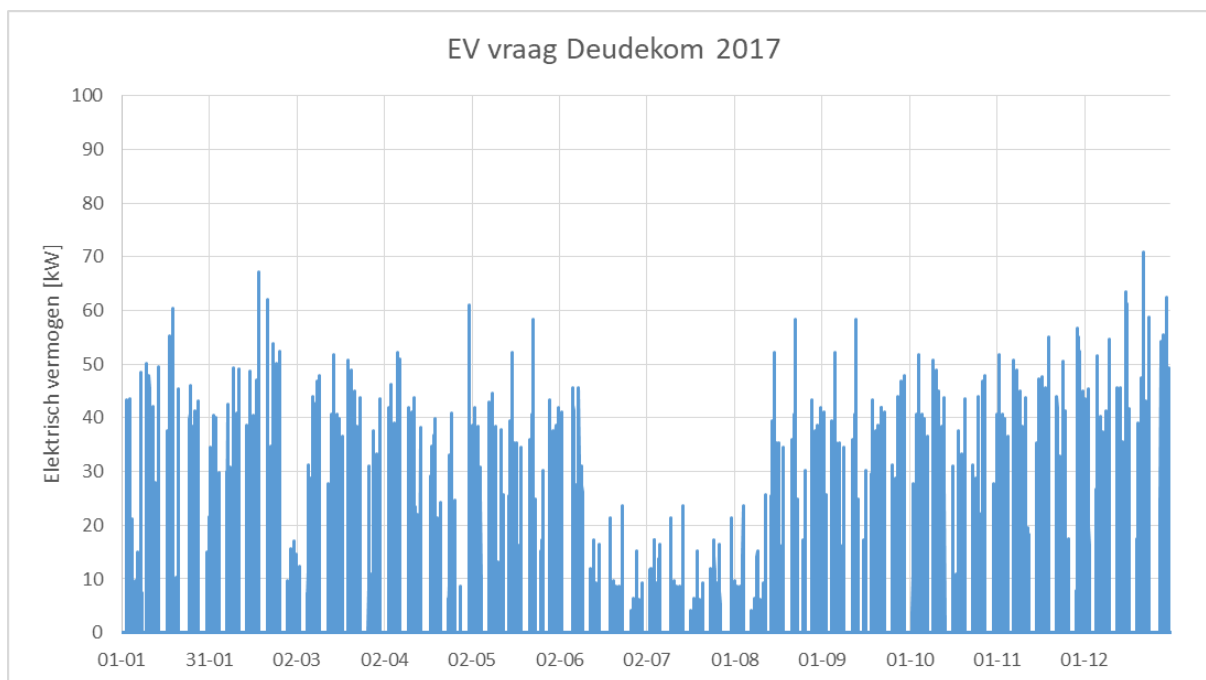
Figuur 1: Elektriciteitsverbruik in kW van het magazijn over de periode 1-1 t/m 31-12-2017.

Overdag zit het elektriciteitsverbruik in de wintermaanden zo rond de 70 tot 80 kW, met enkele uitschieters naar beneden naar 50 kW in de eerste week van januari en de eerste week van maart. Ook zijn er enkele, kortere, uitschieters naar boven, tot circa 100-105 kW. Het verbruik in de zomerperiode is beduidend lager, tot maar 40 kW overdag.

De hoge pieken komen doordat er al elektrische voertuigen werden opgeladen bij Deudekom. Om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden voor elektrisch laden in een nieuwe situatie is de data zoveel mogelijk gesplitst in een basisverbruik van de locatie en elektrisch verbruik voor laden van EV. Dit staat beschreven in bijlage I. De resultaten staan in Figuur 2 en Figuur 3.



Figuur 2: Het basisverbruik bij Deudekom in 2017, zonder het opladen van EV.



Figuur 3: Het opladen van de EV in 2017.

De basisvraag is relatief stabiel, tussen de 35-50 kW op werkdagen, en 5-15 kW in het weekend, en in de winter circa 10-15 kW hoger dan in de zomer. De EV vraag fluctueert meer, en kan tot 70 kW oplopen.

3. Het EVEC-model 1.0

Om te kunnen berekenen hoeveel elektrische voertuigen er nog kunnen worden opgeladen is er een rekenmodel in excel gemaakt, de Electric Vehicle Expansion Calculator (EVEC). Allereerst wordt voor de locatie het gecontracteerde, en het maximale elektrische aansluitvermogen ingevoerd (voor een voorbeeld, zie Figuur 4). Indien het gecontracteerde vermogen wordt overschreden moet er extra betaald worden voor de verbruikte kWh, bij overschrijving van het maximale aansluitvermogen zal de beveiliging/zekering in werking komen en de elektriciteit afschakelen.

Vervolgens wordt de slimme meter data ingevoerd, dat geeft het eigen basisverbruik weer. Het verschil tussen het basisverbruik en het gecontracteerd vermogen danwel aansluitvermogen geeft de ruimte weer om elektrische voertuigen te kunnen laden.

Tenslotte worden de elektrische voertuigen ingevoerd. Het model laat dan zien of dat nog past binnen het gecontracteerde vermogen en de aansluitcapaciteit, en welke extra ruimte er ontstaat door slim te laden.

In de rest van dit hoofdstuk wordt het model versie 1.0 kort beschreven, een uitgebreide omschrijving van het model versie 1.0 staat in (Warmerdam, 2018).

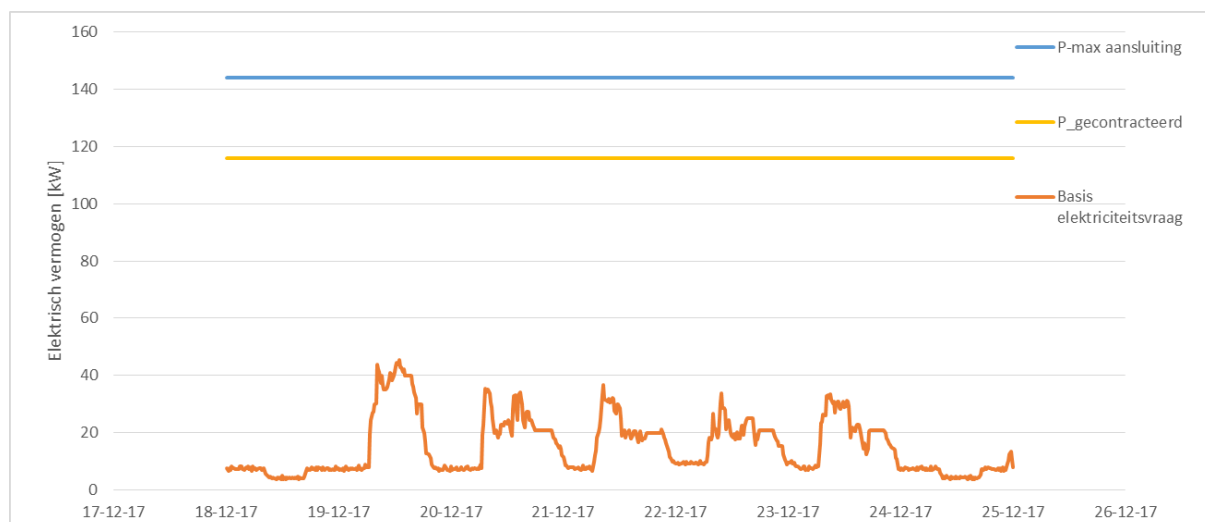
3.1 Mogelijkheden voor opladen

Nu het elektriciteitsverbruik bekend is, kan worden bepaald hoeveel ruimte er nog is op de bestaande aansluiting om extra elektrische voertuigen op te laden. Daarbij moet zowel worden gekeken naar het momentane vermogen (in kW) als het totale laadvermogen (in kWh):

- Het **momentane vermogen** geeft aan hoeveel voertuigen er tegelijkertijd aan de lader kunnen,
- Het **totale laadvermogen** geeft het totaal aan kWh dat in de accu's kan worden gestopt.

3.1.1 Het momentane vermogen

In Figuur 4 staat een voorbeeld voor de situatie bij Deudekom. Het laat het elektriciteitsverbruik gedurende een week zien, waarbij het basisverbruik in het weekend overdag maar een paar kW is, en in de nacht een paar kW hoger vanwege de buitenverlichting. Overdag zit het verbruik tussen de 20 en 40 kW.



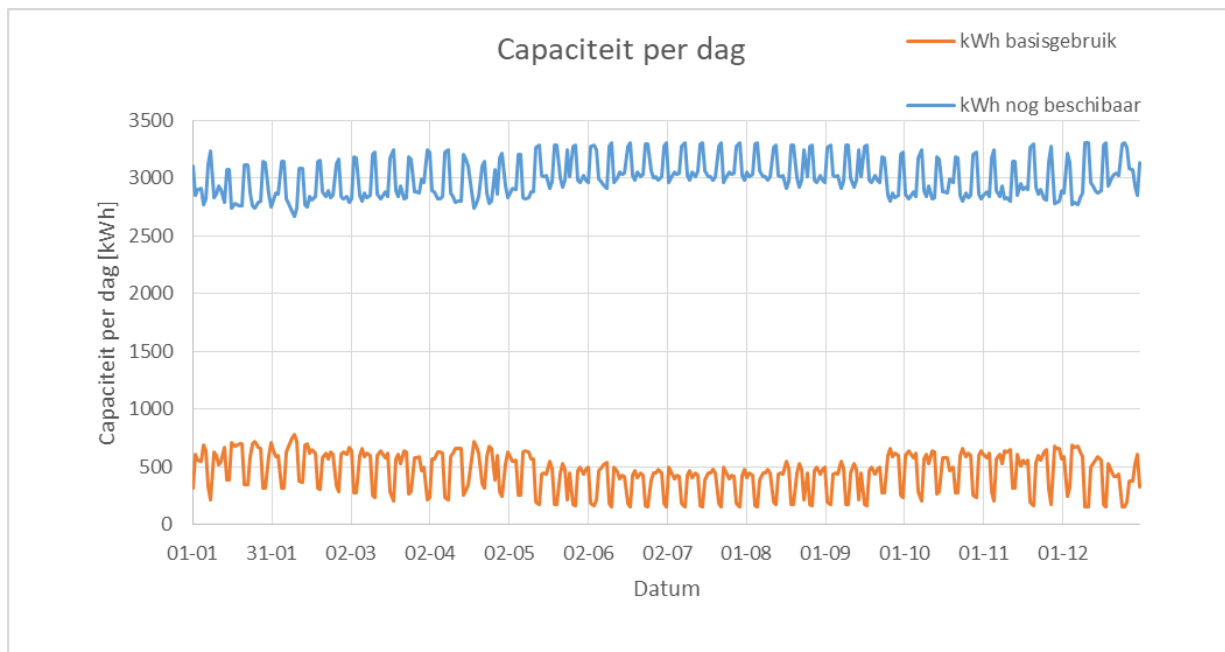
Figuur 4: Een voorbeeld van het momentane vermogen over een week bij Deudekom.

3.1.2 Beschikbare kWh per dag.

Het verschil tussen de aansluitcapaciteit en het werkelijke verbruik geeft aan hoeveel elektriciteit er nog uit het net kan worden gehaald binnen het huidige aansluitvermogen.

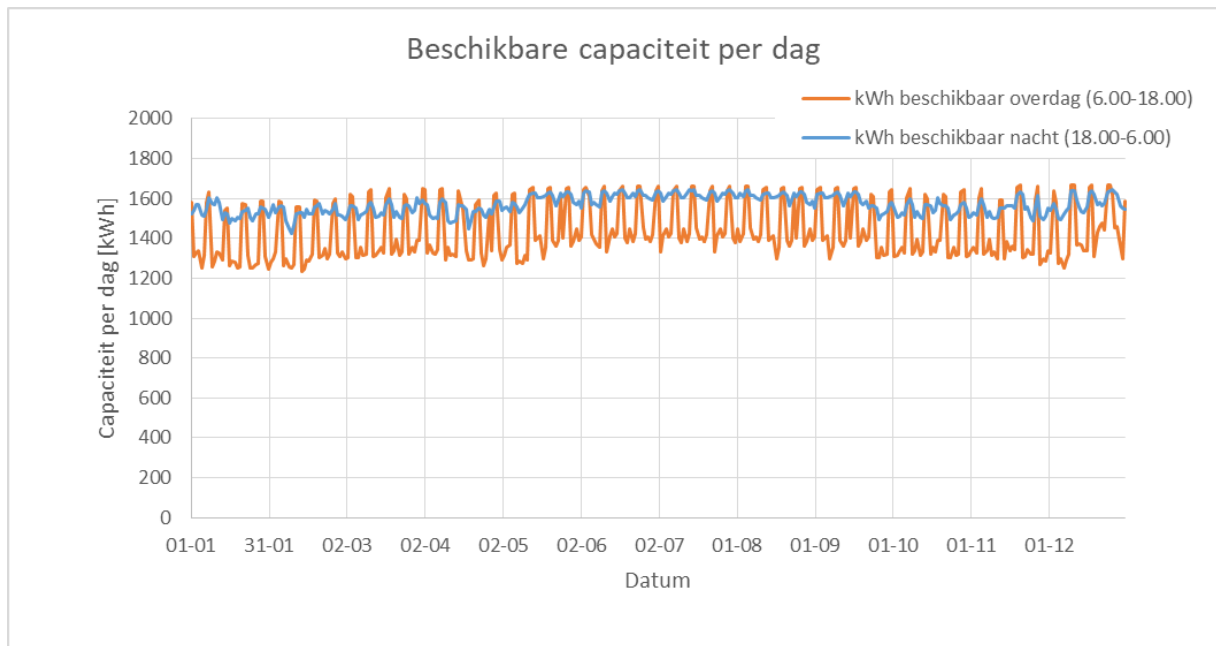
Met een maximaal vermogen van 144 kW kan er per 24 uur $144 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} = 3.456 \text{ kWh}$ uit het net worden gehaald. Het huidige eigen verbruik is met circa 700 kWh per dag in de winter en 500 kWh per dag in de zomer een stuk lager; er kan nog circa 2.700 kWh tot 2.900 kWh per dag extra afgenomen worden.

Dit is voor 2017 per dag weergegeven in Figuur 5. Het verbruik op zaterdag en zondag is circa 300 kWh per dag lager dan doordeweeks.



Figuur 5: De dagelijkse energievraag (basisverbruik) en de nog beschikbare elektrische capaciteit per dag.

Omdat de voertuigen overdag op pad zijn zal het laden vooral tussen 18.00 en 6.00 plaatsvinden. Daartoe is de beschikbare capaciteit per dag zoals weergegeven in Figuur 5 uitgesplitst naar overdag en de avond/nacht, zie Figuur 6.



Figuur 6: Beschikbare capaciteit uitgesplitst naar overdag en 's nachts.

In de nacht is er circa 1500 kWh per dag beschikbaar om extra voertuigen op te laden. De extra capaciteit overdag kan gebruikt worden om voertuigen van derden overdag op te laden op de locatie, of door een dagopslag-batterij te gebruiken voor het elektrisch laden van extra voertuigen in de nacht.

4. Uitbreiding van het EVEC-model naar 2.0

Aan het EVEC-model zijn twee uitbreidingen gedaan, het toevoegen van zonnepanelen (PV) en een vaste batterij-opslag op locatie. Ook is de invoer van de laadvraag voor elektrische voertuigen verbeterd door de toepassing van EV (laad)profielen.

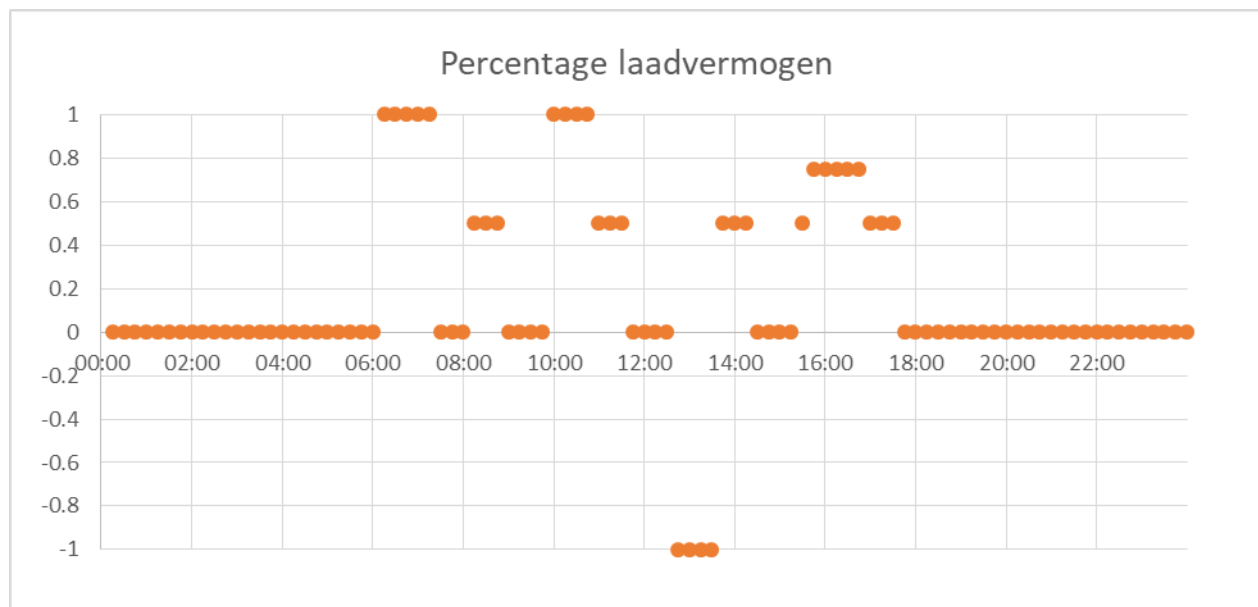
4.1 EV laadprofielen

Tot nog toe is uitgegaan van relatief simpele profielen van EV gebruikers; waarbij werd uitgegaan van het maximale laadvermogen van het voertuig, en direct laden bij moment van connectie. In ontwikkeling zijn slimme laadprofielen die het laadvermogen aanpassen aan specifieke optimaliseringsdoelen (bijvoorbeeld energieprijzen, duurzame energieproductie of reductie van piekbelasting op het net). Binnen dit project is dit verdisconteerd in een EV laadprofiel.

Voor elke EV worden de volgende parameters ingevoerd:

- het maximale laadvermogen;
- de capaciteit van de accu;
- de state of charge wanneer de EV aangesloten wordt op de laadpaal;
- de minimum lading die nog in de accu moet blijven.

Vervolgens wordt dan per EV voor een dag per kwartier het beschikbare laadvermogen aangegeven, als percentage van het maximale laadvermogen. Uitgangspunt is dat de EV gedurende deze tijd ook verbonden is met de laadpaal. Het percentage kan ook negatief zijn bij terugleveren aan het net (Vehicle to Grid, V2G), of nul bij uitgesteld laden. Een voorbeeld van zo'n profiel staat in Figuur 7. Bij Deudekom is het niet mogelijk elektriciteit terug te leveren dus daar is het percentage altijd positief.



Figuur 7: Voorbeeld van een laadprofiel voor een elektrisch voertuig (als percentage van maximale laadvermogen).

4.2 Zonne-energie / zonnepanelen

Met zonnepanelen op daken en gevels kan (voor een deel) in de eigen energiebehoefte worden voorzien. Het lastige van zonne-energie is dat er in de winterperiode veel minder van beschikbaar is, en dan is vaak de grootste vraag. In de zomermaanden kan er een overschot zijn. Het model maakt inzichtelijk hoe groot deze effecten zijn. Het dakoppervlak van het magazijn is circa 5.000 m² (plat dak).

Zonne-energie bij Deudekom.

Er zijn twee situaties doorgerekend:

- Zoveel mogelijk zonnepanelen op het dak van de loods.
- Aantal zonnepanelen afhankelijk van het bestaande aansluitvermogen.

Bij de berekeningen is uitgegaan van:

- Piekvermogen zonnepaneel: 285 Wp/paneel
- Oppervlak zonnepaneel: 1,6 m²/paneel
- Verhouding m² zonnepaneel / m² dakoppervlak: 0.5 (ter voorkoming vanwege onderlinge beschaduwing is maar de helft bedekt met zonnepanelen).
- Niet bruikbaar dakoppervlak: 1.000 m² (vanwege obstakels en afstand tot dakrand)
- Gemeten zoninstraling op KNMI meteorostation Schiphol in 2017¹.

Zoveel mogelijk zonnepanelen op het dak

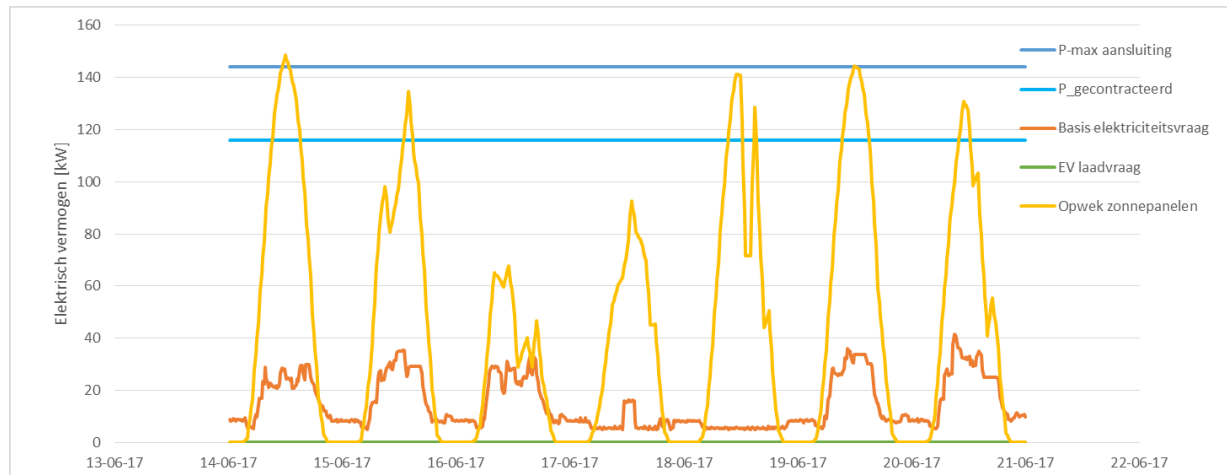
Met 4.000 m² dakoppervlak kan er 2.000 m² aan zonnepanelen worden geplaatst. Dit is in totaal 356 kWp. De maximale instraling op het horizontale vlak zoals gemeten in Schiphol eind juni is 900 W/m². Dit is bij een hoge zonnestand van circa 61°, en dit is dus 90° – 61° = 29° ten opzichte van de normaal op het horizontale vlak waarin de instraling is gemeten. Als de zonnepanelen onder een hoek van 29° op het zuiden staan, dan staat de zon vrijwel loodrecht op de panelen. Om het maximale elektrische vermogen van de zonnepanelen te berekenen moet de horizontale instraling worden omgerekend naar de instraling op het schuine vlak. In juni bestaat zonne-straling voor circa 50% uit direct zonlicht, en dit kan met de cosinus van de hoek omgerekend worden naar de instraling op het schuine vlak (Velds, 1992). De diffuse zonne-straling blijft de andere 50%. De cosinus van 29° is 0,88, en de directe invallende straling op de panelen is dan 450/0,88 = 515 W/m². Tezamen met de 450 W/m² diffuus licht is de maximale instraling op het schuine vlak 965 W/m². Het opgegeven piekvermogen van de zonnepanelen is gemeten onder testcondities van 1.000 W/m². Het maximale vermogen van de panelen met de meteodata wordt dan 965 / 1000 * 356 kW = 344 kW. Dit wordt met inverters omgezet naar gewenste spanning, met een rendement van circa 95% (Smets, 2016). Het effectieve vermogen is dan 326 kW elektrisch. Met een eigen verbruik van circa 20 kW betekent dit dat er 306 kW naar het elektriciteitsnet moet. Dit is meer dan het dubbele van het maximale aansluitvermogen van 144 kW. Bij deze situatie is er dus een verzwaring van de netaansluiting nodig.

Aantal zonnepanelen afhankelijk van het bestaande aansluitvermogen

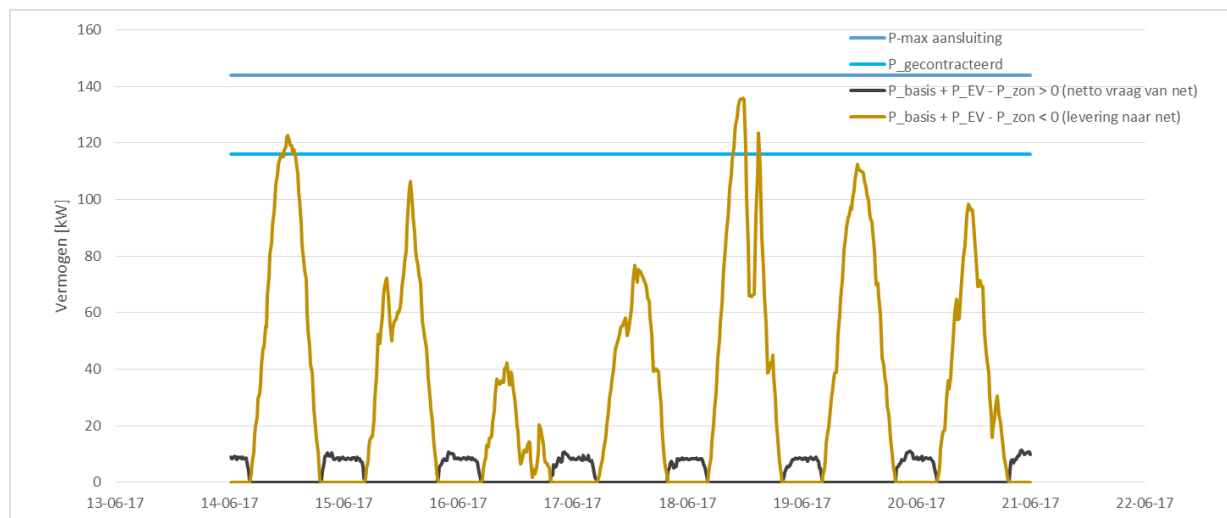
In deze situatie worden er niet meer panelen geplaatst dan er op piekmomenten op de bestaande aansluiting passen. In dit geval is er geen netverzwaring nodig, maar zal de bijdrage van de zonnepanelen lager zijn dan in de situatie met zoveel mogelijk panelen op het dak.

¹ <https://projects.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens/selectie.cgi>

Bij een eigen verbruik van 5 kW (in het weekend) en een maximaal aansluitvermogen van 144 kW mag er dus maximaal 149 kW door de zonnepanelen worden opgewekt inclusief inverter, dat is 157 kW door de panelen zonder inverter. Bij 1029 W/m² instraling op de panelen, is dat een piekvermogen van circa 152 kWp, en een benodigd dakoppervlak van 1.750 m². In Figuur 8 staat het opgewekte vermogen van de zonnepanelen. In Figuur 9 zijn de productie en het verbruik bij elkaar opgeteld en laat dus zien wat er netto naar het elektriciteitsnet gaat, of wat het netto opgenomen vermogen is.



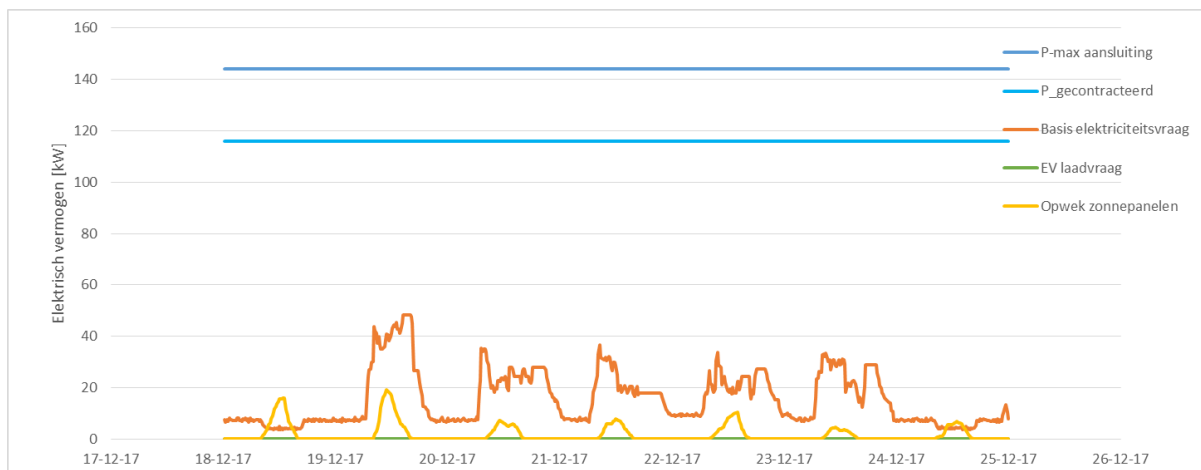
Figuur 8: Het basisverbruik en opbrengst zonne-energie tijdens dagen met de meeste instraling in 2017 (EV gebruik op nul gehouden).



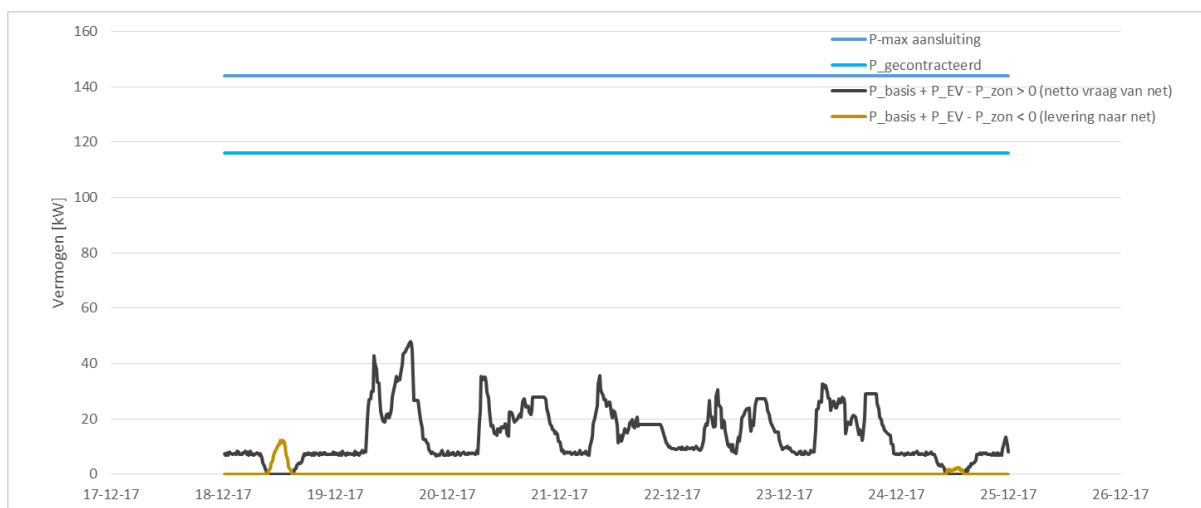
Figuur 9: Het netto vermogen dat van of naar de netaansluiting gaat.

De dag met de hoogste instralingspiek is 14 juni, maar de kritische dag is 19 juni, in het weekend, en zoals te zien blijft het vermogen net onder de maximale waarde.

In de winter is de bijdrage van de zon veel lager. Rond 18 december zijn dagen met laagste instraling. In Figuur 10 is weer de basis energievraag en de bijdrage van de zon te zien, en Figuur 11 wat er netto naar of van het elektriciteitsnet gaat/komt.



Figuur 10: Het basisverbruik en opbrengst zonne-energie tijdens dagen met de minste instraling in 2017

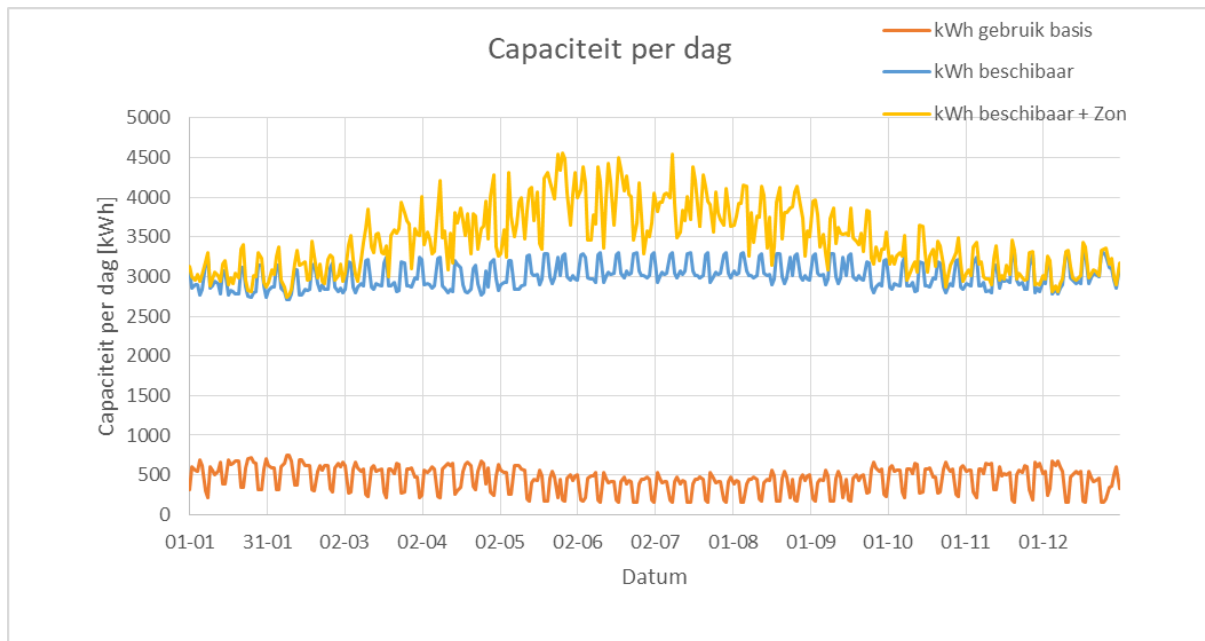


Figuur 11: Het netto vermogen dat van of naar de netaansluiting gaat.

Op werkdagen is dus alle door de zonnepanelen opgewekte energie voor eigen verbruik, en is er geen elektriciteit van de zon om elektrische voertuigen mee op te laden.

Beschikbare kWh per dag.

In Figuur 12 staat de beschikbare kWh per dag, bij een maximaal vermogen van 144 kW, zowel zonder als met zonne-energie uit de PV panelen. In de zomer komt er tot 33% meer kWh beschikbaar per dag, op een donkere winterdag in december is dat minder dan 1 %.



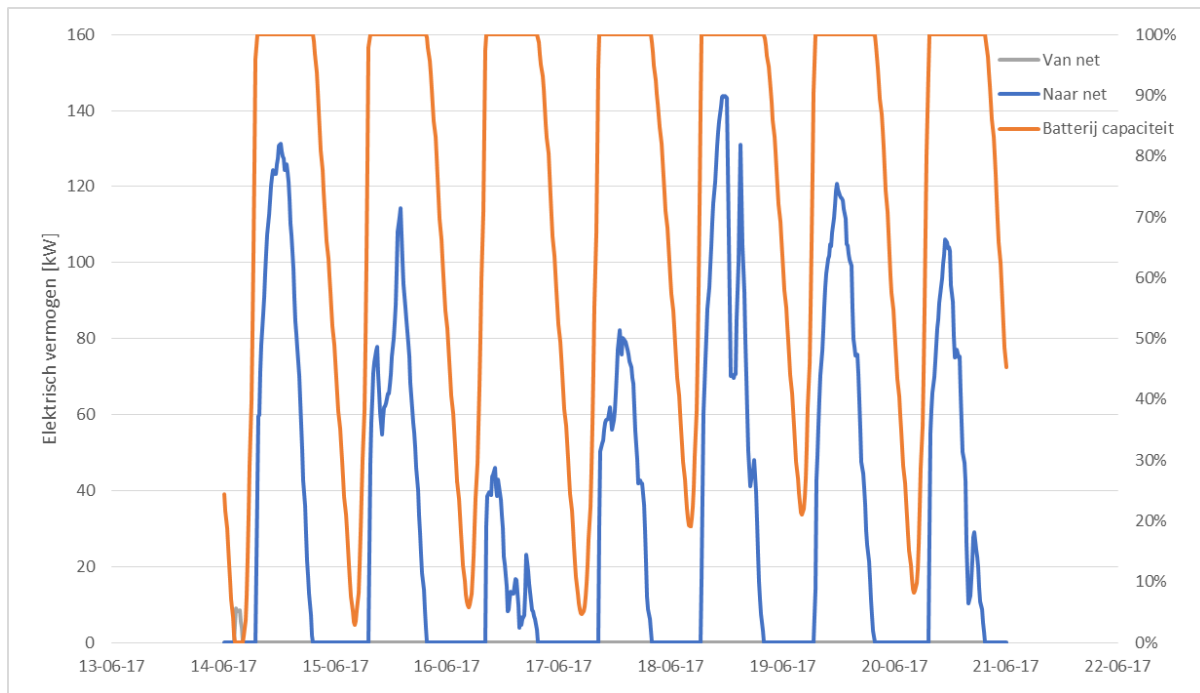
Figuur 12: Beschikbare hoeveelheid kWh per dag, met toevoeging van zonne-energie.

4.3 Vaste batterij voor afvangen pieken zonne-energie

Een batterijopslag kan zo ingezet worden dat er piekmomenten van de zonnepanelen worden afgevangen, waardoor er op een bestaande aansluiting meer zonnepanelen kunnen komen en daarmee een hogere bijdrage van zonne-energie op jaarbasis.

In de praktijk blijkt dit nog niet zo eenvoudig. Op dagen met de meeste instraling is er veel meer opbrengst dan dat er vraag is. De batterij zit dan al weer vol voordat het maximale zonvermogen bereikt is, en dan is er met een vaste batterij geen reductie in het aansluitvermogen, zie Figuur 13. In de figuur is gerekend met een batterijcapaciteit van 75 kWh.

Om wel te bereiken dat de batterij alleen in de piek oplaadt zijn slimme algoritmes nodig, die zorgen dat de batterij niet meteen begint te laden als er genoeg zonne-energie is, maar die weten wanneer de piek is en wat de elektriciteitsvraag is tot de volgende piek, en hoeveel ruimte er is op het elektriciteitsnet om de batterij te ontladen.



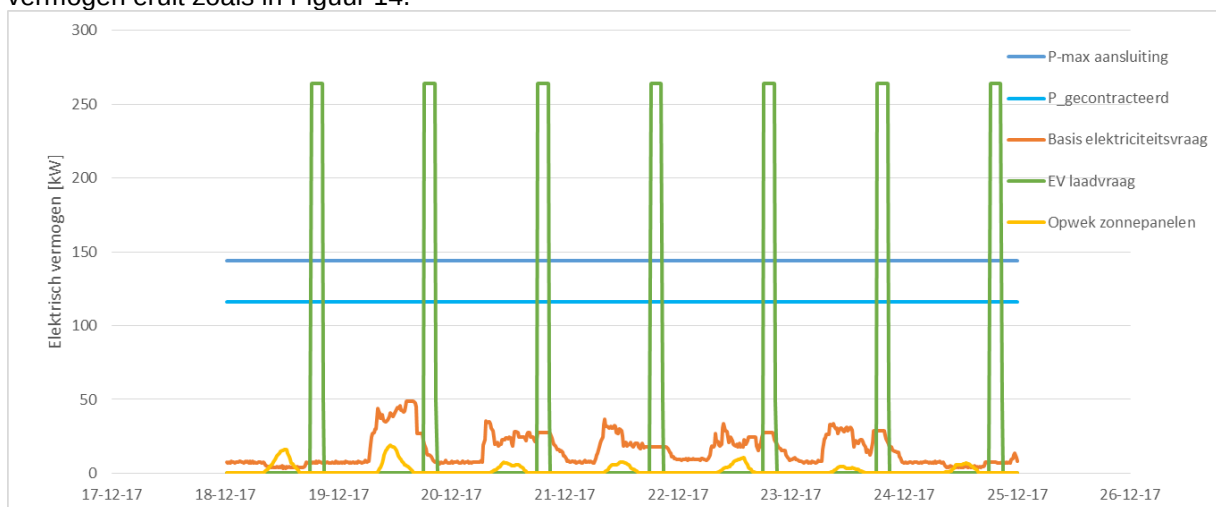
Figuur 13: Energiestromen van en naar het elektriciteitsnet en beschikbare capaciteit van de batterij.

4.4 Zon en vaste batterij met opladen EV

Als er niet dag en nacht maar alleen gedurende bepaalde perioden van de dag een laadbehoefte is, kan een extra batterij vast op de locatie een uitkomst zijn om de laadcapaciteit te vergroten. In de rustige uren wordt de vaste batterij dan opgeladen, en bij laadbehoefte van de EV's kan deze vaste batterij dan samen met de netaansluiting in het laadvermogen voorzien.

Bij Deudekom zijn de voertuigen overdag op pad, en worden ze aan het eind van de middag weer aan de lader gekoppeld.

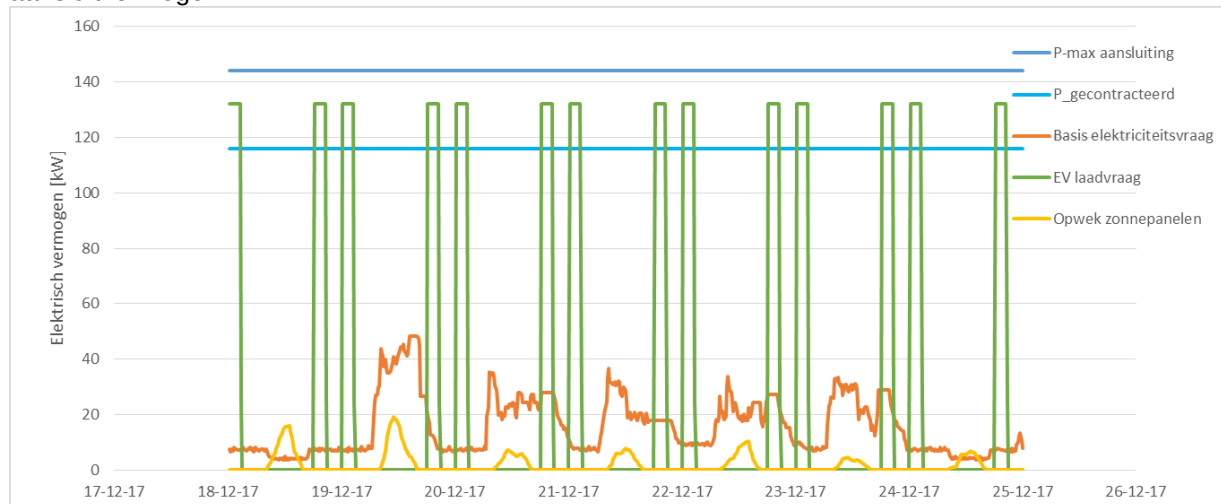
Stel dat er 12 vrachtwagens zijn die elk met 22 kW worden opgeladen, met elk een laadbehoefte van 56 kWh (80 kWh accu's, die nog 30% vol als ze op net worden aangesloten). Dan ziet het benodigde vermogen eruit zoals in Figuur 14.



Figuur 14: Benodigde capaciteit als alle 10 auto's om 16:30 uur tegelijk aan de lader gaan.

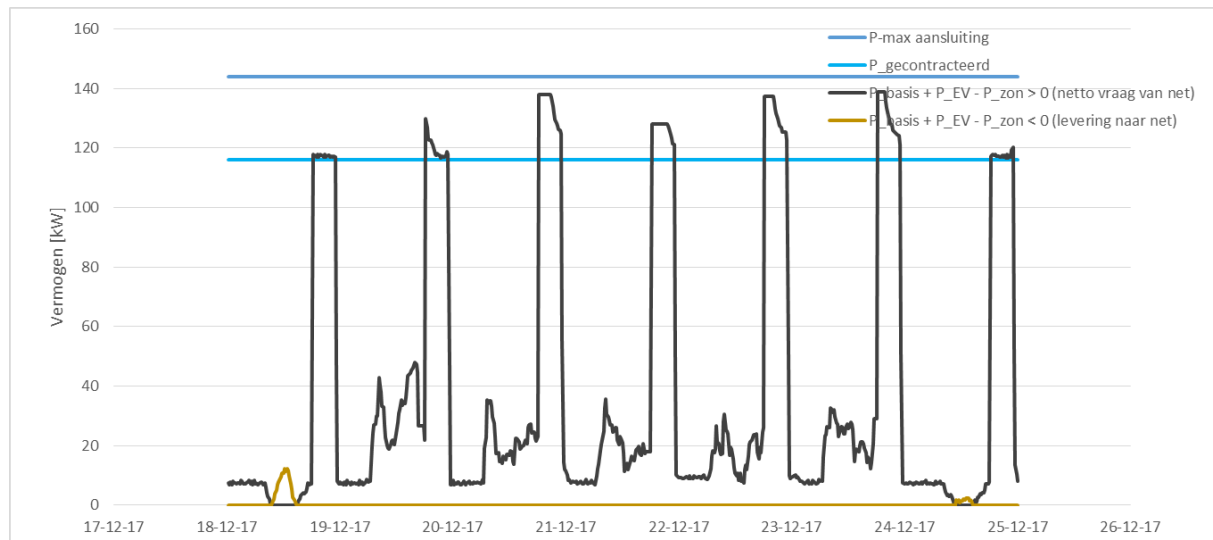
Om deze piek af te vangen moet de vraag gespreid worden. De totale laadbehoefte is 672 kWh. In de nacht is circa 1500 kWh beschikbaar (tussen 18:00 en 6:00), ruim voldoende.

Een strategie is uitgesteld laden, zoals te zien in Figuur 15. Hierin wordt de helft van de auto's opgeladen vanaf 18:00, en de andere helft vanaf 0:00. Dit past goed binnen het maximale aansluitvermogen.



Figuur 15: Benodigde capaciteit bij uitgesteld laden.

Een andere methode is om van alle aansluitpunten het laadvermogen te verlagen. In dit voorbeeld naar 11 kW. Het duurt dan 2x zo lang voordat de auto's zijn opgeladen, maar dat is geen beperking omdat ze pas na 6:00 uur weer nodig zijn en ze dan een volle accu hebben. Zie Figuur 16.

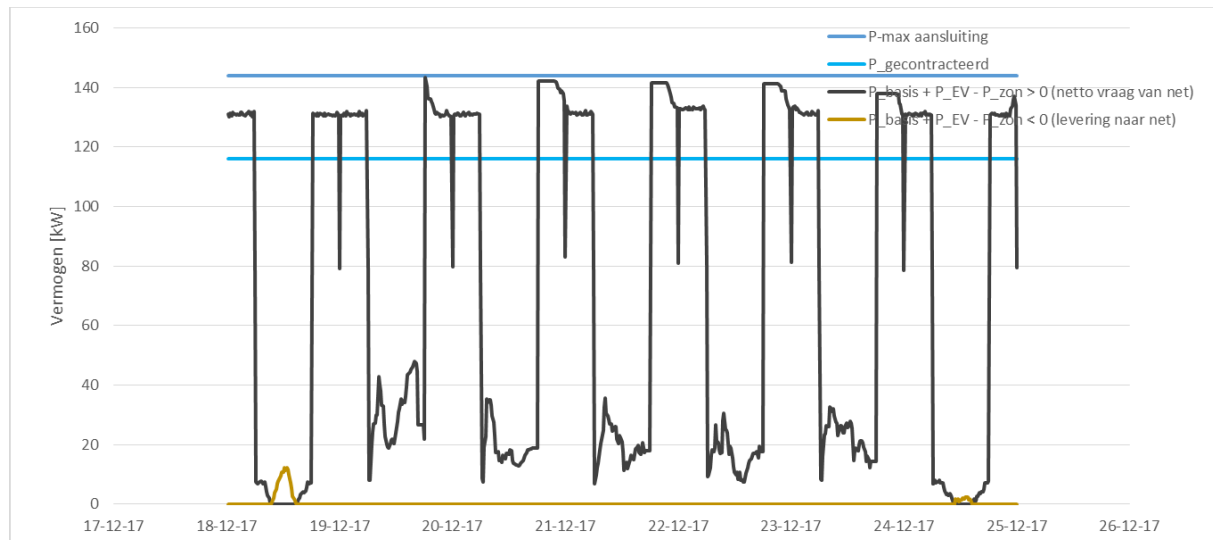


Figuur 16: Benodigde capaciteit en laadtijd bij verlaagd laadvermogen.

Een vaste batterij die overdag oplaadt om in de avond bij te dragen aan de energievraag om de auto's op te laden wordt interessant als de totale capaciteit in de nacht ingevuld is met slimme laadstrategieën.

In dit geval als er meer dan 1500 kWh laadvraag is. Bij een vraag van 56 kWh per auto is dat bij meer dan 26 auto's.

In Figuur 17 is maximale benutting van laadvermogen in de nacht te zien, in een combinatie van uitgesteld laden (13 auto's om 18:00 en 13 om 0:00 uur), en verlaagd laadvermogen van 9,5 kW.



Figuur 17: Maximale benutting van de laadcapaciteit in de nacht.

Overdag is er nog circa 1400 kWh beschikbaar. Met een rendement van 90% voor opslag in de accu en verliezen bij laden en ontladen van de accu is dat nog 1.260 kWh. Bij 56 kWh per auto zou dat betekenen dat er nog eens 22 auto's na 18:00 kunnen worden opgeladen.

5. Conclusies

Het EVEC model biedt gelegenheid voor fleetowners om te kijken hoeveel EV's nog op hun netaansluiting kunnen worden geplaatst.

In dit project is het model uitgebreid met 3 functionaliteiten: laadpatronen (slim laden), zonnepanelen en batterij-opslag.

Voor de laadpatronen zijn de gebruikelijke slimme laadstrategieën mogelijk: (i) uitgesteld laden, (ii) laden met lager laadvermogen, (iii) in gedeelten laden (cut and devide), (iv) terugleveren aan het net (vehicle to grid). Hiermee is een optimale inzet van de laadpalen te bepalen. Met deze slimme laadstrategieën kan in de case tot 4x meer EVs worden opgeladen (in het rekenvoorbeeld van 6 naar 26 EV's). Er is hierbij uitgegaan dat verbruiken voorspelbaar zijn, en dat de voertuigen 's nachts niet worden gebruikt. In deze case is dat gegeven de voorspelbaarheid van ritten een redelijke aanname, voor andere fleetowners is dat mogelijk minder het geval.

Als het volledige dak wordt volgelegd met PV-panelen dan past dat niet op de huidige aansluiting. In de donkerste perioden in de wintermaanden is al het opgewekte zonne-energie voor eigen verbruik en is er geen extra zonne-energie beschikbaar om EV op te laden.

Met een vaste batterij-opslag die overdag wordt opgeladen, is het mogelijk om in de avond nog meer EV op te laden (in het rekenvoorbeeld nog eens 22 EV's).

Met de aanvullende functionaliteiten biedt het EVEC model mogelijkheden om vragen van fleetowners te beantwoorden als ook slim laden, PV en opslag aan de orde zijn.

Beperkingen van het onderzoek / vervolgvragen

Beperkingen van de huidige functionaliteiten zijn:

- Slim laden functionaliteit is afhankelijk van de voorspelbaarheid van ritten.
- Met de huidige inzet van de vaste batterij-opslag is het niet mogelijk om meer PV te installeren, en de extra opbrengst aan het net te leveren.

Literatuurlijst

Smets, A. (2016). *Solar Energy*. Cambridge: UIT Cambridge Ltd.

Velds, C. (1992). *Zonnestraling in Nederland*. De Bilt: KNMI / Thieme.

Warmerdam, J. (2018). *Capaciteit elektrisch laden op locatie – het EVEC-model*. Amsterdam: Hogeschool Amsterdam. Opgehaald van <http://www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/contentgroep/levv/resultaten/resultaten.html>

Bijlage: Jaarverbruik van Deudekom

Datafile elektriciteitsverbruik 2017

Van de elektriciteitsleverancier zijn slimme meter data verkregen over de periode 11 november 2016 tot en met 30 juni 2017. Dit zijn kwartierwaarden van het elektriciteitsverbruik (in kWh). Het vermogen in kW wordt hieruit berekend door elke waarde te delen door een kwart uur. Het is nog niet gelukt om de resterende data van 2017 te verkrijgen. Om tot een heel jaar te komen voor de simulaties, zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Data van 1-1 t/m 30-6 is een op een overgenomen.
2. Begin zomertijd in 2017 was op 26-03 om 2.00 uur. In oorspronkelijke data gaat tijd van 1:45 naar 3:00. Laatste uur ingevuld met data van zelfde uur dag ervoor.
3. Data van 11-11 t/m 31-12-16 naar zelfde dag en tijd in 2017.
4. Invullen zomerweken met laatste 3 weken van juni (10-6 t/m 30-6 naar 1-7 t/m 21-7 en 22-7 t/m 11-8).
5. Weken uit mei naar augustus en september (13-05 t/m 2-06 naar 12-08 t/m 1-09 en 2-09 t/m 22-09).
6. Weken uit maart naar sept en okt (4-3 t/m 31-3 naar 23-9 t/m 20-10, en 4-3 t/m 24-3 naar 21-10 t/m 10-11).

Uitsplitsen data naar basisverbruik en laden EV

De hoge pieken in de verbruiksdata komen doordat er al elektrische voertuigen worden opgeladen bij Deudekom. Om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden voor elektrisch laden in een nieuwe situatie is de data zoveel mogelijk gesplitst in een basisverbruik van de locatie en elektrisch verbruik voor laden van EV.

Dit is gedaan door de pieken, het EV laden, er uit te filteren. Daarbij zijn de volgende selectiecriteria gebruikt:

- Toename in vermogen is 4 kW of meer. Dit is het tijdstip van begin laden.
 - o Het basisvermogen is dan het vermogen van het vorige kwartier.
 - o Dit is niet zo tussen 6 en 11 uur in de ochtend, en als het afgenomen vermogen dan lager is dan 50 kW. Dan is er een toename met het opstarten van de bedrijfsactiviteiten.
- Het laden duurt vervolgens totdat het afgenomen vermogen weer lager wordt dan het afgenomen vermogen tijdens het laden. Het vermogen moet dan wel meer dan 20 kW zijn omdat bij lagere vermogens het vermogen na het laden niet altijd lager is dan net voor het begin van het laden.