

Proefopstellingen thuisbatterijen

Vereniging Eigen Huis



Proefopstellingen thuisbatterijen

Vereniging Eigen Huis

Dit rapport is geschreven door:
Lucas van Cappellen en Charley Bakker

Delft, CE Delft, januari 2026

Publicatienummer: 2026.240329.004

Opdrachtgever: Vereniging Eigen Huis

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn
verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de
projectleider Lucas van Cappellen (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft – Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

	Voorwoord Vereniging Eigen Huis	5
	Samenvatting	6
1	Aanleiding	8
	1.1 Onderzoeksvragen en hypotheses	8
	1.2 Overzicht proefopstellingen	10
	1.3 Inzet thuisbatterij	12
	1.4 Eerdere analyses businesscase	12
2	Resultaten	15
	2.1 Laadgedrag per type algoritme	15
	2.2 Zelfconsumptie en netgebruik	32
	2.3 Financieel resultaat	34
3	Beantwoording hypotheses thuisbatterijen	43
	3.1 De thuisbatterij kan het einde salderen financieel opvangen	43
	3.2 De batterij kan de terugverdientijd van de warmtepomp verlagen	44
	3.3 Een batterij is rendabel bij een day-aheadproefopstelling	44
	3.4 Een batterij is rendabel bij een onbalans + day-aheadproefopstelling	45
	3.5 Een batterij is rendabel bij een zelfconsumptie proefopstelling (in een situatie zonder salderen)	45
	3.6 Een batterij is rendabel bij: Zelfconsumptie + day-aheadproefopstelling (in een situatie zonder salderen)	46
	3.7 Met een dynamisch contract levert een thuisbatterij meer financieel voordeel op dan met een vast contract	47
	3.8 De batterij helpt bij het verlagen van de energiekosten	48
	3.9 De batterij stabiliseert de gemiddelde verbruiksprijs	48
	3.10 De thuisbatterij heeft ieder seizoen een positief effect op de energierekening: resultaat geaggregeerd per seizoen	49
	3.11 Een batterij zorgt voor verlaging van terugleverkosten	52
	3.12 Een batterij verhoogt het eigen verbruik eigen opwek van x naar x	53
	3.13 Onbalans/handelen vs. negeren opwek zonnepanelen	54
	3.14 Handel op day-ahead is een duurzaam verdienmodel	54
	3.15 Onbalans is een duurzaam verdienmodel	55
	3.16 Batterijen kunnen helpen bij het oplossen van netcongestie	55
	3.17 Een kleine batterij is voldoende voor het einde van saldering	55

A	Uitgangspunten variabele elektriciteitskosten	57
B	Netgebruik en inzet thuisbatterij per maand	58
C	Samenvatting netgebruik	65

Voorwoord

Vereniging Eigen Huis

De thuisbatterij staat enorm in de belangstelling. Ook bij Vereniging Eigen Huis krijgen we steeds meer vragen hierover van onze leden.

De belangrijkste reden hiervoor is de afschaffing van de salderingsregeling. Woningbezitters met zonnepanelen staan voor de uitdaging om meer van hun opgewekte stroom zelf te gebruiken om een forse stijging van hun energierekening te voorkomen. Daarnaast komen er steeds meer toepassingen waarvoor je geen zonnepanelen nodig hebt. Denk aan handelen op de onbalans- en day-aheadmarkt. Tegelijkertijd is de thuisbatterij een relatief nieuw product waarover nog beperkt onafhankelijke informatie beschikbaar is.

Reden voor Vereniging Eigen Huis om te onderzoeken wat de thuisbatterij écht voor huiseigenaren kan betekenen. Gedurende twee jaar testen dertien van onze leden deze in de praktijk. Dat is mogelijk door partners Bliq, Charged en Solar Concept. De test vindt plaats in het kader van het Energielab van de vereniging, waarin zij nieuwe producten en diensten op het gebied van energie en verduurzaming test.

Het eerste jaar testen is inmiddels afgerond. In dit rapport analyseert CE Delft de data van de thuishesters over het afgelopen jaar. Aan de hand daarvan beantwoorden zij een aantal kwantitatieve hypothesen die we van tevoren hebben geformuleerd.

Dit rapport maakt deel uit van een bredere analyse. Daarbij hebben we ook de installatie en het gebruik van de thuisbatterij in de praktijk gevolgd en hierover praktische inzichten opgedaan. Met als doel onze leden beter te kunnen informeren en het eerlijke verhaal over de thuisbatterij te vertellen. Zo kan de woningeigenaar zelf beoordelen of deze voor hem of haar interessant is.

Cindy Kremer
Algemeen directeur Vereniging Eigen Huis



Samenvatting

Vereniging Eigen Huis (VEH) heeft bij dertien huishoudens thuisbatterijen getest. CE Delft analyseerde twaalf maanden aan data om te onderzoeken:

- hoe thuisbatterijen werken in de praktijk;
- wat ze opleveren aan kostenbesparing of inkomsten;
- wat hun rol kan zijn na afschaffing van de salderingsregeling, oftewel een doorkijk naar de toekomst gebaseerd op de historische data.

In de pilot zijn verschillende typen batterijen getest, met variatie in omvang, manier van laden en ontladen. Het ging om batterijen die alleen eigen zonne-energie opslaan, batterijen die daarnaast ook 'handelen' door slim te laden bij lage stroomprijzen en te ontladen bij hoge prijzen, en batterijen die actief zijn op de onbalansmarkt.

De pilot leverde veel inzichten over de praktische inzet van thuisbatterijen; van installatie tot het geluid dat een thuisbatterij maakt, en de gebruikservaring van bijbehorende apps door consumenten. Uit de data-analyse blijkt dat minstens twee batterijen een probleem hebben gehad met de instellingen, en tussentijds van type inzet (sturing op energie-markten) zijn veranderd. Hierdoor namen bij drie woningen de energiekosten met de thuisbatterij juist toe in plaats van af.

Aan de hand van zeventien hypothesen van Vereniging Eigen Huis zijn de belangrijkste conclusies:

1. **Thuisbatterijen kunnen het wegvallen van de salderingsregeling niet volledig compenseren:** na afschaffing van de salderingsregeling gaat de energierekening omhoog, ook mét thuisbatterij. In een deel van de gevallen kan de batterij terugverdiend worden, maar de extra inkomsten zijn onvoldoende om de toenemende energierekening te compenseren. Daarnaast zijn er verschillende proefopstellingen waarbij de batterij niet wordt terugverdiend, laat staan dat de batterij een compensatie van de hogere energiekosten kan bewerkstellingen.
2. **Thuisbatterijen verhogen het eigen verbruik:** een goed gedimensioneerde thuisbatterij kan het eigen verbruik gemiddeld met circa 30% verhogen. In één representatieve proefopstelling steeg het eigen verbruik van 35 naar 68% met een 5-kWh-thuisbatterij. Bij huishoudens met een veel hoger verbruik en zon-pv-productie is een grotere thuisbatterij vereist om het eigen verbruik te verhogen.

3. **Zelfconsumptie gecombineerd met day-aheadmarkt is het meest toekomstbestendige verdienmodel, maar het is onzeker of dit rendabel blijft:**

de onbalansmarkt was de afgelopen jaren de meest rendabele businesscase, maar deze inkomsten zijn niet toekomstbestendig. De inkomsten dalen doordat er steeds meer batterijen actief zijn en doordat na afschaffing van de salderingsregeling energiebelasting moet worden betaald bij energiehandel met de thuisbatterij. De historisch verwachte terugverdiëntijden zijn daarmee niet langer realistisch. Zelfconsumptie wordt na het afschaffen van de salderingsregeling het belangrijkste verdienmodel, aangevuld met slim laden en ontladen op basis van de day-aheadmarktprijzen, met name in de wintermaanden als er weinig eigen zonne-energie is. Afhankelijk van toekomstige ontwikkelingen kan een thuisbatterij mogelijk worden terugverdiend, maar het wegvallen van de salderingsregeling kan niet worden gecompenseerd. Uit twee proefopstellingen blijkt een terugverdiëntijd van 6,5 tot 22 jaar; met grote afhankelijkheid van de eigenschappen van de woning qua energieverbruik en vraag, elektriciteitscontract, ontwikkeling van de energieprijzen en beleid.

Uit de pilot blijkt dat een thuisbatterij een investering is met aanzienlijke onzekerheden, onder andere vanwege toekomstige elektriciteitsprijzen, mogelijke beleidsontwikkelingen en een onzekere terugverdiëntijd. Je goed laten adviseren is daarom essentieel, ook over een veilige installatie. Als men kiest voor een thuisbatterij, is een relatief klein systeem, passend bij de gemiddelde dagelijkse overschotten aan zonne-energie en het eigen verbruik, meestal het meest logisch als gekeken wordt naar zowel eigen gebruik als terugverdiëntijd.

1 Aanleiding

Vereniging Eigen Huis (VEH) voert een proefopstelling uit met dertien thuisbatterijen bij haar leden. CE Delft ondersteunt VEH daarbij, om te komen tot kwantitatieve inzichten over de inzet van de batterijen, zelfconsumptie van zon-pv en de inkomsten van de thuisbatterijen. VEH zoekt als afronding van de proefopstellingen nu een verdiepend rapport met een analyse van de afgelopen twaalf maanden. Deze eindrapportage geeft deze analyse.

Wat van belang is dat we dus alleen data hebben van de afgelopen twaalf maanden. Dit gaat uit van de algoritme zoals de batterijen nu acteren, de huidige marktprijzen en de salderingsregeling. We beschouwen kwalitatief op de toekomstige ontwikkeling van de inkomsten.

Het rapport is als volgt opgebouwd:

- dit hoofdstuk omvat de onderzoeksvragen, hypothesen en proefopstellingen;
- in Hoofdstuk 2 zijn resultaten opgenomen per thuisbatterij op gebied van laadgedrag, zelfconsumptie en financieel resultaat;
- Hoofdstuk 3 omvat de beantwoording van de gestelde hypothesen.

1.1 Onderzoeksvragen en hypothesen

Er zijn twee hoofdvragen voor dit onderzoek gesteld door VEH:

1. Is de thuisbatterij een goede oplossing voor zonnepaneeleigenaren als de salderingsregeling is afgeschaft?
2. Is handelen met een thuisbatterij echt zo aantrekkelijk als sommige leveranciers zeggen?

We onderzoeken deze vragen aan de hand van een aantal hypothese, met daarbij inachtneming van de volledige context en politieke en technische ontwikkelingen:

1. De thuisbatterij kan het einde salderen financieel opvangen: We interpreteren deze vraag als dat de thuisbatterij 'rendabel' is en de totale energiekosten gelijk blijven in de situatie: zon-pv met salderingsregeling ten opzichte van zon-pv met thuisbatterij zonder salderingsregeling. Rendabel is echter een complexe vraag, omdat we slechts resultaten van één jaar hebben, en in het verleden behaalde resultaten bieden geen garantie voor de toekomst. We berekenen de resultaten voor één jaar, en concluderen over wat de terugverdientijd is als de resultaten vergelijkbaar zijn de komende jaren. We duiden (zoals in Hypothese 14 en 15 in Paragraaf 3.14 en 3.15) daarnaast de toekomstige verwachting in dit rapport.
2. De batterij kan de terugverdientijd van de warmtepomp verlagen: Vergelijking van de totale energiekosten zonder salderingsregeling, met en zonder thuisbatterijen voor een huishouden met warmtepomp.
3. Een batterij is rendabel bij een day-aheadproefopstelling (met inzicht in terugverdientijd): Inzicht in de inkomsten binnen twaalf maanden, we duiden de terugverdientijd.
4. Een batterij is rendabel bij een Onbalans + day-aheadproefopstelling (met inzicht in opbrengsten, besparing en terugverdientijd): Inzicht in de inkomsten binnen 12 maanden, we duiden de terugverdientijd als inkomsten gelijk zouden blijven komende jaren. Dat is echter wel onzeker.
5. Een batterij is rendabel bij een zelfconsumptieproefopstelling (in een situatie zonder salderen, met inzicht in opbrengsten, besparing en terugverdientijd).
6. Een batterij is rendabel bij een Zelfconsumptie + arbitrageproefopstelling (in een situatie zonder salderen, met inzicht in opbrengsten, besparing en terugverdientijd).
7. Met een dynamisch contract levert een thuisbatterij meer financieel voordeel op dan met een vast contract (en hoe groot is het verschil dan? En hoe zit dit bij de verschillende toepassingen/algoritmen?). Vergelijking van energiekosten bij vast en variabel contract; idealiter vergelijken we tussen verschillende proefopstellingen, omdat inzet van een thuisbatterij ook veranderd bij dynamisch contract.
8. De batterij helpt bij het verlagen van de energiekosten (en met hoeveel dan? En hoe zit dit precies bij de verschillende toepassingen/algoritmen?). Combinatie van Vraag 3 tot en met 7.
9. De batterij stabiliseert de gemiddelde verbruiksprijs (inkoop versus verbruik): Kan toegevoegd worden, maar is in onze ogen niet het belangrijkste resultaat. Immers, als totale inkomsten dalen, neemt ook de kWh-prijs af.
10. De thuisbatterij heeft ieder seizoen een positief effect op de energierekening: resultaat geaggregeerd per seizoen.

11. Een batterij zorgt voor verlaging van terugleverkosten (en met hoeveel dan?). Specifieke som van de terugleverkosten met en zonder thuisbatterij, wat we interpreteren als de kosten die de energieleverancier in rekening brengt. Dit is overigens ook onderdeel van totale energiekosten.
12. Een batterij verhoogt het eigen verbruik en eigen opwek van x naar x (en zo niet, met hoeveel procent dan wel?). Situatie is een vergelijking van energiestromen zonder en met thuisbatterij.

En een deel van de hypothesen wordt kwalitatief behandeld:

13. Onbalans/handelen vs. negeren opwek zonnepanelen; proefopstelling voor en einde salderen: Een afweging over de verschillende proefopstellingen heen.
14. Traden is een duurzaam verdienmodel (langere termijn): aangezien alleen data van 2024-2025 beschikbaar is, kan de toekomst alleen kwalitatief behandeld worden gebaseerd op eerdere studies.
15. Onbalans is een duurzaam verdienmodel (langere termijn): aangezien alleen data van 2024-2025 beschikbaar is, kan de toekomst alleen kwalitatief behandeld worden gebaseerd op eerdere studies.
16. Batterijen kunnen helpen bij het oplossen van netcongestie: Er is geen informatie beschikbaar over de lokale congestiesituatie, een congestiedoorrekening is niet uitgevoerd binnen de scope. We hebben wel inzicht in de piekbelasting van een individueel huishouden, en algemeen beeld van de congestiesituatie, om effecten te duiden.
17. Een kleine batterij is voldoende voor de eindesaldering proefopstelling (dus welke capaciteit voldoet voor welk type gebruik of huishouden): Een afweging over de verschillende proefopstellingen heen.

1.2 Overzicht proefopstellingen

Er zijn dertien proefopstellingen actief in deze pilot van oktober 2024 tot oktober 2025. Voor Proefopstellingen 5, 8, 10 en 13 is data beschikbaar vanaf november of december 2024 en dus niet voor een volledig jaar. Er zijn vijf batterijen actief voor zelfconsumptie en day-ahead, twee puur zelfconsumptie, één op day-aheadmarkt, vier op onbalans én day-aheadmarkt, en één puur op de onbalansmarkt. In Paragraaf 1.3 lichten we de verschillende vormen van inzet, bepaald door het algoritme van de batterij, verder toe.

Tabel 1 – Overzicht proefopstellingen

	Zonne- panelen	Warmte- pomp	Laadpaal EV	Geplaatste batterij	Inzet thuisbatterij (algoritme)	Type contract
1	Ja, 29 stuks	Nee	Nee	Bliq 10 kWh	Zelfconsumptie + day-ahead	Dynamisch
2	Ja, 23 stuks	Nee	Nee	Sessy 10 kWh	Zelfconsumptie + day-ahead	Dynamisch
3	Ja, 36 stuks	Ja	Nee	Sessy 10 kWh	Zelfconsumptie	Vast
4	Ja, 12 stuks	Nee	Nee	Sessy 5 kWh	Zelfconsumptie	Vast
5	Ja, 4 stuks	Nee	Nee	Enphase IQ Battery 3.5 kWh	Zelfconsumptie + day-ahead	Dynamisch
6	Nee	Nee	Nee	Bliq 10 kWh	Day-ahead	Dynamisch
7	Ja, 10 stuks	Nee	Nee	Bliq 20 kWh	Onbalans + day-ahead	Dynamisch
8	Ja, 12 stuks	Ja	Nee	Pylontech 20 kWh	Onbalans + day-ahead	Dynamisch
9	Ja, 18 stuks	Ja	Ja	Sessy 15 kWh	Onbalans + day-ahead	Dynamisch
10	Ja, 12 stuks	Nee	Nee	Enphase IQ Battery 7 kWh	Zelfconsumptie + day-ahead	Dynamisch
11	Ja, 30 stuks	Ja	Ja	Bliq 25 kWh	Zelfconsumptie + day-ahead	Dynamisch
12	Ja, 9 stuks	Nee	Nee	Alpha-ESS 3.8 kWh 1-fase	Onbalans + day-ahead	Dynamisch
13	Ja, 9 stuks	Nee	Nee	Alpha-ESS 8.2 kWh 3-fase	Onbalans + day-ahead	Dynamisch

Wat opvalt bij de woningen is dat een gedeelte een zeer hoog energieverbruik en -productie heeft en zeer veel zonnepanelen; voor een deel zelfs zonder warmtepomp of elektrische auto. Een huishouden heeft bijvoorbeeld een grote vijverpomp die leidt tot een zeer hoog energieverbruik. Proefopstellingen 1, 3, 9 en 11 hebben zeer veel zonnepanelen met 7.200 tot 12.000 kWh zon-pv-productie. Ook hun elektriciteitsvraag is zeer hoog tussen de 10.900 en 12.500 kWh. Dit zijn dus geen representatieve gemiddelde huizen voor Nederland, maar daarmee nog wel interessant om te onderzoeken.

De kostprijs van deze verschillende batterijcapaciteiten is opgenomen in Tabel 2, inclusief btw en installatie. Er is een btw-teruggaveregeling beschikbaar, op de originele batterijprijs. Daarvoor dient men een dynamisch contract te hebben, de batterij dient slim te kunnen sturen en verkopen van stroom (oftewel leveren aan het net). Dit betekent dus dat de batterij niet alleen op zelfconsumptie kan sturen om btw terug te krijgen.

Tabel 2 – Kostprijs batterijen inclusief btw en installatie. Voor deze bedragen worden thuisbatterijen nu aangeboden gebaseerd op prijzen van Sessy, Dyness, Frank Energie, Eneco, Soly; een aanschaf aan de onderkant van de range is dus mogelijk.

Capaciteit batterij	Kostprijsrange nu
2,7 kWh: Systeem met stopcontact aansluiting, en dus geen normale aansluiting in meterkast	€ 1.400-2.500 inclusief btw
5 kWh	€ 3.500-5.000 inclusief btw
10 kWh	€ 6.000-9.000 inclusief btw
20 kWh	€ 12.000-8.000 inclusief btw

1.3 Inzet thuisbatterij

De proefopstellingen hebben verschillende batterijsystemen met verschillende algoritmes waarop de thuisbatterijen acteren. Er zijn vier typen algoritmes in deze thuisbatterijen-proef:

1. **Zelfconsumptie:** Hier laden de thuisbatterijen op met eigen opgewekte zonne-stroom en gebruiken dit voor eigen gebruik. Dit gaat in de proef om twee huishoudens.
2. **Zelfconsumptie + day-ahead:** In aanvulling op een puur zelfconsumptie thuisbatterij, handelt deze batterij ook nog op de day-aheadmarkt om aanvullende inkomsten te genereren voor het huishouden. Dit gaat in de proef om vijf huishoudens.
3. **Day-ahead:** Deze batterijen handelen de day-aheadmarkt om maximale winst te genereren. Dit gaat in de proef om één huishouden.
4. **Day-ahead + onbalans:** Hier handelt de thuisbatterij op zowel de day-aheadmarkt als op de onbalansmarkt, om maximale winst te genereren. Dit gaat in de proef om vijf huishoudens.

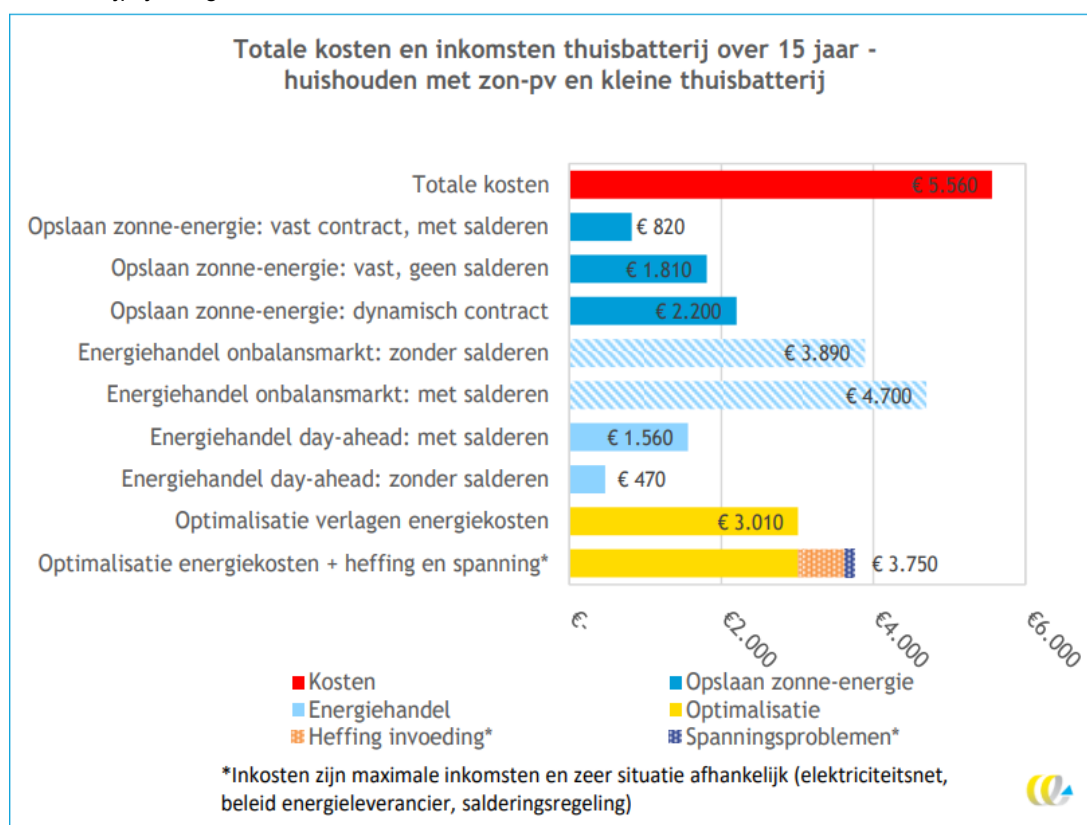
1.4 Eerdere analyses businesscase

CE Delft heeft eerder onderzoek gedaan naar de businesscase van thuisbatterijen, met modellering van de verwachte toekomstige inkomsten. Die resultaten zijn opgenomen in Figuur 1. Sinds deze studie zijn er twee belangrijke ontwikkelingen zichtbaar: de inkomsten voor energiehandel op de onbalansmarkt zijn gedaald en de kosten van een thuisbatterij zijn significant afgenomen. In de afgelopen tien jaar heeft een prijsdaling van batterijen (gemiddeld groot- en kleinschalig) van zo'n 90% plaatsgevonden en het afgelopen jaar van gemiddeld 8%.

Uit onze eerdere analyses bleken dus de volgende conclusies:

- de onbalansmarkt kent de hoogste inkomsten, maar baten zijn onzeker aangezien marktomstandigheden kunnen veranderen;
- optimalisatie van energiekosten (oftewel day-aheadmarkthandel en zelf-consumptie) kent ook goede baten;
- het opslaan van alleen zonne-energie is niet voldoende voor een rendabele businesscase;
- met een dynamisch contract is zonne-energie opslaan rendabeler dan met een vast contract.

Figuur 1 – Resultaat businesscase van kleine thuisbatterij (5 kWh)-modellering in 2023¹. De inkomsten van batterij zijn vergelijkbaar met huidige inzichten, de onbalans inkomsten zijn wel significant gedaald. De batterijprijs range is nu € 3.000 tot € 6.000 inclusief btw.



¹ CE Delft, & Witteveen+Bos. (2023). *Thuis- en buurtbatterijen*. <https://ce.nl/publicaties/thuis-en-buurtbatterijen/>

Verder hebben we in eerdere studies geconcludeerd dat het toevoegen van de batterij de zelfconsumptie significant kan verhogen. Voor een huishouden kan de zelfconsumptie van 25% toenemen tot 50% met een 5 kWh-thuisbatterij en tot 60% met een 10 kWh-thuisbatterij. Voor een huishouden met ook een EV en warmtepomp kan de zelfconsumptie toenemen van 54%, naar 77% met een 5 kWh-thuisbatterij of 90% met een 10 kWh-thuisbatterij.

| 2 Resultaten

In dit hoofdstuk beschrijven we de resultaten per thema met de relevante proefopstellingen. We categoriseren de resultaten naar het laadgedrag, zelfconsumptie en financieel resultaat. Daarnaast zijn er voor de geïnteresseerden nog extra inzichten, figuren en tabellen opgenomen:

- in Bijlage B zijn figuren opgenomen per maand per proefopstelling, zoals de hoeveelheid geladen energie, zon-pv-productie, opgeslagen zonne-energie en netgebruik;
- in Bijlage C omvatten samenvattingstabellen met de belangrijkste resultaten uit dit hoofdstuk per proefopstelling.

2.1 Laadgedrag per type algoritme

Details over het laadgedrag per maand per proefopstelling zijn opgenomen in Bijlage B.

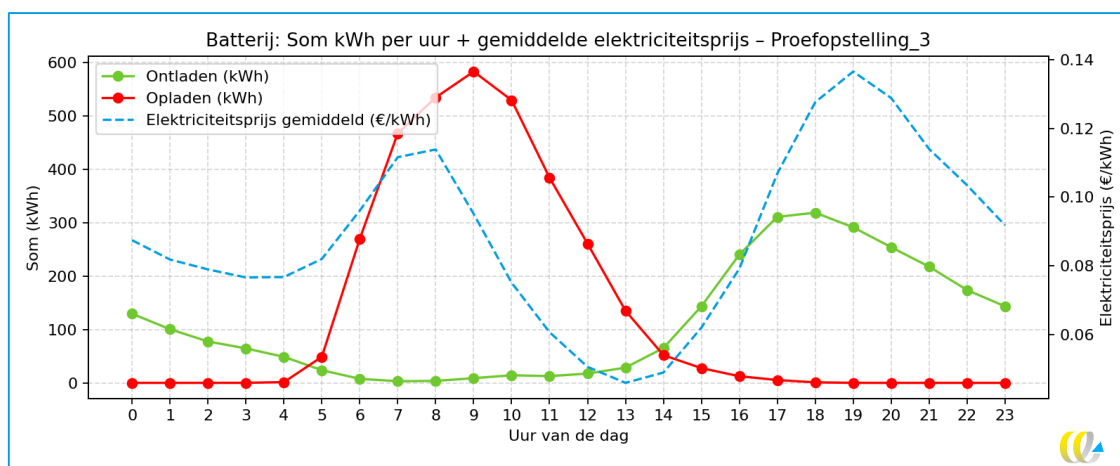
Figuur 2 en Figuur 3 laten de som van laden en ontladen per uur zien van de thuisbatterijen voor twee proefopstellingen die sturen op *zelfconsumptie*. Het is de som van alle uren van het jaar, oftewel hoeveel afname en invoeding er gemiddeld per uur plaatsvindt. Het datapunt per uur gaat over het daaropvolgende uur, dus bijvoorbeeld het datapunt van uur 00:00 is van 00:00 tot 01:00 uur.

De zelfconsumptiebatterijen laden op met eigen zonnestroom. Vanaf de ochtend rond 04:00-05:00 uur zien we dat er energie wordt geladen door de thuisbatterij. Dit gebeurt alleen in de maanden vanaf maart, wanneer de zonsopkomst steeds vroeger plaatsvindt ten opzichte van de wintermaanden. Vervolgens neemt de opgeladen energie per uur toe tot een maximum rond 09:00 uur. Dit betekent dat de meeste zonne-energie bij dit type thuisbatterijen wordt opgeslagen tussen 09:00 en 10:00 uur. In de uren daarna wordt er weliswaar nog steeds energie opgeslagen, echter is dit over de gehele meetperiode minder dan het maximale uur tussen 09:00 en 10:00 uur. Rond 19:00 uur wordt er geen zonnestroom meer opgeslagen. De thuisbatterijen laden dus aan het begin van de dag op en geven deze energie vervolgens gedurende de dag af (ontladen). Het ontladen vindt vooral 's avonds en 's nachts plaats.

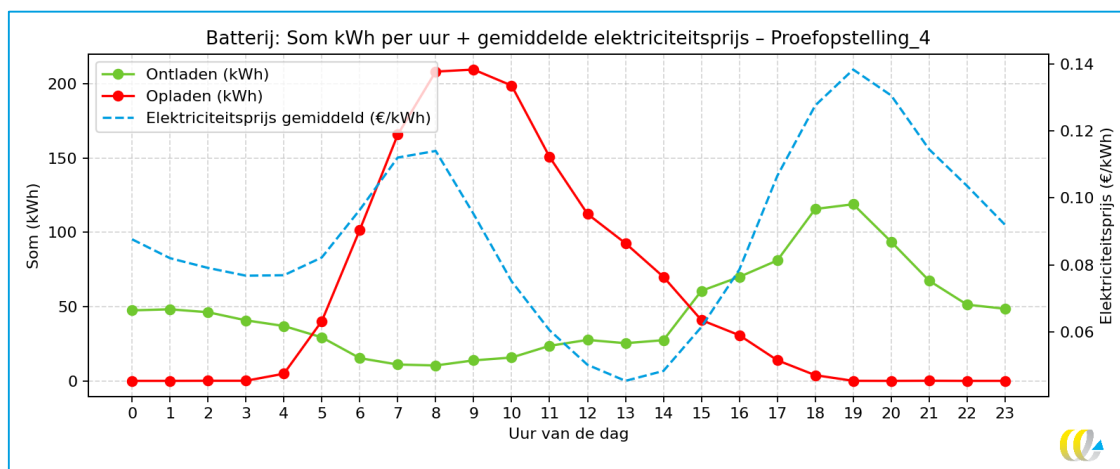
Bij het ontladen zien we het minimum rond 07:00-09:00 uur. In de daaropvolgende uren neemt de ontladen energie toe totdat deze een maximum bereikt rond 18:00 uur. Op dit uur (18:00-19:00 uur) wordt de meeste energie dus vanuit de thuisbatterij aan het huishouden geleverd. Dit komt ook overeen met de gemiddeld grootste energievraag van huishoudens als iedereen thuiskomt en begint met koken. Dit beeld wordt dus bevestigd door de data. In de uren na 18:00 uur zien we dat de ontladen energie per uur afneemt, totdat de ontladen energie gelijk is aan nul rond de ochtend om 08:00 uur. Gedurende de nacht levert deze batterij dus ook nog energie aan het huishouden, echter wel minder dan in de avonden.

De piek in het opladen valt grofweg samen met de ochtendpiek in de elektriciteitsprijs. In dit algoritme reageert de thuisbatterij echter niet op prijsprikkels, maar slaat zij uitsluitend zelf opgewekte zonne-energie op. Daarom zien we geen structureel verband tussen de elektriciteitsprijs en het laadgedrag. Zulke prijsgedreven patronen verschijnen wel bij de zelfconsumptie + day-aheadbatterijen in de volgende paragraaf.

Figuur 2 – Som van laden en ontladen per uur van de dag over de meetperiode voor Proefopstelling 3



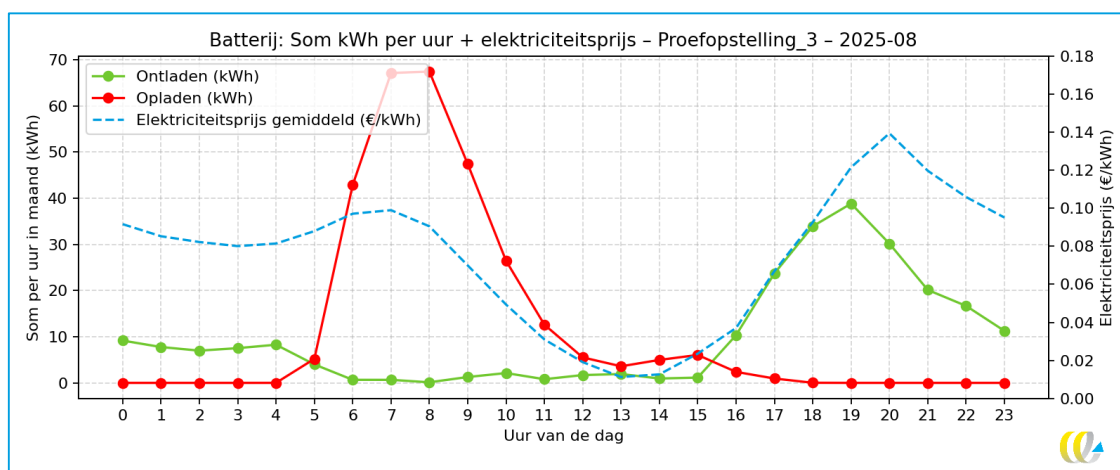
Figuur 3 – Som van laden en ontladen per uur van de dag over de meetperiode voor Proefopstelling 4



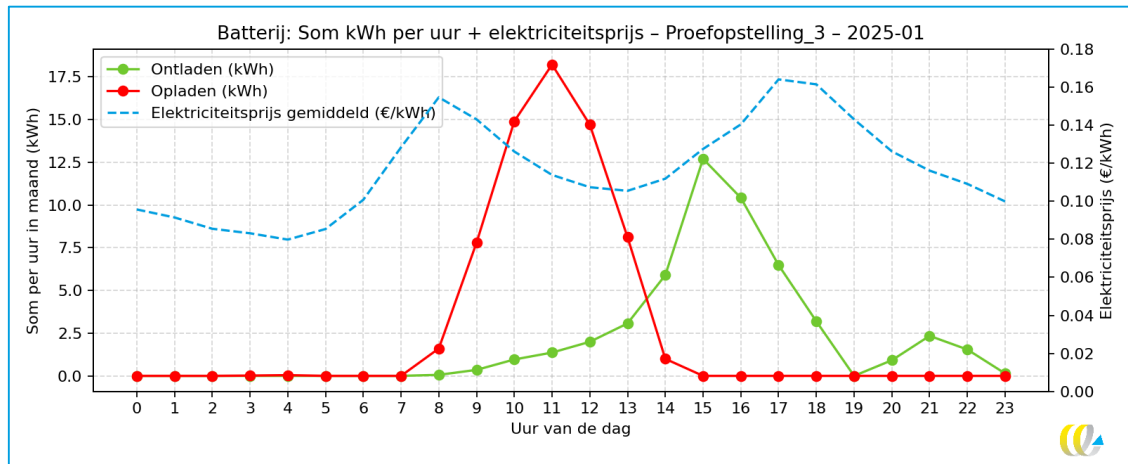
Laadgedrag zomer versus winter: Zelfconsumptie

In de onderstaande figuren zien we de uren op de dag waarop de batterij laad en ontlad voor de zomer en de winter. In de zomer zien we een ochtendpiek rond 07:00-08:00 uur, en in de winter is deze piek verschoven naar 11:00 uur. De zon komt eerder op in de zomer, welke de thuisbatterij gebruikt om op te laden. In de zomer laad de batterij op tijdens relatief dure momenten in de ochtend, en doet het vrijwel niets in de eerste middaguren (12:00 tot 15:00 uur). De meeste opgeladen energie wordt rond 19:00 uur ontladen in de zomer, en rond 15:00 uur in de winter.

Figuur 4 – **Zomer:** Som van laden en ontladen per uur van de dag in augustus 2025 voor Proefopstelling 3

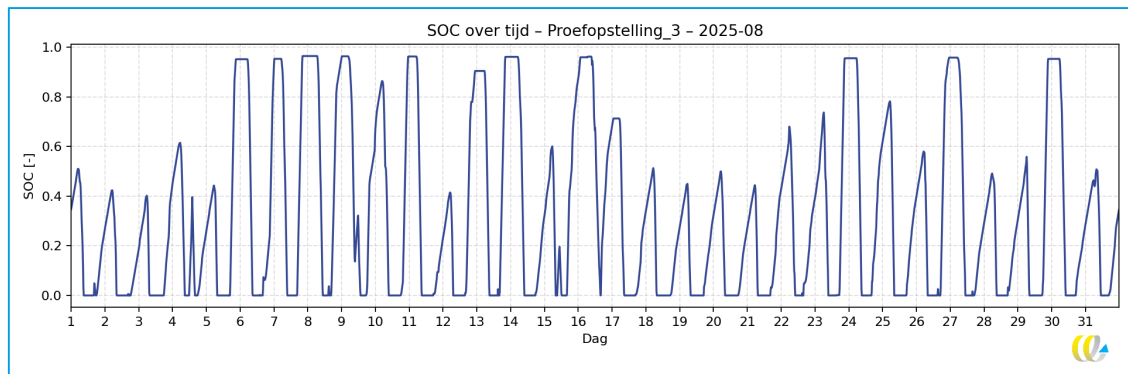


Figuur 5 – **Winter:** Som van laden en ontladen per uur van de dag in januari 2025 voor Proefopstelling 3

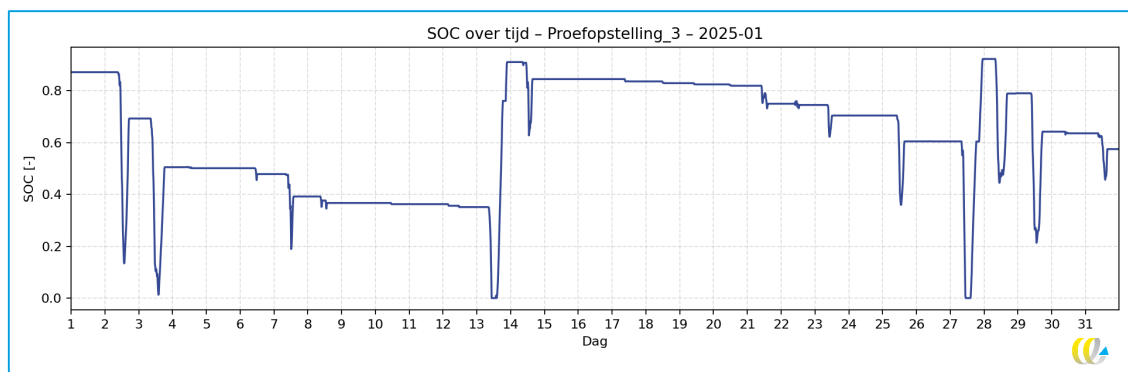


In Figuur 6 en Figuur 7 zien we het laadniveau van de batterij van Proefopstelling 3 in de zomer en in de winter. Hier zien we een veel actiever profiel in de zomer dan in de winter. Er is nauwelijks zon-pv-opwek in de winter, dus daarom is ook de thuisbatterij relatief inactief in deze periode.

Figuur 6 – **Zomer:** State of Charge (SOC)/laadniveau van de batterij van Proefopstelling 3 in augustus 2025

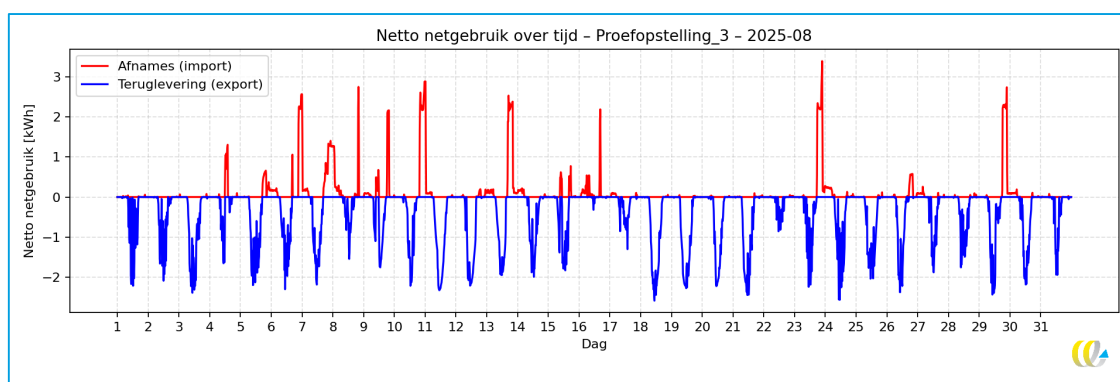


Figuur 7 – **Winter:** State of Charge (SOC)/laadniveau van de batterij van Proefopstelling 3 in januari 2025

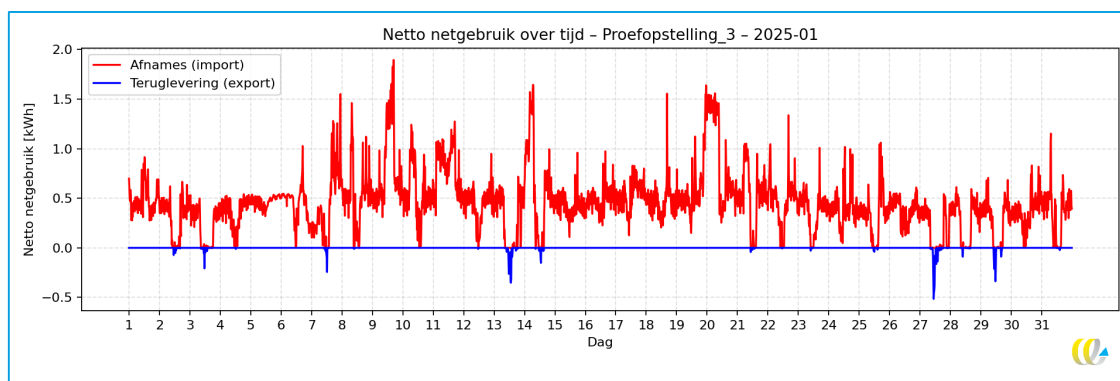


In Figuur 8 en Figuur 9 zien we de netuitwisseling in de zomer en in de winter. Figuur 8 toont het netgebruik in de zomer, waar we voornamelijk teruglevering zien (negatieve waarden). Teruglevering vindt plaats als de opwek groter is dan de vraag van het huishoudelijk verbruik en thuisbatterij. Hier zien we dat dit op veel momenten in deze maand het geval is. Figuur 9 laat het netgebruik in de winter zien. Hier zien we vooral afname van het net (positieve waarden). De zon-pv-opwek is in deze maanden zeer laag en er zijn nauwelijks momenten dat de opwek de vraag overstijgt. Deze verschillen laten goed zien dat een huishouden in de winter vrijwel volledig afhankelijk van het net is, en in de zomer tot in zekere mate zelfvoorzienend de energie kan leveren in combinatie met een thuisbatterij.

Figuur 8 – **Zomer:** Netto netgebruik/uitwisseling van Proefopstelling 3 in augustus 2025 per kwartier. Positieve waarden zijn afname van het net, negatieve waarden zijn teruglevering aan het net.



Figuur 9 – **Winter:** Netto netgebruik/uitwisseling van Proefopstelling 3 in januari 2025 per kwartier. Positieve waarden zijn afname van het net, negatieve waarden zijn teruglevering aan het net.

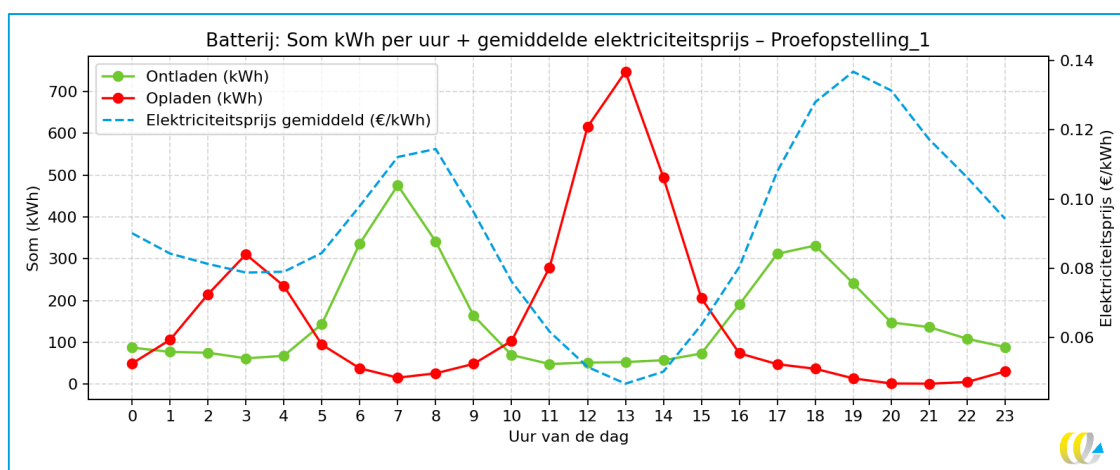


2.1.1 Laadgedrag: Zelfconsumptie + day-ahead

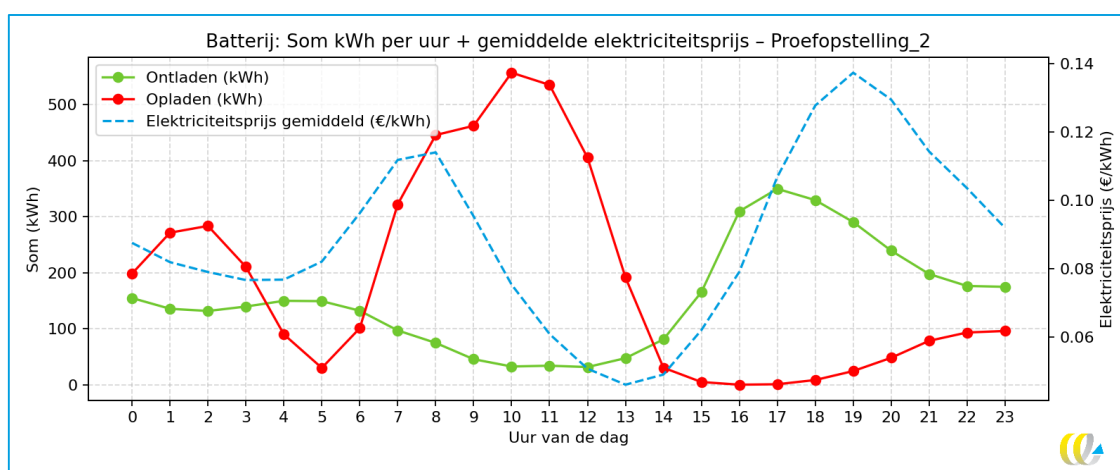
De hierna volgende figuren laten het laadgedrag van de batterijen zien die hun algoritme hebben afgesteld op *zelfconsumptie + day-aheadmarkthandel*. Hier is per uur weergegeven hoeveel energie er in totaal is op- en ontladen gedurende de gehele meetperiode. De day-ahead-elektriciteitsprijs is ook weergegeven in de figuren.

We zien hier sterke trends tussen de elektriciteitsprijs en het laadgedrag. Er zijn twee oplaad- en twee ontladpieken gedurende de dag. De oplaadpieken zijn rond 03:00 uur 's nachts en 13:00 uur 's middags. Voor Proefopstellingen 1, 5, 10 en 11 zien we dit patroon het sterkst, bij Proefopstelling 2 zien we een soort afgezwakte versie hiervan met minder sterke pieken. Dit kan worden verklaard door een groter continu verbruik gedurende dag en nacht bij dit huishouden (grote vijverpompen staan bij dit huishouden de hele dag aan). De uren van de oplaadpieken komen overeen met de uren met de laagste elektriciteitsprijzen. Andersom zien we dat de meeste energie werd ontladen tijdens momenten met hoge elektriciteitsprijzen. Hier zien we dus duidelijk de energiehandel die plaatsvindt met de thuisbatterijen. We zien hier dezelfde patronen terugkomen in alle proefopstellingen.

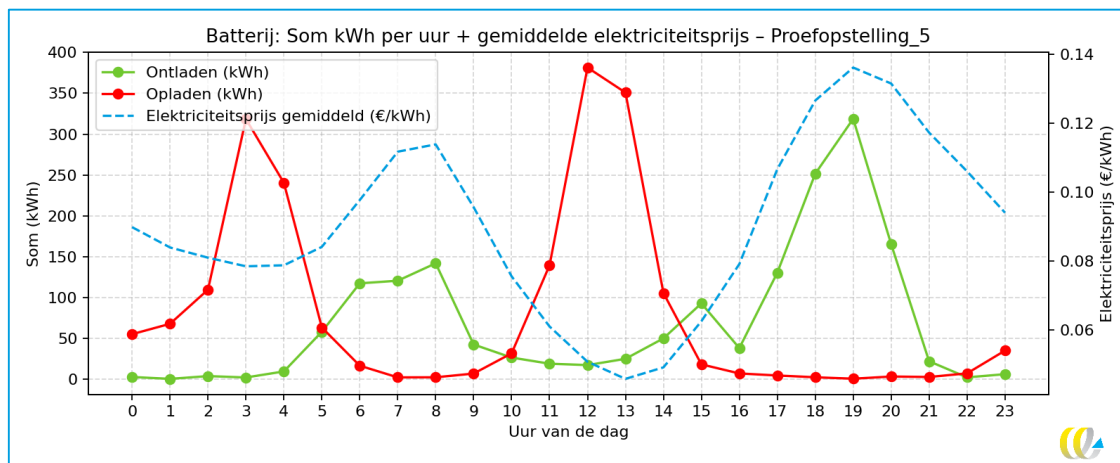
Figuur 10 – Som van laden en ontladen per uur van de dag over de meetperiode voor Proefopstelling 1



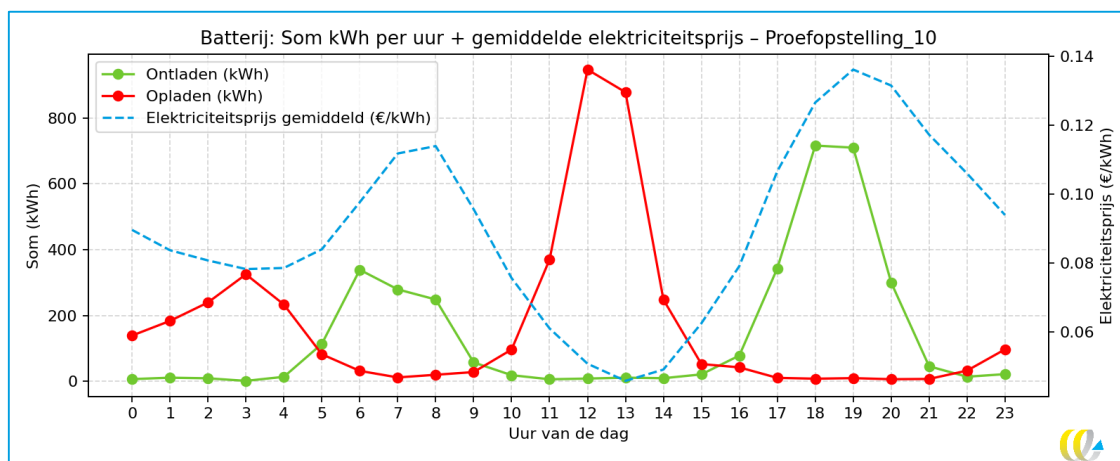
Figuur 11 – Som van laden en ontladen per uur van de dag over de meetperiode voor Proefopstelling 2



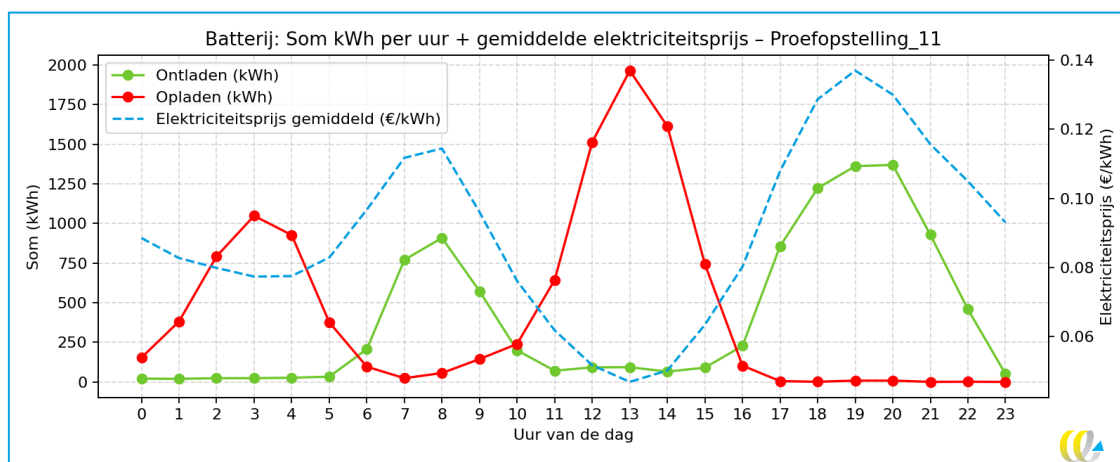
Figuur 12 – Som van laden en ontladen per uur van de dag over de meetperiode voor Proefopstelling 5



Figuur 13 – Som van laden en ontladen per uur van de dag over de meetperiode voor Proefopstelling 10



Figuur 14 – Som van laden en ontladen per uur van de dag over de meetperiode voor Proefopstelling 11



Laadgedrag zomer versus winter: Zelfconsumptie + day-ahead

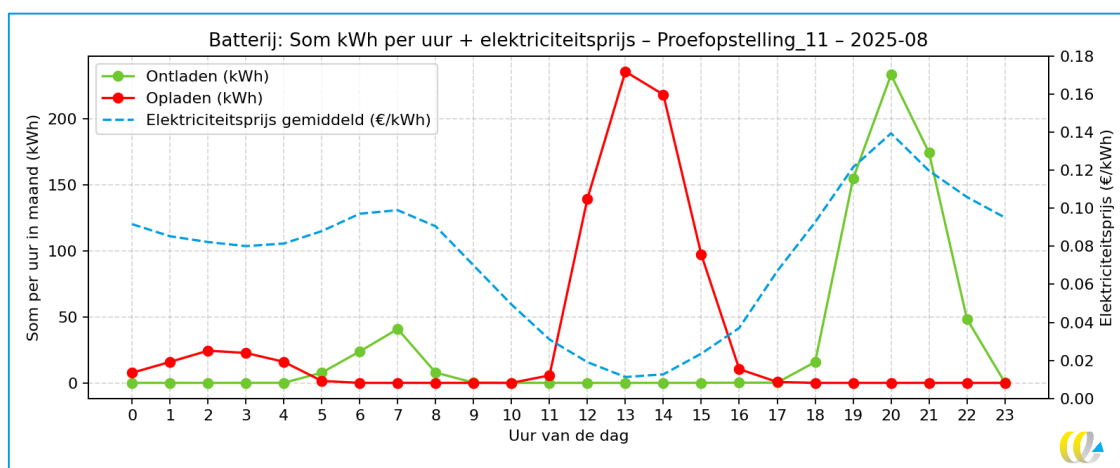
We laten alleen het verschil tussen zomer en winter laadgedrag voor Proefopstelling 11 zien, echter zien we vergelijkbare trends voor de andere vier proefopstellingen met dit type batterijalgoritme.

In de hiernavolgende figuren zien we de uren op de dag waarop de batterij laadt en ontladt in de zomer en winter. Hier zien we dat in de zomer er één grote oplaadpiek is rond 13:00 uur, en één ontladpiek rond 20:00 uur. Hier zien we een duidelijke correlatie met de day-aheadprijs, die rond 13:00 uur het gemiddeld het laagst is en rond 20:00 uur het hoogste.

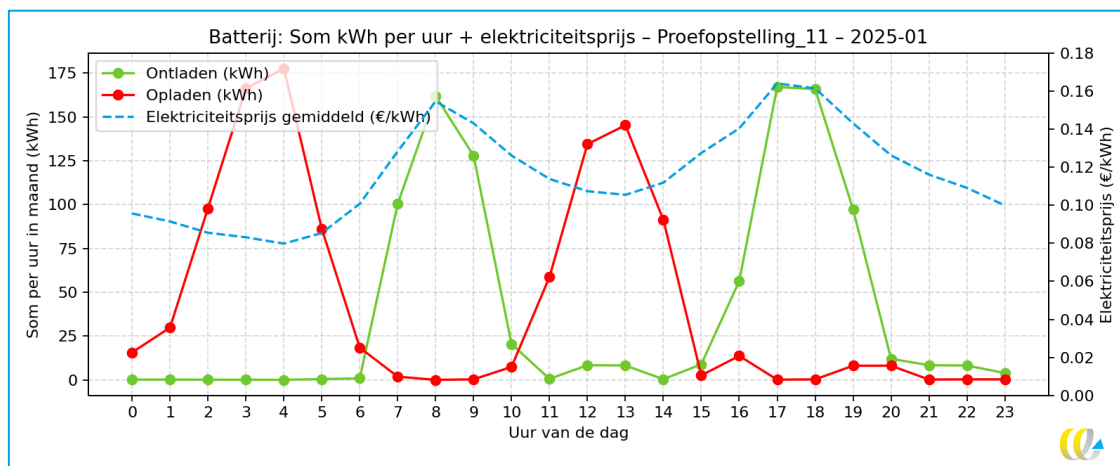
In de winter zien we twee op- en ontladpieken. De oplaadpiek in de middag rond 13:00 uur is er nog steeds, maar er is nog een piekmoment bijgekomen in de nacht rond 04:00 uur waarop de batterij oplaadt. Ook in de uren voor en na dit piekmoment laadt de batterij op, alhoewel in minder mate. De ontladpieken zijn rond 08:00 en 18:00 uur, wat ook gemiddeld de duurste uren zijn op de day-aheadmarkt.

Ook hier zien we een sterke correlatie met de elektriciteitsprijs. Een verklaring waarom er in de winter twee pieken zijn, omdat de elektriciteitsprijs een grotere delta heeft tussen de nacht en ochtend. Hierdoor ziet de thuisbatterij kans om dit prijsverschil te benutten.

Figuur 15 – **Zomer:** Som van laden en ontladen per uur van de dag in augustus 2025 voor Proefopstelling 11

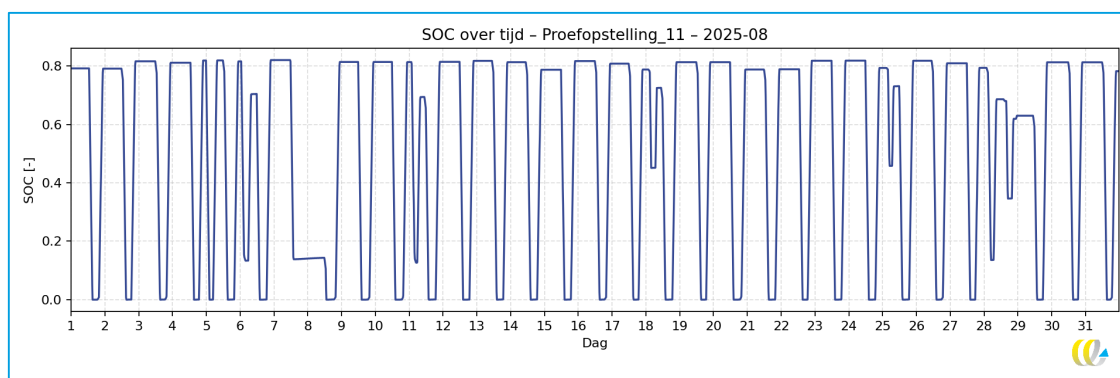


Figuur 16 – **Winter:** Som van laden en ontladen per uur van de dag in januari 2025 voor Proefopstelling 11

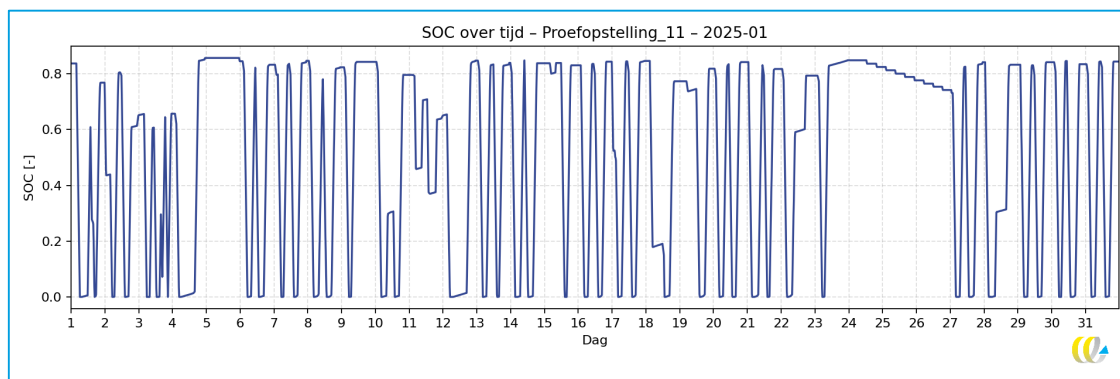


In de volgende figuren zien we het laadniveau van de batterij van Proefopstelling 11 in de zomer (Figuur 17) en in de winter (Figuur 18). We zien een vergelijkbaar profiel, echter met wat meer op- en ontlaad cycli in de winter. In Figuur 15 en Figuur 16 zagen we ook dat er twee op- en ontlaadpieken zijn in de winter, en maar één in de zomer. Een thuisbatterij met de zelfconsumptie + day-ahead-algoritme is dus actiever in de winter. Rond 24 januari 2025 zien we dat de batterij vrijwel vol blijft en niet ontlad gedurende een paar dagen. Dit zien we ook terug bij andere proefopstellingen, en komt waarschijnlijk doordat er geen gunstige prijsmomenten waren om de batterij te ontladen in deze paar dagen. Het laadniveau neemt wel geleidelijk af, doordat het soms wat energieruglevert aan het huishouden.

Figuur 17 – **Zomer:** State of Charge (SOC)/laadniveau van de batterij van Proefopstelling 11 in augustus 2025

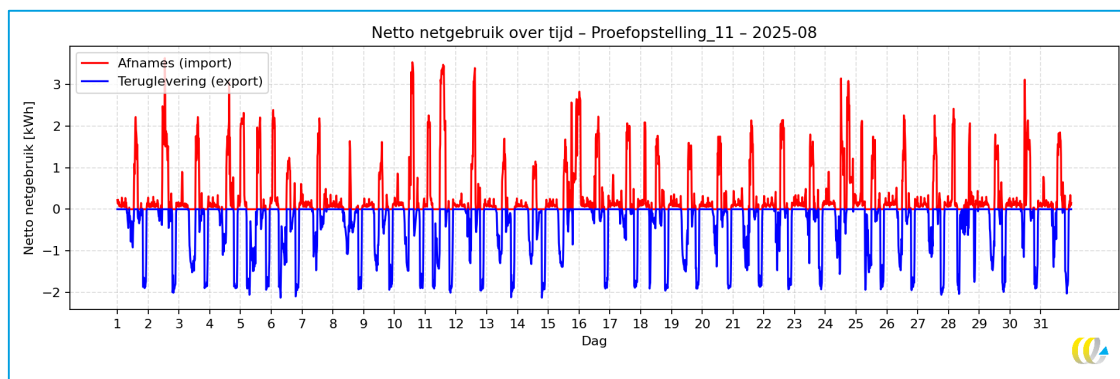


Figuur 18 – **Winter:** State of Charge (SOC)/laadniveau van de batterij van Proefopstelling 11 in januari 2025

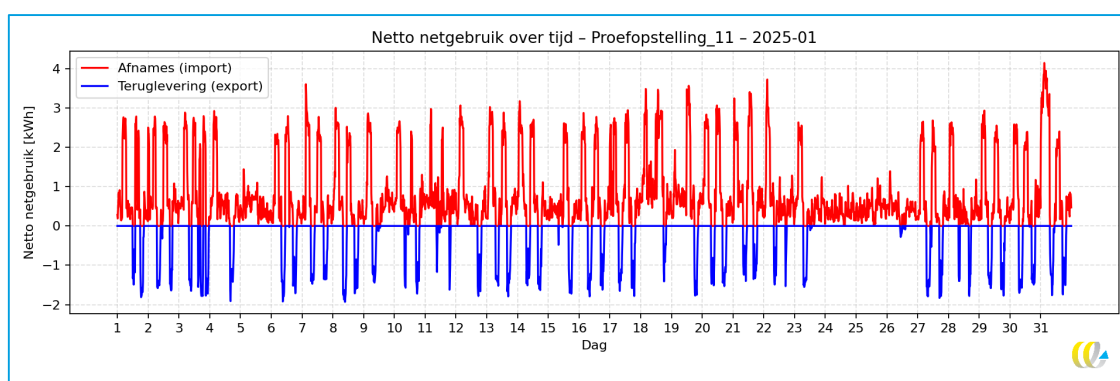


In de hiernavolgende figuren zien we de netuitwisseling in de zomer en in de winter. Hier zien we een vergelijkbaar profiel, met iets meer netafname in de winter en relatief wat meer teruglevering in de zomer. Rond 24 januari 2025 zien we de inactieve periode van de batterij, waar uitsluitend netafname is. Er vond gedurende deze dagen dus geen teruglevering aan het net plaats, waarschijnlijk doordat er geen gunstige prijsmomenten waren.

Figuur 19 – **Zomer:** Netto netgebruik/uitwisseling van Proefopstelling 11 in augustus 2025 per kwartier. Positieve waarden zijn afname van het net, negatieve waarden zijn teruglevering aan het net.



Figuur 20 – **Winter:** Netto netgebruik/uitwisseling van Proefopstelling 11 in januari 2025 per kwartier. Positieve waarden zijn afname van het net, negatieve waarden zijn teruglevering aan het net.

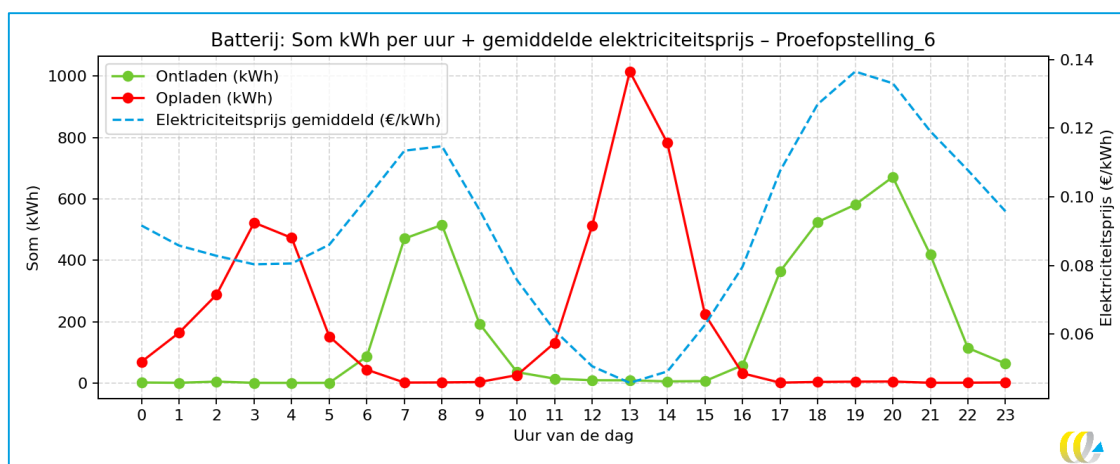


2.1.2 Laadgedrag: Day-ahead

Er is slechts één proefopstelling met een puur *day-ahead* algoritme. Daardoor kunnen we geen trends vergelijken tussen meerdere proefopstellingen. Wel zien we dat het laadgedrag van deze ene proefopstelling sterk overeenkomt met dat van de batterijen die sturen op *zelfconsumptie* in combinatie met de *day-ahead*markt. Dit bevestigt dat de batterijen in Paragraaf 2.1.2 in de praktijk vooral worden gedreven door prijssignalen op de day-aheadmarkt, en veel minder door het maximaliseren van het eigen verbruik (zie Paragraaf 2.1.1). We zien wel bij Proefopstelling 2 (zie Figuur 11) dat ook oplaadt tijdens dezelfde momenten als de pure zelfconsumptie batterijen, en in die zin dus meer op zelfconsumptie gericht is. Dit zit hem in de afstelling van het algoritme, er moeten keuzes worden gemaakt door het algoritme wanneer de batterij gaat op- en ontladen.

Aangezien de day-ahead batterij qua profiel zeer lijkt op een aantal batterijen bij zelfconsumptie + day-aheadsturing, lijkt het day-aheadelement in de aansturing dominant te zijn. De laadprofielen van *zelfconsumptie* + *day-aheadsturing* blijken dus in 4/5 gevallen niet echt een tussenvorm, maar gedragen zich feitelijk als pure *day-aheadhandelbatterijen*.

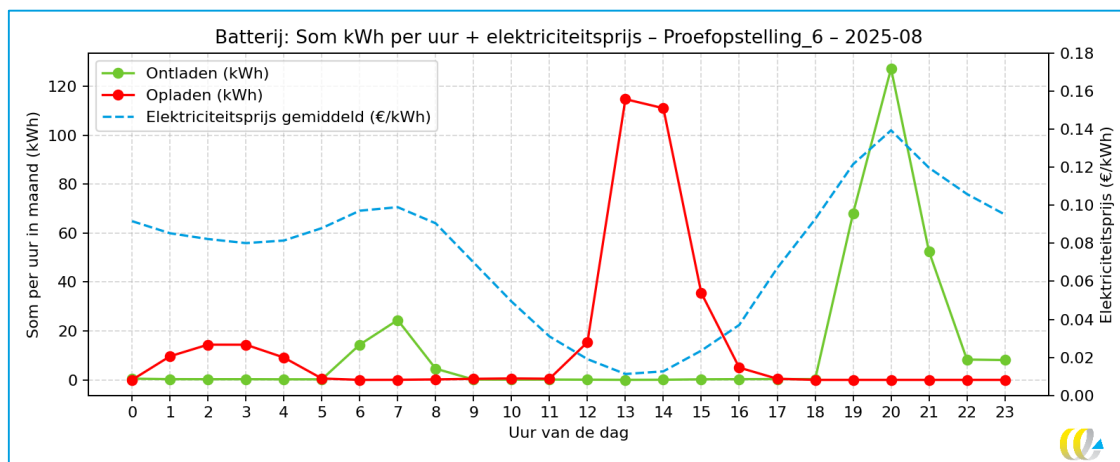
Figuur 21 – Som van laden en ontladen per uur van de dag over de meetperiode voor Proefopstelling 6



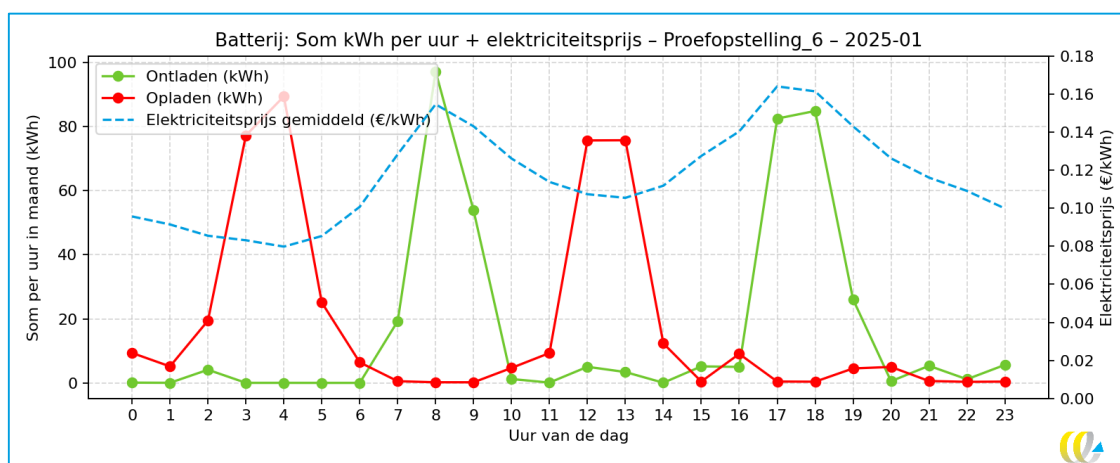
Laadgedrag zomer versus winter: Day-aheadbatterij

We zien vergelijkbare verschillen voor de pure day-aheadbatterij tussen zomer en winter, als de batterij met zelfconsumptie + day-aheadalgoritme. Namelijk één op- en ontladpiek in de zomer, en twee van ieder in de winter. Ook de figuren van laadniveau en netuitwisseling zien er vergelijkbaar uit als voor de zelfconsumptie + day-ahead-algoritme batterijen, en laten we daarom niet zien in het rapport.

Figuur 22 – **Zomer:** Som van laden en ontladen per uur van de dag in augustus 2025 voor Proefopstelling 6



Figuur 23 – **Winter:** Som van laden en ontladen per uur van de dag in januari 2025 voor Proefopstelling 6



2.1.3 Laadgedrag: Day-ahead + onbalans

In de hiernavolgende figuren zijn de profielen van op- en ontladen energie per uur opgenomen. De grafieken tonen de gehele meetperiode voor de thuisbatterijen die als algoritme *day-ahead + onbalans* sturing hebben. Bij dit algoritme acteren de thuisbatterijen op zowel prijsprikkels van de day-aheadmarkt en van de onbalansmarkt en proberen ze op deze markten zoveel mogelijk winst te maken.

Hier zien we andere profielen dan de voorgaande algoritmes. We zien voor het opladen van de batterij een maximum rond het middaguur bij alle proefopstellingen. De meeste energie wordt dus opgeladen rond het middaguur. Dit komt precies overeen met de laagste gemiddelde day-aheadprijzen. De inzet van deze batterijen wordt in dit opzicht dus sterk gedreven door de day-aheadmarkt. Daarnaast zien we een kleinere laadpiek rond 02:00 uur 's nachts. Op dat moment zijn de day-aheadprijzen relatief laag, waardoor de thuisbatterij hier voordelig kan laden.

Omgekeerd geldt dat er juist minder wordt geladen in uren met hoge elektriciteitsprijzen.

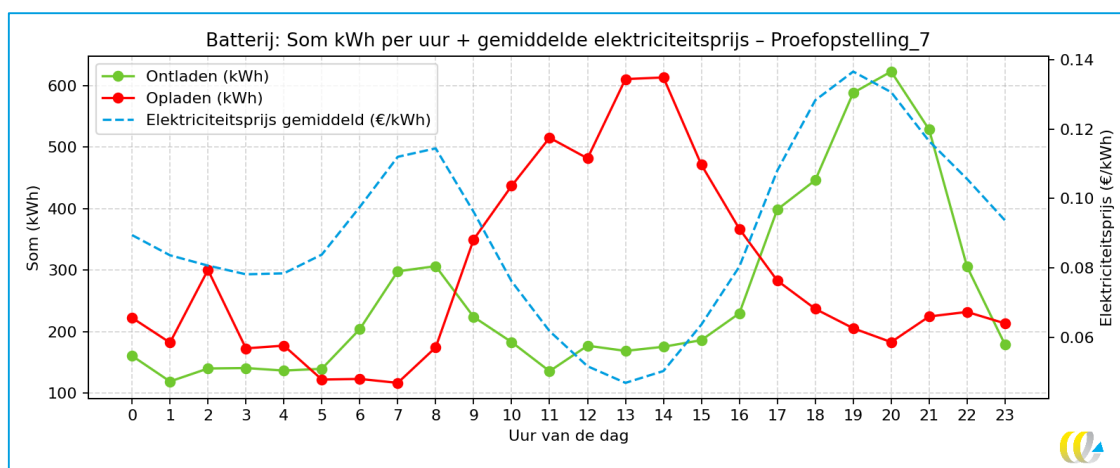
Als we kijken naar het ontladprofiel dan zien we met name bij de piek in elektriciteitsprijzen in de avond veel ontladen energie. Bij de ochtend prijspijs zien we dit in mindere mate. Bij Proefopstelling 8 zien we dat de ontladpiek even groot is rond 10:00 en 18:00 uur.

Naast *day-aheadmarktsturing* acteert deze batterij ook op de onbalansmarkten. De prijs op de onbalansmarkt hangt af van de richting van de onbalans, tekorten of overschotten. Bij tekorten op de onbalansmarkt kan men verdienen met het terugleveren van energie uit de thuisbatterij, en bij overschotten kunnen er inkomsten gerealiseerd worden met afschakelen van de thuisbatterij. Inzicht van prijzen van de onbalansmarkt zijn lastig om via een gemiddeld profiel te visualiseren, omdat de inkomsten zeer sterk kunnen variëren en de prijzen ieder kwartier kan veranderen. Dit zie je daarom ook niet terug in de figuren.

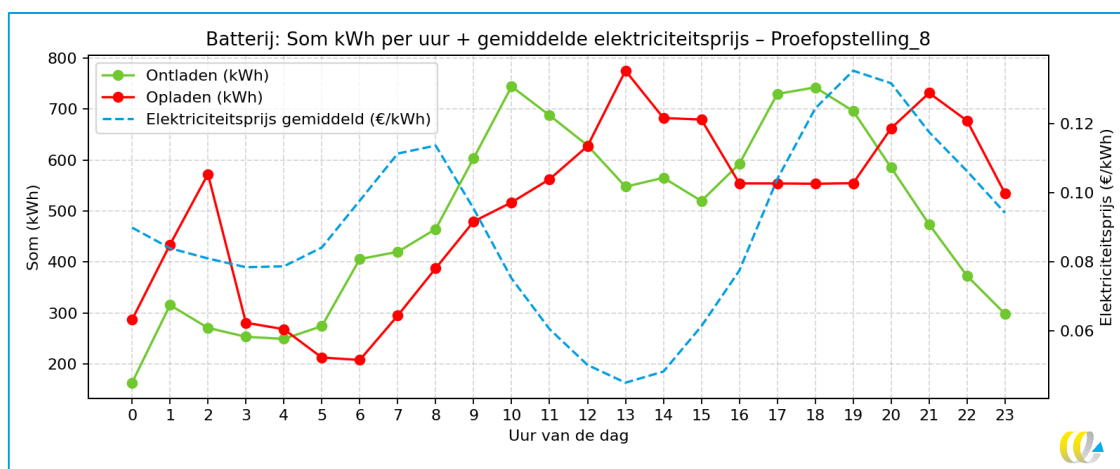
We concluderen echter wel dat het laadgedrag van onbalans batterijen in combinatie met day-aheadmarkt verschillend is ten opzichte van pure day-ahead en zelfconsumptie batterijen.

Waar er bij day-ahead en zelfconsumptie batterijen zeer gestructureerde trends te zien zijn in het op en ontladen van de batterijen, is er bij onbalans batterijen een wat grilliger profiel per uur.

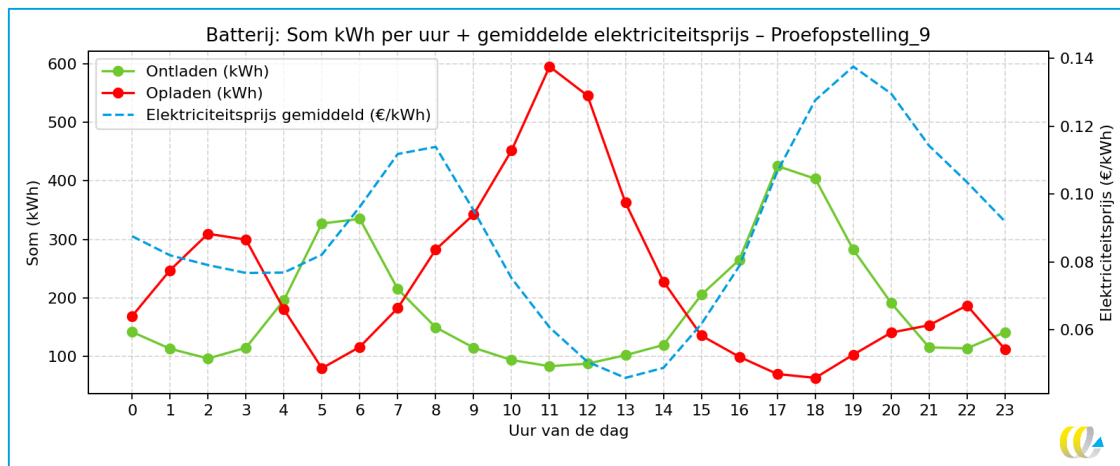
Figuur 24 – Som van laden en ontladen per uur van de dag over de meetperiode voor Proefopstelling 7



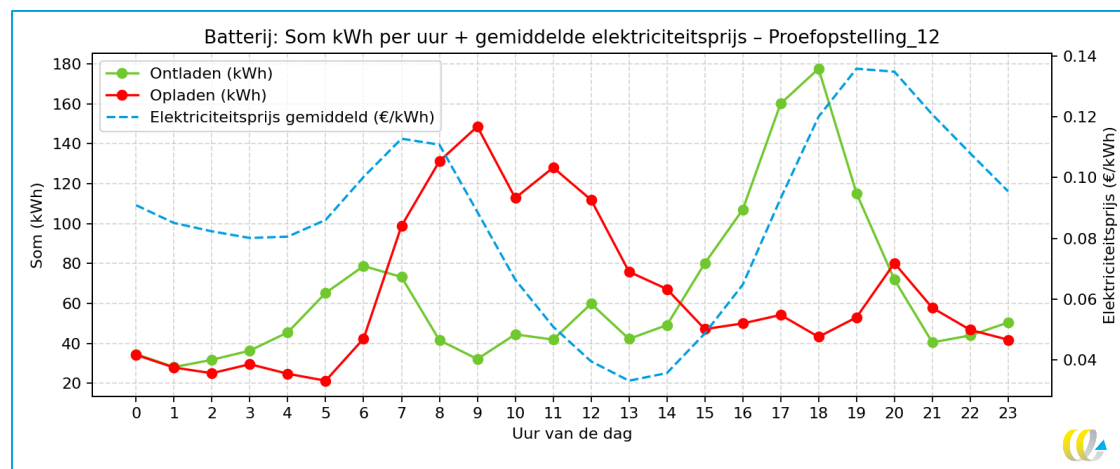
Figuur 25 – Som van laden en ontladen per uur van de dag over de meetperiode voor Proefopstelling 8



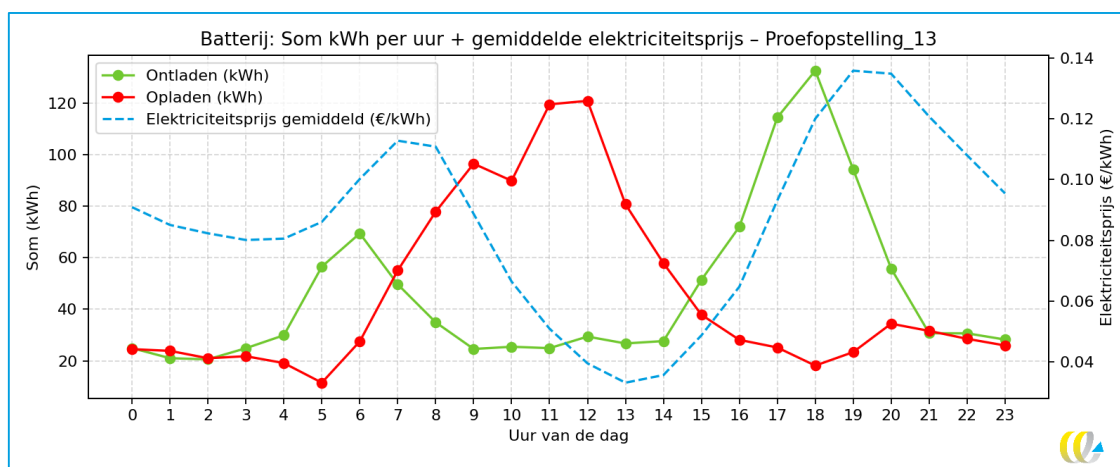
Figuur 26 – Som van laden en ontladen per uur van de dag over de meetperiode voor Proefopstelling 9



Figuur 27 – Som van laden en ontladen per uur van de dag over de meetperiode voor Proefopstelling 12



Figuur 28 – Som van laden en ontladen per uur van de dag over de meetperiode voor Proefopstelling 13



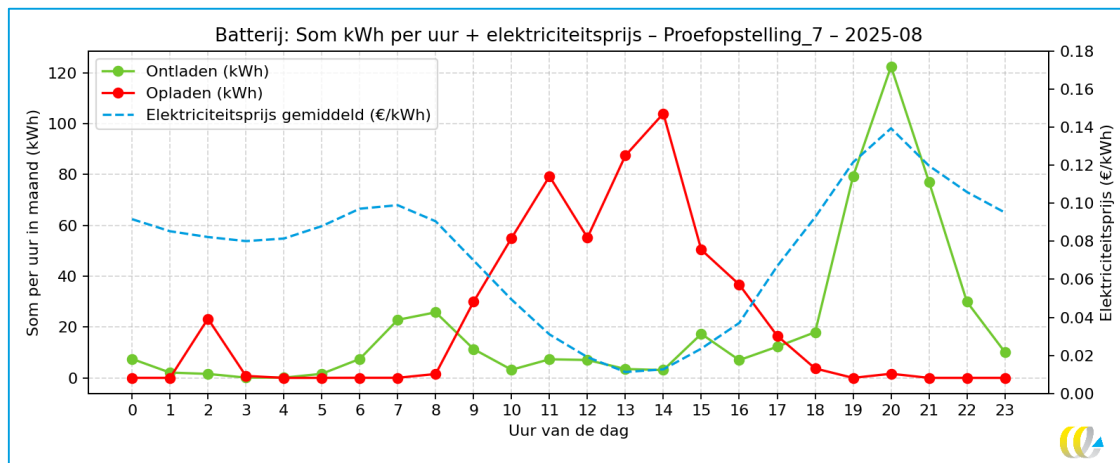
Laadgedrag zomer versus winter: Day-ahead + onbalans batterij

We laten alleen het verschil tussen zomer en winter laadgedrag voor Proefopstelling 7 zien, echter zien we vergelijkbare trends voor de andere vier proefopstellingen met dit type batterij algoritme.

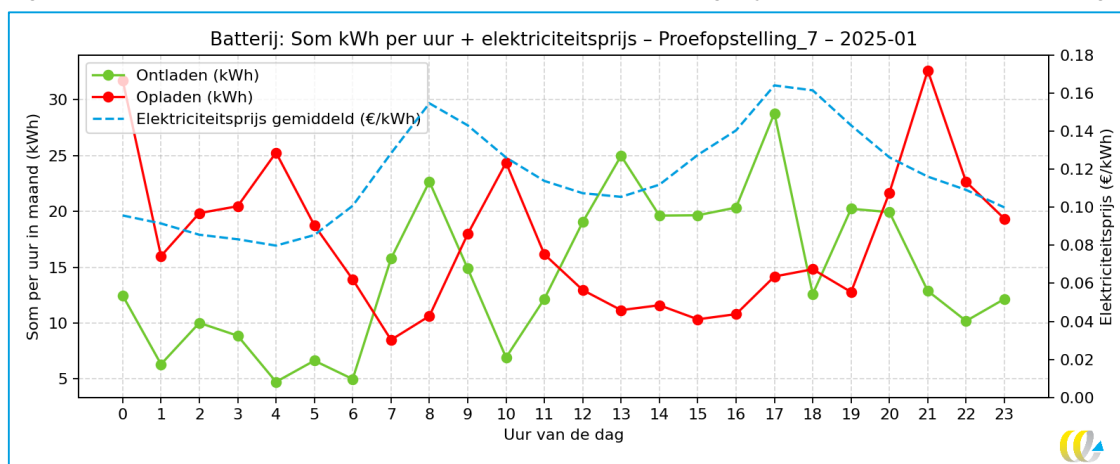
In de hiernavolgende figuren zien we de uren op de dag waarop de batterij laadt en ontladt in de zomer en winter. Hier zien we dat in de zomer oplaadmomenten tussen 08:00 en 18:00 uur, met een maximum rond 14:00 uur. Hier zien we een duidelijke correlatie met de day-aheadprijs, die rond 13:00-14:00 uur gemiddeld het laagst is en rond 20:00 uur het hoogste. De batterij ontladt de meeste energie in deze maand op het gemiddeld duurste uur. Het algoritme lijkt dus een sterke correlatie met de day-aheadmarkt te hebben. Het is minder goed zichtbaar hoe de onbalansmarkt hier effect heeft op de inzet van de batterij. Deze is complex om te visualiseren en het is bovendien niet transparant hoe de batterij hierop acteert.

In de winter zien we een verspreider profiel, waar erop bijna alle uren wel op- of ontlading van de batterij zien, echter wel in minder mate. De prijsverschillen in deze wintermaand zijn minder groot dan in de zomer, waardoor in deze maand waarschijnlijk meer op de onbalansmarkt wordt gehandeld. Er is minder verdienpotentieel op de day-aheadmarkt door deze kleinere prijsverschillen.

Figuur 29 – **Zomer:** Som van laden en ontladen per uur van de dag in augustus 2025 voor Proefopstelling 7

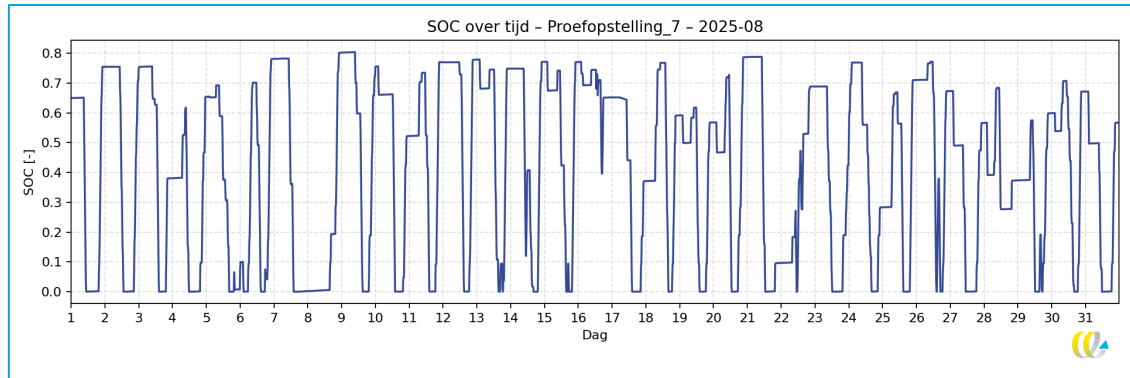


Figuur 30 – **Winter:** Som van laden en ontladen per uur van de dag in januari 2025 voor Proefopstelling 7

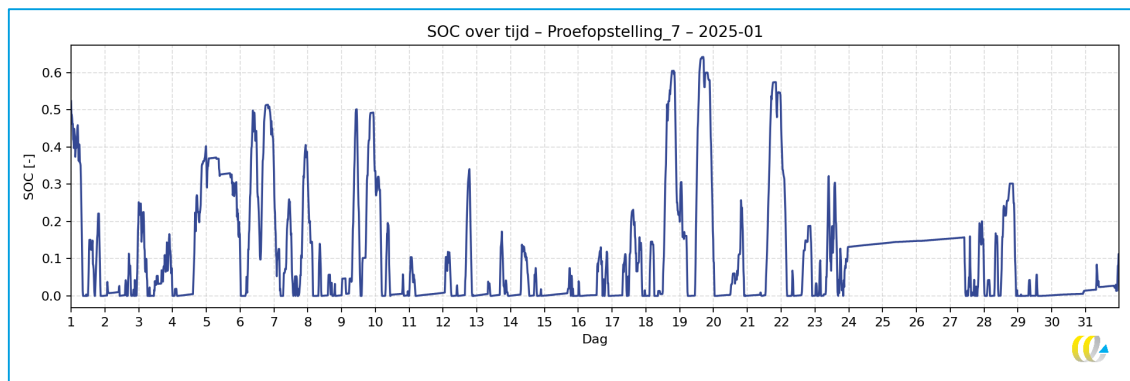


In de volgende figuren zien we het laadniveau van de batterij van Proefopstelling 7 in de zomer (Figuur 31) en in de winter (Figuur 32). Hier zien we dat de batterij vaker bijna volledig oplaadt in de zomer dan in de winter. In de winter is de batterij op veel momenten leeg en laad het vervolgens een beetje bij, maar niet meer dan 60%.

Figuur 31 – **Zomer:** State of Charge (SOC)/laadniveau van de batterij van Proefopstelling 7 in augustus 2025

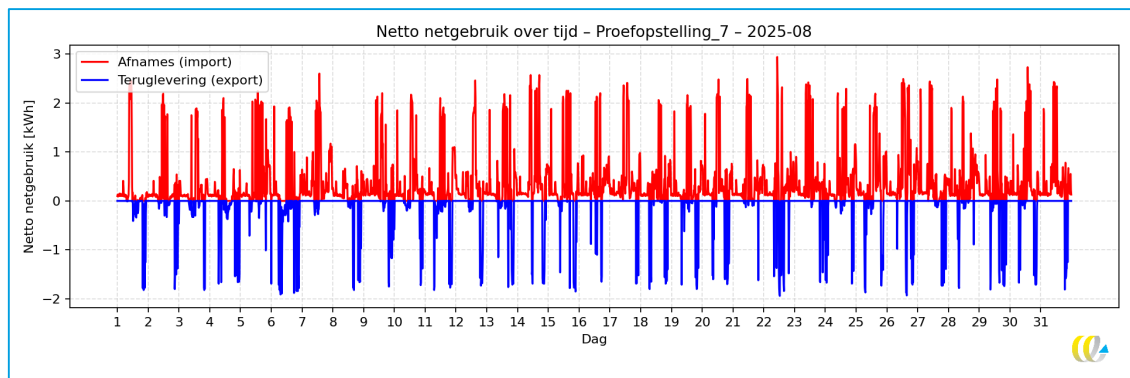


Figuur 32 – **Winter:** State of Charge (SOC)/laadniveau van de batterij van Proefopstelling 7 in januari 2025

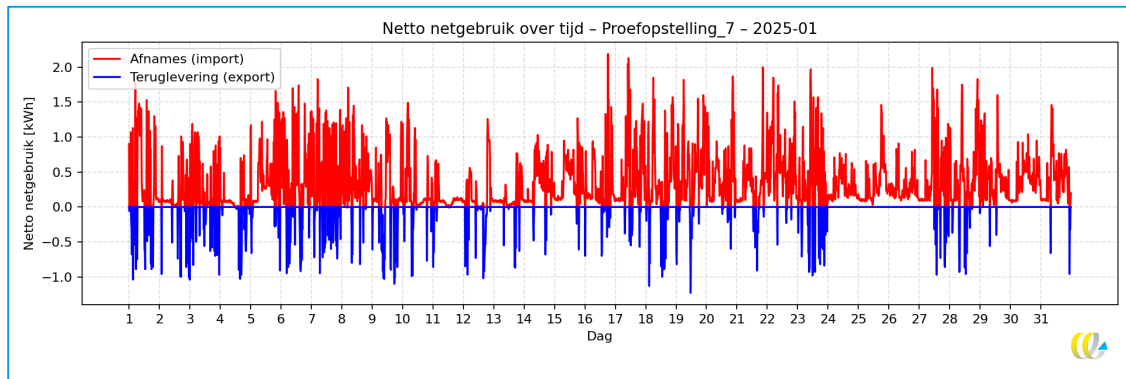


In de volgende figuren zien we de netuitwisseling in de zomer en in de winter. Hier zien we een vergelijkbaar profiel, met iets meer netafname in de winter en relatief wat meer teruglevering in de zomer.

Figuur 33 – **Zomer:** Netto netgebruik/uitwisseling van Proefopstelling 7 in augustus 2025 per kwartier. Positieve waarden zijn afname van het net, negatieve waarden zijn teruglevering aan het net.



Figuur 34 – **Winter:** Netto netgebruik/uitwisseling van Proefopstelling 7 in januari 2025 per kwartier. Positieve waarden zijn afname van het net, negatieve waarden zijn teruglevering aan het net.



2.2 Zelfconsumptie en netgebruik

Zelfconsumptie betekent het gebruiken van je eigen opgewekte stroom. Hierdoor is er minder netgebruik nodig en is een huishouden meer zelfvoorzienend in elektriciteitsvraag. Er zijn twee proefopstellingen die het thuisbatterij algoritme puur op zelfconsumptie hebben ingesteld. Voor deze twee proefopstellingen analyseren we het eigen verbruik van de zonnestroom.

2.2.1 Zelfconsumptie: Zelfconsumptie algoritme

In Tabel 3 is het percentage van eigen verbruik zonne-energie weergegeven per proefopstelling, met en zonder batterij. Proefopstellingen 3 en 4 hebben een batterij-algoritme die puur op zelfconsumptie stuurt. Hier zie je dat het percentage met thuisbatterij, respectievelijk 33 en 68%, hoger ligt dan bij zonder thuisbatterij, respectievelijk 6 en 31%. Het eigen verbruik neemt dus toe door de thuisbatterij. Proefopstelling 3 is vrij uniek vanwege een zeer hoog elektriciteitsverbruik, dat slecht overeenkomt met de zon-pv-productie. Proefopstelling 4 komt goed overeen met de situatie die we vaak zien: het eigen verbruik kan met een thuisbatterij verhoogd worden van zo'n 30-35% naar 60-70%.

Tabel 3 – Overzicht eigen verbruik voor proefopstellingen met algoritme eigen verbruik

	Proefopstelling 3 (10 kWh)	Proefopstelling 4 (5 kWh)
Zon-pv-productie	12.003 kWh	4.001 kWh
Eigen verbruik: zonder batterij	749 kWh (6%)	1.306 (35%)
Eigen verbruik: met batterij	4.003 kWh (33%)	2.705 (68%)

2.2.2 Zelfconsumptie: Zelfconsumptie en day-aheadalgoritme

De batterijen die naast zelfconsumptie handelen op de day-aheadmarkt leveren soms ook terug aan het bij hoge prijzen. Dit zien we bijvoorbeeld aan Proefopstelling 5, waar er met een thuisbatterij meer ingevoed wordt op het net. Deze proefopstelling kent relatief weinig zon-pv, en daardoor neemt de invoeding met batterij toe. We zien bij proefopstellingen met alleen day-ahead, dat de hoeveelheid invoeding nog meer toeneemt.

Tabel 4 – Overzicht eigen verbruik voor proefopstellingen met algoritme zelfconsumptie en day-ahead

Invoeding in net	Proefopstelling 1	Proefopstelling 2	Proefopstelling 5
Zon-pv productie	9.179 kWh	6.258 kWh	745 kWh
Eigen verbruik: zonder batterij	3.636 kWh (40%)	1.641 kWh (26%)	364 kWh (49%)
Eigen verbruik: met batterij	5.106 kWh (56%)	3.776 kWh (60%)	745 kWh (~100%)

De netto uitwisseling (afname en invoeding) voor enkele proefopstellingen is opgenomen in Tabel 5. Bij Proefopstelling 10 zien we dat zonder batterij er netto overschotten zijn, door zonnepanelen. De batterij leidt ertoe dat meer elektriciteit wordt afgenomen van het net, en meer ingevoed. Echter in totaal wordt het verschil minder groot, waardoor de netto uitwisseling afneemt tot 430 kWh. Bij Proefopstelling 11 en 5 zien we dat de netto-uitwisseling toeneemt; er wordt dus meer elektriciteit afgenomen. De belangrijkste reden hiervoor is rendementsverlies bij de batterij. Door energiehandel wordt elektriciteit afgenomen en later geleverd aan de woning of terug aan het elektriciteitsnet. Echter is er een verlies van zo'n 15% met een thuisbatterij.

Tabel 5 – Netto uitwisseling met het net: Drie proefopstellingen met zelfconsumptie en day-ahead

Netto uitwisseling met het net	Proefopstelling 10	Proefopstelling 11	Proefopstelling 5
Met batterij	-432 kWh	8.935 kWh	1.285 kWh
Zonder batterij	-1.149 kWh	7.783 kWh	967 kWh

2.2.3 Samenvatting: Netgebruik, zelfconsumptie en inzet thuisbatterij per maand

Op verzoek van VEH zijn er overzichtstabellen gemaakt met netgebruik en zelfconsumptie per proefopstelling. Deze zijn opgenomen in Bijlage C.

2.3 Financieel resultaat

In de hiernavolgende figuren in deze paragraaf zijn de totale variabele kosten voor elektriciteit inclusief btw en energiebelasting weergegeven voor verschillende situaties. Hier zijn vaste componenten zoals netkosten en vermindering energiebelasting niet meegenomen, zodat we goed de verschillen kunnen duiden. De resultaten zijn berekend met de uitgangspunten in Bijlage A.

Er zijn verschillende belangrijke uitgangspunten en verwachte toekomstige ontwikkelingen, die als introductie van de resultaten van belang zijn:

- We gebruiken gemeten data van de afgelopen twaalf maanden. De studie omvat geen toekomstige voorspellingen. Energieprijzen zullen veranderen, onder andere door de energietransitie, en daarmee de inkomsten van thuisbatterijen. Ook beleid vanuit overheid en netbeheerders heeft effect op de terugverdiensijd.
- Door afschaffen salderingsregeling kan de inzet van de batterij veranderen, en dus de geschatte inkomsten in deze studie voor de situatie na salderingsregeling. De salderingsregeling heeft twee belangrijke effecten:
 1. Het opslaan van eigen zonne-energie wordt extra aantrekkelijk, omdat een huishouden minder krijgt voor het terugleveren van zonne-energie.
 2. Energiehandel wordt minder financieel aantrekkelijk. Nu hoeft er als een thuisbatterij laadt met goedkope prijzen en die opgeslagen energie verkoopt op een later moment, geen energiebelasting betaald te worden. Die energiebelasting wordt namelijk gesaldeerd. Echter als de salderingsregeling afgeschaft wordt, moet er wel energiebelasting betaald worden. Daardoor wordt energiehandel minder lucratief.
- Vanaf 2028 tot 2030 komt er een nieuw tarief voor kleinverbruikers vanuit de netbeheerders; naar verwachting met een kWh-tarief dat verschilt per moment van de dag. Dit betekent dat het opslaan van eigen energie of laden op goedkope momenten extra financieel aantrekkelijk wordt. Energiehandel wordt juist weer minder aantrekkelijk, doordat er extra betaald dient te worden per geladen kWh terwijl dat met de huidige nettarieven niet zo is.

2.3.1 Financieel resultaat: Zelfconsumptie

In de twee proefopstellingen met een batterij gestuurd op maximale zelfconsumptie, laadt de batterij in de ochtend op met zonnestroom en ontlad later op de dag wanneer er elektriciteitsvraag is. Kijkend naar de resultaten voor Proefopstellingen 3 en 4 zien we echter verrassende resultaten. In de huidige situatie met salderen zijn de kosten hoger met batterij. Dit komt doordat uit de data blijkt dat de netto afname toeneemt; wat vreemd is, maar mogelijk komt door energieverliezen.

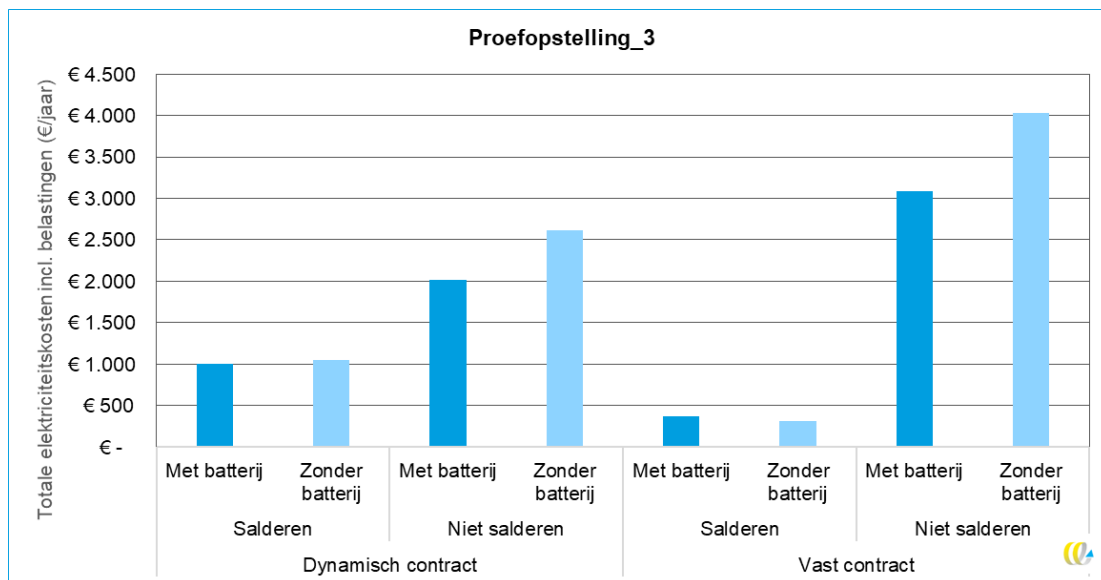
De meest representatieve situatie zien we als niet salderen met een dynamisch contract. In die situatie is het kostenvoordeel voor Proefopstelling 3 op jaarbasis € 602 en voor Proefopstelling 4 is dat € 217. Bij een vast contract is het voordeel zelfs nog groter met € 947 en € 350 respectievelijk. Bij een vast contract is de stroomprijs gemiddeld hoger, dus ook de besparing in energiekosten met een thuisbatterij is daarom in absolute zin groter bij een vast contract. Proefopstelling 3 heeft een 10 kW-batterij met zeer hoog verbruik (11.000 kWh) en Proefopstelling 4 een 5 kW-batterij met gemiddeld verbruik (3.600 kWh).

De resultaten voor zelfconsumptie baseren we dus slechts op twee proefopstellingen maar geeft wel enig inzicht:

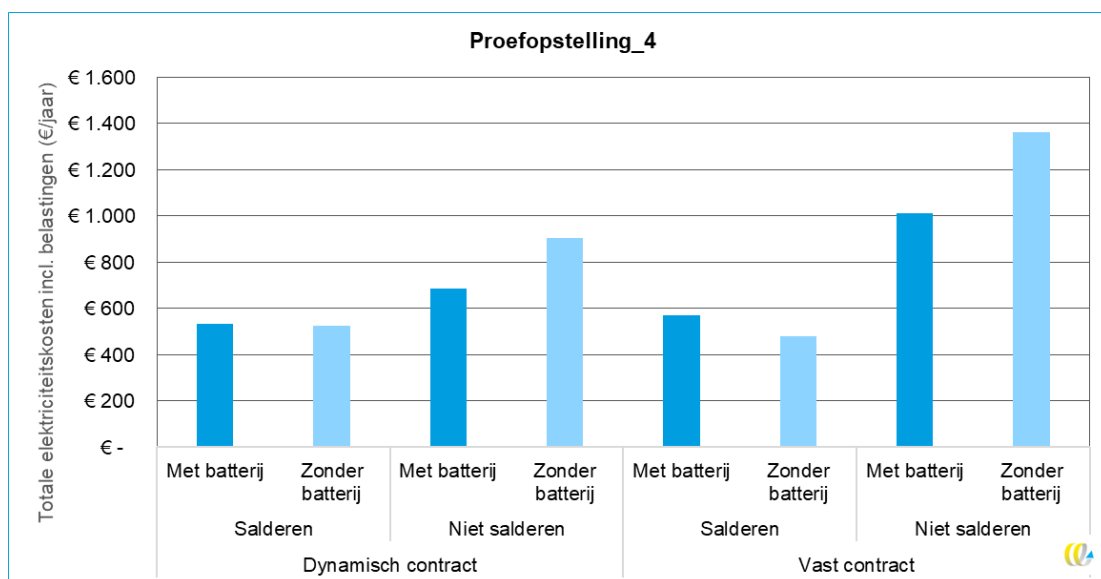
- Het 5 kWh-systeem (Proefopstelling 4) heeft bij een prijs van € 3.500 inkomsten van € 350 bij een vast contract en € 217 bij een dynamisch contract, over de afgelopen twaalf maanden. Bij gelijkblijvende inkomsten zou de terugverdientijd dus 10 jaar zijn bij een vast contract en 17 jaar bij een dynamisch contract. Met de onzekerheid in de energiemarkten schatten we een terugverdientijd in van 10 tot 22 jaar met een levensduur van 10 tot 15 jaar.
 - Bij een hogere aanschafprijs neemt de terugverdientijd logischerwijs toe, bij een goedkopere thuisbatterij neemt de terugverdientijd af. Ook ontwikkelingen in beleid (zoals nettarieven) kunnen deze conclusies beïnvloeden.
- Het 10 kWh-systeem bij een woning met zeer hoog verbruik (Proefopstelling 3) schatten we de kosten op € 6.000 tot € 9.000 inclusief btw. De baten zijn € 602 voor een dynamisch contract en € 947 voor een vast contract, over de afgelopen twaalf maanden. Bij een lage prijs van € 6.000 geeft dat een terugverdientijd van 6,5 tot 10 jaar voor deze proefopstelling. Met de onzekerheid in de toekomstige energiemarkten schatten we de terugverdientijd op 6,5 tot 14 jaar voor deze proefopstelling.

Dat betekent dat eigen zonne-energie opslaan zonder salderingsregeling rendabel kan zijn, maar dat er nog wel onzekerheden zijn over het terugverdienen van de thuisbatterij binnen de technische levensduur.

Figuur 35 – Totale variabele elektriciteitskosten voor Proefopstelling 3. Dit gaat om een huishouden met een zelfconsumptie thuisbatterij algoritme.



Figuur 36 – Totale variabele elektriciteitskosten voor Proefopstelling 4. Dit gaat om een huishouden met een zelfconsumptie thuisbatterij algoritme.



2.3.2 Financieel resultaat: Zelfconsumptie + day-ahead

Voor de proefopstellingen waarin de thuisbatterij is ingesteld op zelfconsumptie in combinatie met day-aheadhandel, zijn de totale variabele elektriciteitskosten berekend en weergegeven in Figuur 39 t/m Figuur 41. We zien opvallende effecten in de huidige situatie, oftewel met salderingsregeling:

- Opstellingen 1 (10 kWh) en 11 (25 kWh) laten baten zien met de thuisbatterij in situatie met dynamisch contract en salderingsregeling. De thuisbatterij resulteert in verlaging van de energiekosten van € 362 en € 640 respectievelijk.
- Opstellingen 2, 5 en 10 laten geen significant kostenvoordeel zien. Dit is vreemd, en kan te maken hebben met de inzet van de batterij, de exacte energiecontracten van het huishouden. De energiekosten stijgen met € 58, € 107 en € 161 respectievelijk volgens onze berekening door het toevoegen van de batterij. Na analyses met de leveranciers, blijkt dat deze thuisbatterijen gedurende de pilot zijn veranderd van algoritme. Daardoor is ongemerkt een niet rendabele inzet tot stand gekomen.

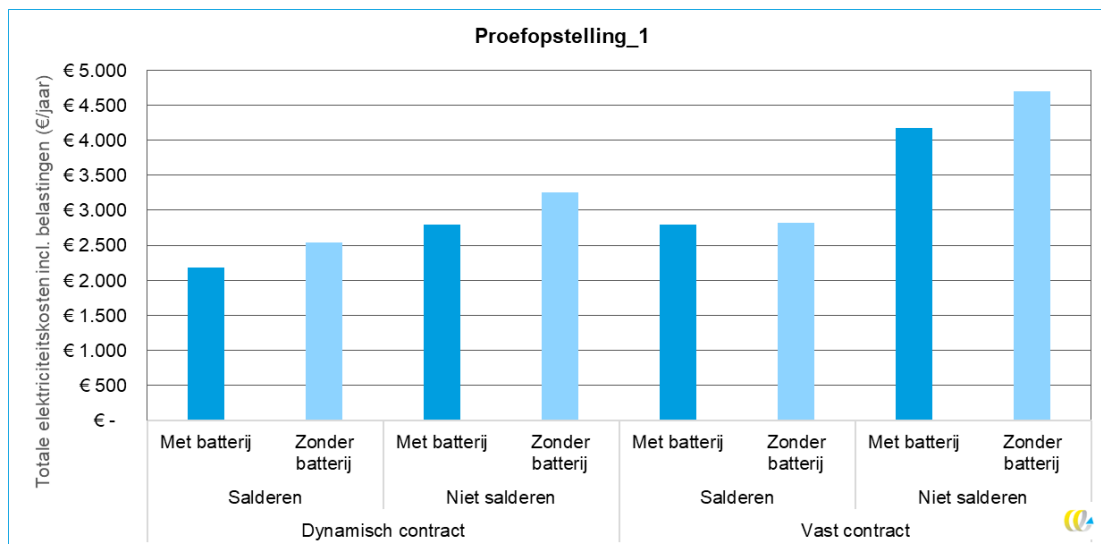
Deze eerste twee batterijen zijn van een andere energieleverancier dan de drie batterijen met negatieve effecten. Opvallend is ook dat de gemiddelde prijs voor elektriciteitsafname bij Proefopstellingen 2, 5 en 10 nauwelijks lager wordt maar dat we bij Proefopstellingen 1 en zeker 11 wel een sterke daling zien. Zie hiervoor de resultaten in Paragraaf 3.9.

De situatie zonder salderen laat een uitvergroting van de effecten zien; de baten of kosten van de thuisbatterij worden groter. Dit komt doordat de totale energierekening stijgt, het percentuele effect van de thuisbatterij blijft ongeveer gelijk maar daardoor veranderen de totale effecten van de batterij wel. Als de salderingsregeling afgeschaft wordt, verwachten we dat deze batterij wel een andere inzet zal vertonen en mogelijk grotere baten zal realiseren dan hier weergegeven.

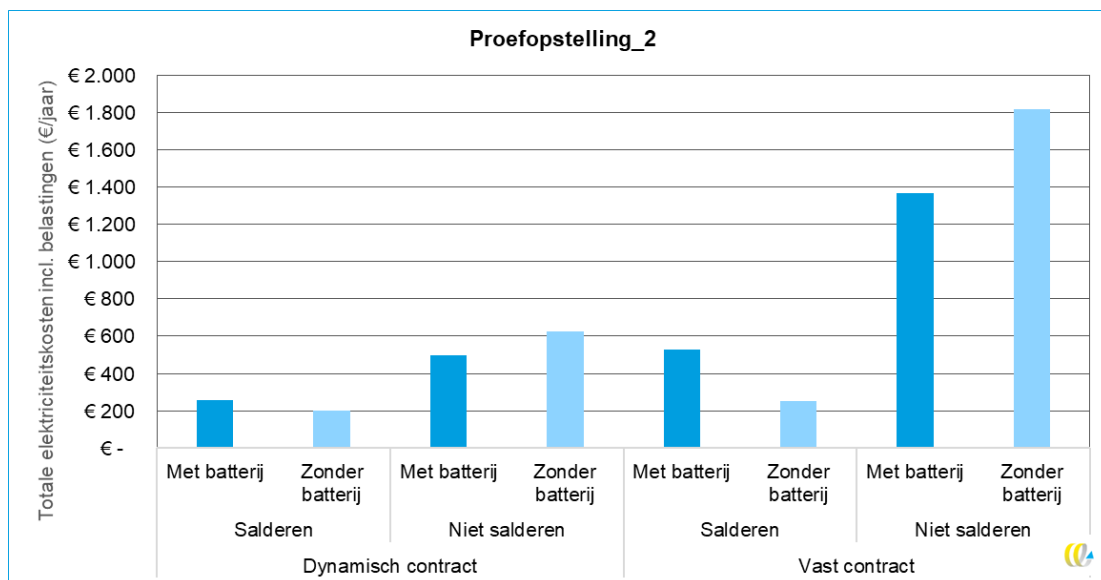
De terugverdientijd willen we baseren op Proefopstellingen 1 en 11. De kosten voor een 10 kWh-systeem zijn zo'n € 5.000 tot € 7.500 exclusief btw en € 15.000 tot € 18.000 exclusief btw voor een 25 kWh-systeem. Kijkend naar de baten inclusief salderingsregeling is de terugverdientijd langer dan de technische levensduur.

De situatie na afschaffing van salderingsregeling is lastiger in te schatten: de baten voor opslaan eigen zonne-energie stijgen en voor energiehandel dalen. De range die gegeven is in Paragraaf 2.3.1 met alleen zelfconsumptie wordt gezien als een minimum. We zagen bij Proefopstelling 3 een terugverdientijd van 10 tot 22 jaar en voor Proefopstelling 4 een terugverdientijd van 6,5 tot 14 jaar. Deze terugverdientijd kan afnemen door additioneel laden en ontladen met de day-aheadmarktprijzen.

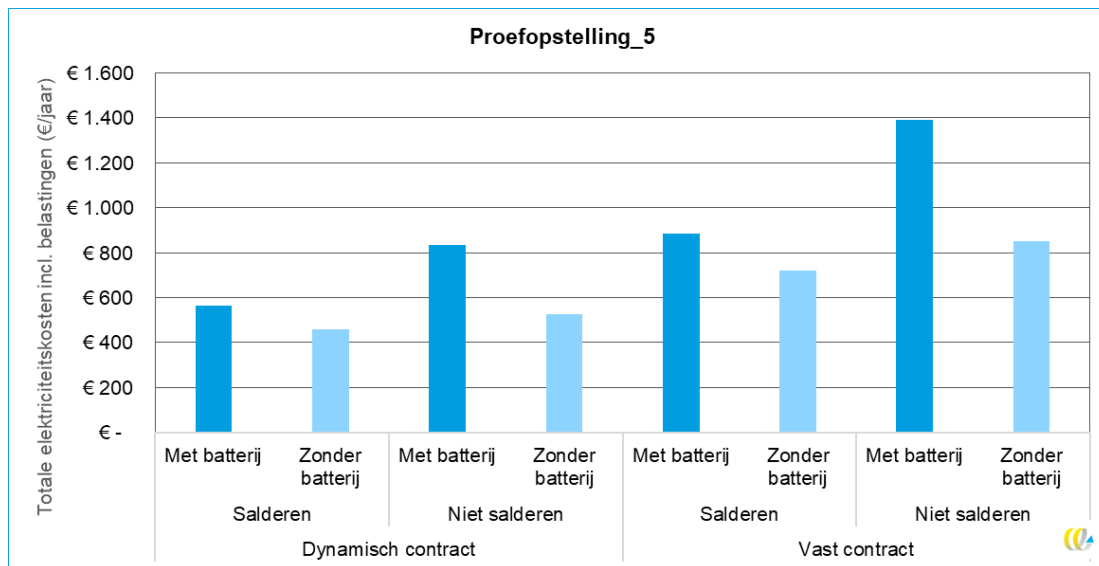
Figuur 37 – Totale variabele elektriciteitskosten voor Proefopstelling 1. Dit gaat om een huishouden met een zelfconsumptie + day-ahead thuisbatterij algoritme.



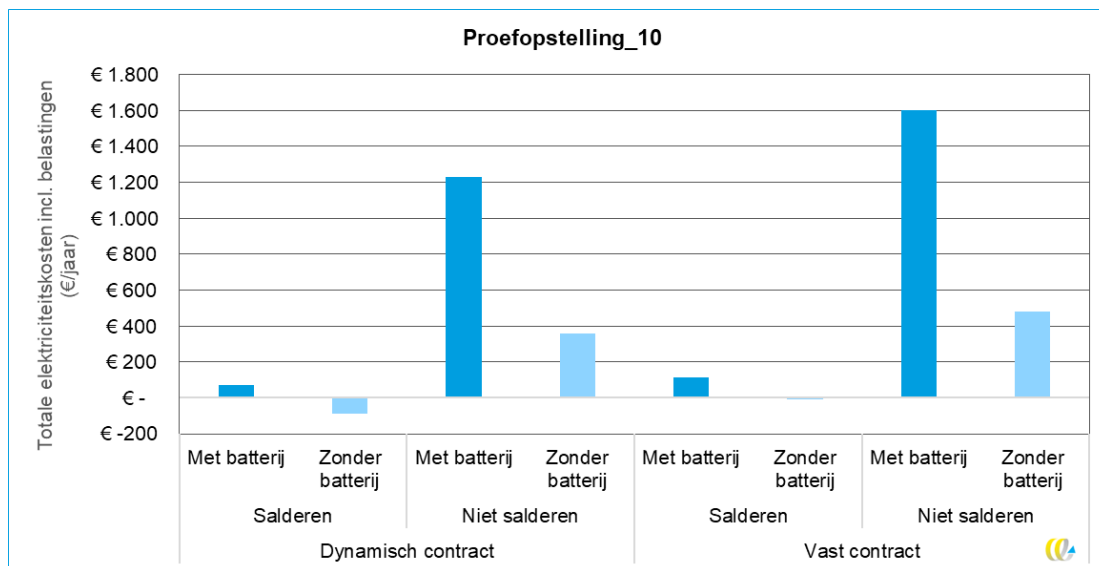
Figuur 38 – Totale variabele elektriciteitskosten voor Proefopstelling 2. Dit gaat om een huishouden met een zelfconsumptie + day-ahead thuisbatterij algoritme. Tijdens de pilotperiode is de aansturing van de thuisbatterij in deze proefopstelling ongemerkt gewijzigd. Daarom zijn deze resultaten niet representatief voor zelfconsumptie + day-ahead algoritme.



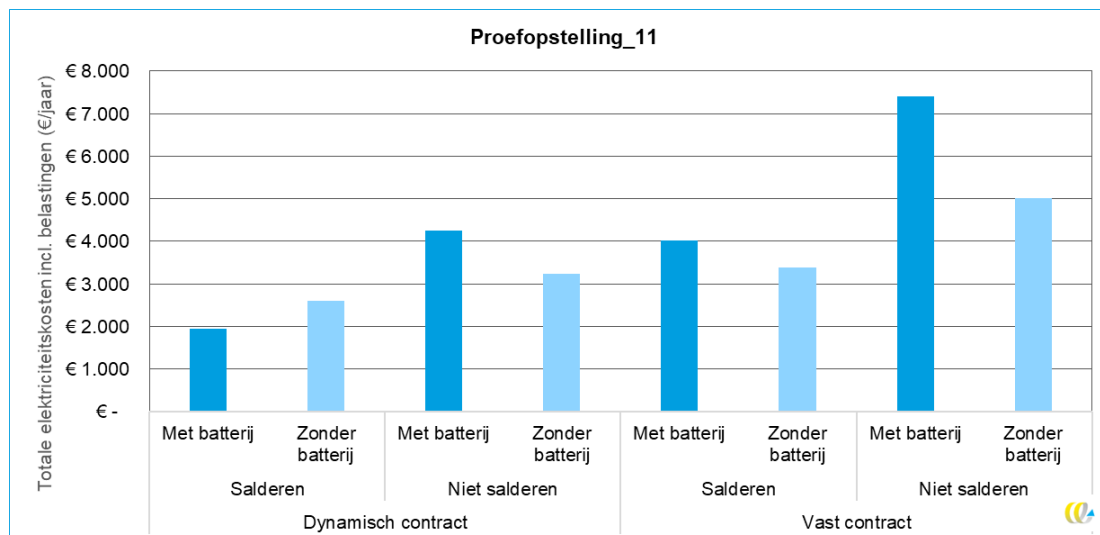
Figuur 39 – Totale variabele elektriciteitskosten voor Proefopstelling 5. Dit gaat om een huishouden met een zelfconsumptie + day-ahead thuisbatterij algoritme. Tijdens de pilotperiode is de aansturing van de thuisbatterij in deze proefopstelling ongemerkt gewijzigd. Daarom zijn deze resultaten niet representatief voor zelfconsumptie + day-ahead algoritme.



Figuur 40 – Totale variabele elektriciteitskosten voor Proefopstelling 10. Dit gaat om een huishouden met een zelfconsumptie + day-ahead thuisbatterij algoritme. Tijdens de pilotperiode is de aansturing van de thuisbatterij in deze proefopstelling ongemerkt gewijzigd. Daarom zijn deze resultaten niet representatief voor zelfconsumptie + day-ahead algoritme.



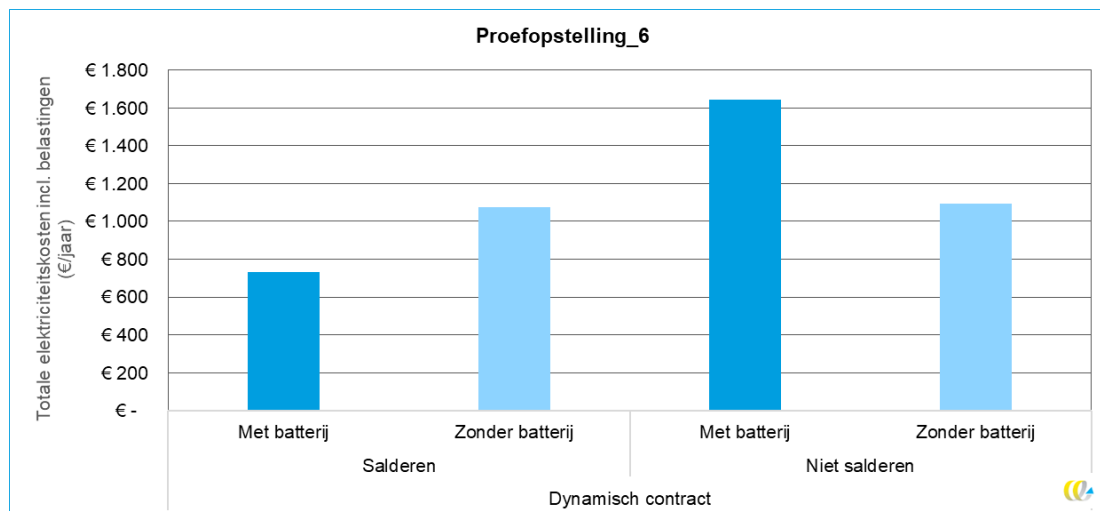
Figuur 41 – Totale variabele elektriciteitskosten voor Proefopstelling 11. Dit gaat om een huishouden met een zelfconsumptie + day-ahead thuisbatterij algoritme.



2.3.3 Financieel resultaat: Day-ahead

Bij één proefopstelling wordt uitsluitend gestuurd op day-aheadmarktprijzen met de thuisbatterij. Hier zien we een vergelijkbaar beeld als bij de huishoudens waarbij de thuisbatterij stuurt op maximale zelfconsumptie + day-aheadprijzen. De situatie met een dynamisch contract en de huidige salderingsregeling levert financieel voordeel op. Het afschaffen van salderen levert een aanzienlijk financieel negatief effect op: dit komt doordat er energiebelasting betaalt dient te gaan worden bij energiehandel. De inzet van de thuisbatterij zal veranderen, ten opzichte van de gemeten waarde, omdat zoals uit onze analyse blijkt veel van de handel transacties niet meer rendabel zijn. De totale inkomsten zullen naar verwachting echter lager blijven.

Figuur 42 – Totale variabele elektriciteitskosten voor Proefopstelling 6. Dit gaat om een huishouden met een day-ahead thuisbatterij algoritme.

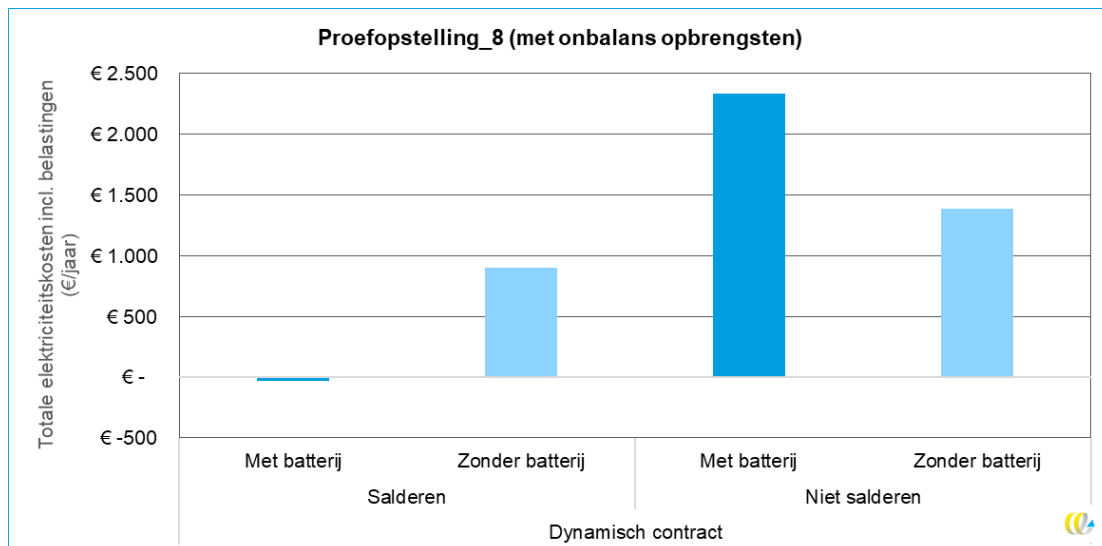


2.3.4 Financieel resultaat: Day-ahead + onbalans

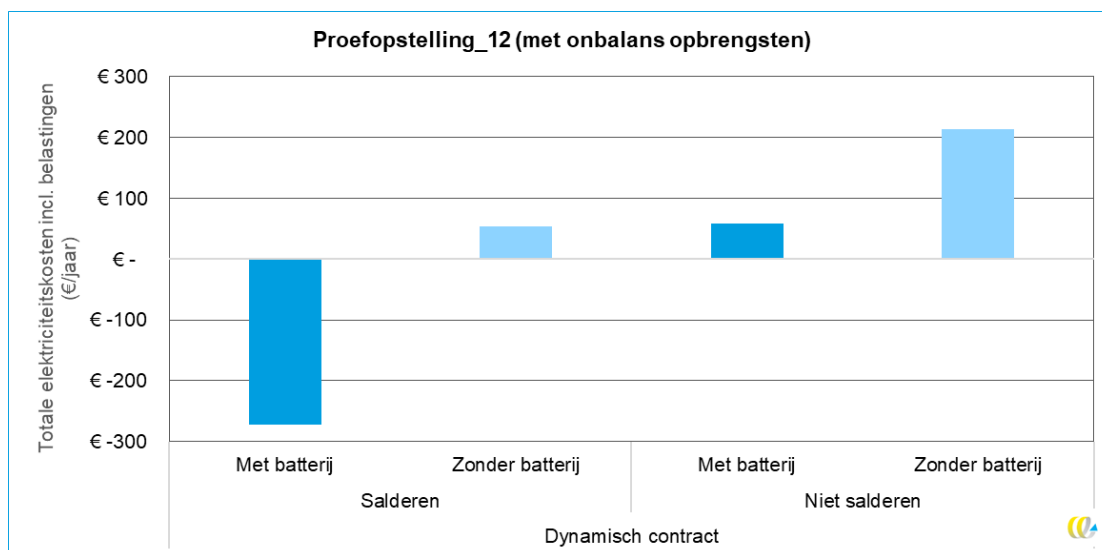
Er zijn vijf proefopstellingen met een thuisbatterij die stuurt op maximale opbrengsten uit day-ahead- en onbalansmarkthandel. Met de aangeleverde data konden we bij slechts twee van de vijf proefopstellingen de opbrengsten uit onbalansmarkthandel achterhalen, namelijk Proefopstellingen 8 en 12. De resultaten van de energiekosten voor deze proefopstellingen staan in de volgende figuren. Proefopstelling 8 (20 kWh) kent een prijsvoordeel van € 936 en Proefopstelling 12 een prijsvoordeel van € 327 (3,8 kWh). De kosten voor een 3,8 kWh-systeem zijn zo'n € 2.500 tot € 4.500 exclusief btw en € 10.000 tot € 16.000 exclusief btw voor een 20 kWh-systeem. Dat betekent met gelijke inkomsten en salderingsregeling de terugverdientijd zo'n 7 tot 12 jaar is.

Als de salderingsregeling afgeschaft zou zijn, zien we dat de batterij leidt tot hogere kosten. Dit komt omdat er voor energiehandel dan wel energiebelasting betaald dient te worden; veel van de handelstransacties zullen niet meer plaatsvinden. Het wordt dus minder voordelig om te handelen. In werkelijkheid zal het algoritme aangepast worden dus, maar deze inzichten laten wel iets zien over het effect van de afschaffing salderingsregeling.

Figuur 43 – Totale variabele elektriciteitskosten voor Proefopstelling 8. Dit gaat om een huishouden met een day-ahead + onbalans thuisbatterij algoritme.



Figuur 44 – Totale variabele elektriciteitskosten voor Proefopstelling 12. Dit gaat om een huishouden met een day-ahead + onbalans thuisbatterij algoritme.



3 Beantwoording hypothesen thuisbatterijen

We hebben hier de zeventien hypothesen opgenomen met daarbij de bevindingen gebaseerd op de representatieve proefopstellingen. De inzichten zijn gebaseerd op de resultaten uit Hoofdstuk 2 en de detailresultaten in Bijlage B en C.

3.1 De thuisbatterij kan het einde salderen financieel opvangen

Voor het beantwoorden van deze vraag gaan we uit van een dynamisch energiecontract. Uit de netto financiële resultaten blijkt dat de totale energiekosten stijgen wanneer de salderingsregeling wordt afgeschaft, zowel mét als zonder thuisbatterij. De thuisbatterij kan mogelijk wel terugverdient worden, als de thuisbatterij terugverdient kan worden leidt het daarmee tot totaal lagere kosten voor de woning. De conclusie voor de twee proefopstellingen met zelfconsumptie zijn:

- Het 5 kWh-systeem (Proefopstelling 4) heeft bij een prijs van € 3.500 inkomsten van € 350 bij een vast contract en € 217 bij een dynamisch contract, over de afgelopen twaalf maanden. Bij gelijkblijvende inkomsten zou de terugverdientijd dus 10 jaar zijn bij een vast contract en 17 jaar bij een dynamisch contract. Met de onzekerheid in de energiemarkten schatten we een terugverdientijd in van 10 tot 22 jaar met een levensduur van 10 tot 15 jaar.
 - Bij een hogere aanschafprijs neemt de terugverdientijd logischerwijs toe, bij een goedkopere thuisbatterij neemt de terugverdientijd af. Ook ontwikkelingen in beleid (zoals nettarieven) kunnen deze conclusies beïnvloeden.
- Het 10 kWh-systeem bij een woning met zeer hoog verbruik (Proefopstelling 3) schatten we de kosten op € 6.000 tot € 9.000 inclusief btw. De baten zijn € 602 voor een dynamisch contract en € 947 voor een vast contract, over de afgelopen twaalf maanden. Bij een lage prijs van € 6.000 geeft dat een terugverdientijd van 6,5 tot 10 jaar voor deze proefopstelling. Met de onzekerheid in de toekomstige energiemarkten schatten we de terugverdientijd op 6,5 tot 14 jaar voor deze proefopstelling.

De terugverdientijd van de thuisbatterij zijn dus onzeker; daarmee kan de thuisbatterij de totale kosten (energierekening en aanschaf thuisbatterij) mogelijk verlagen. Er bestaat dus ook een risico dat de totale kosten toenemen, oftewel dat de thuisbatterij niet wordt terugverdiend. Een relatief kleinere batterij in lijn met eigen verbruik en eigen productie gedurende een gemiddelde dag lijkt in ieder geval logisch.

Het additioneel handelen op de day-aheadmarkt via een dynamisch contract kan de baten verbeteren. Omdat de batterijen in deze pilot echter hebben gestuurd op de situatie met salderingsregeling is niet te zeggen hoe groot die inkomsten exact zouden zijn. Uit eerdere analyses blijkt dat de thuisbatterij zich dan mogelijk terugverdiend binnen 10 tot 15 jaar, maar dat betekent dus ook dat er niet voldoende baten zijn om het wegvallen van de salderingsregeling te compenseren.

3.2 De batterij kan de terugverdientijd van de warmtepomp verlagen

Drie proefopstellingen hebben een warmtepomp: Proefopstelling 3 (zelfconsumptie), Proefopstelling 9 (onbalans en day-ahead) en Proefopstelling 11 (zelfconsumptie + day-ahead). Proefopstelling 9 heeft dus geen interactie met de huishoudelijke energievraag, dus ook niet met de warmtepomp, en acteert alleen voor energiehandel.

Zonder salderingsregeling levert een thuisbatterij duidelijk meer kostenbesparing op, maar deze besparing (bijvoorbeeld ~€ 600 per jaar in Proefopstelling 3) moet worden afgewogen tegen de investering van een batterij van circa € 6.000 of meer. Daardoor kent de batterij zelf al een terugverdientijd van 10 jaar bij gelijkblijvende inkomsten. Wanneer je deze investering optelt bij die van de warmtepomp, worden de totale kosten (batterij + warmtepomp + energiekosten) dus hoger voor deze proefopstelling dan lager. Een verdere sturing van de warmtepomp door bijvoorbeeld een HEMS (Home Energy Management System) is niet meegenomen.

3.3 Een batterij is rendabel bij een day-ahead-proefopstelling

Bij de pure day-aheadproefopstelling (Proefopstelling 6) zijn de netto kosten met thuisbatterij ca. € 345 lager met salderen, en nemen de kosten toe zonder salderen. Dit komt doordat er met salderen er energiebelasting betaald dient te gaan worden over energiehandel. Daardoor wordt energiehandel duurder, en op minder momenten wordt het rendabel om te laden en te ontladen. Het algoritme in deze pilot heeft niet gestuurd op de situatie nadat de saldering is afgeschaft, maar we voorzien wel een significante daling van de inkomsten op puur day-aheadmarkt als salderen wordt afgeschaft. In onze eerdere analyses (zie Figuur 1) daalde de inkomsten met 70%. Dit betekent dat de businesscase niet rendabel is voor de situatie met alleenhandel op de day-aheadmarkt.

3.4 Een batterij is rendabel bij een onbalans + day-aheadproefopstelling

Met dit algoritme heeft een thuisbatterij op dit moment hogere inkomsten dan de batterijen met andere algoritmen met de huidige situatie. De Proefopstellingen 8 en 12, met een onbalans + day-aheadalgoritme, hebben een terugverdientijd van zo'n 7 tot 12 jaar met de huidige marktsituatie. We voorzien echter twee effecten die de terugverdientijd significant zullen verslechteren:

- Na afschaffen saldering zullen die baten echter afnemen, doordat er energiebelasting betaald dient te worden voor energiehandel. We zien dat ook terug in de inkomsten na salderingsregeling, al zullen leveranciers de inzet van de batterij aanpassen. In totaal heeft dit een sterk negatief effect op de businesscase, met een daling van minstens 20% (zie Figuur 1).
- Het is hierbij weer belangrijk om te benadrukken dat deze terugverdientijden gebaseerd zijn op in het verleden behaalde resultaten. We zien een sterke daling van de onbalansinkomsten, aangezien deze markt niet groot is en er veel nieuwe flexibiliteit bijkomt zoals grootschalige batterijen. Zoals is beargumenteerd in voorgaande studies van CE Delft zijn inkomsten op deze onbalansmarkt zeer onzeker in de toekomst.^{2 3}

Daarmee wordt de terugverdientijd langer dan de technische levensduur van 10 tot 15 jaar voor deze inzet van de thuisbatterij.

3.5 Een batterij is rendabel bij een zelfconsumptie proefopstelling (in een situatie zonder salderen)

Deze hypothese beantwoorden we voor de situatie zonder salderen. De terugverdientijd schatten we in van 6,5 tot 14 jaar bij Proefopstellingen 3 en 10, tot 22 jaar bij Proefopstelling 4. Hierbij hebben we de totale kosten van elektriciteit vergeleken voor de situatie met en zonder thuisbatterij, en de verwachte inkoop prijs van de batterij gebaseerd op huidige marktprijzen. Gezien de verwachte levensduur van de batterijen van ongeveer 10 tot 15 jaar, stellen we dat beide batterijen op basis van de resultaten tijdens de proefperiode rendabel kunnen worden maar onzekerheid kennen.

² CE Delft. (2023a). Kennisdocument thuisbatterijen. [thuisbatterijen-in-de-energietransitie/](https://www.cebatterijen.nl/thuisbatterijen-in-de-energietransitie/)

³ CE Delft. (2023b). Thuisbatterijen in de energietransitie. [thuisbatterijen-in-de-energietransitie/](https://www.cebatterijen.nl/thuisbatterijen-in-de-energietransitie/)

Die onzekerheid bestaat vooral in:

1. De kostprijs van de batterij die naar verwachting blijven dalen; en
2. De ontwikkeling van de marktprijzen in de toekomst.

De businesscase kan dus rendabel worden, maar er is veel onzekerheid voor de aanschaf van het product. Daarbij speelt ook dat de technische levensduur van de batterij nog onzeker is; dit wordt sterk bepaald door het aantal laadcycli. Omdat er nog maar weinig thuisbatterij lang actief zijn, is de levensduur nog niet heel zeker. Als laatste kan de invoering van een nieuw tijdsafhankelijk nettatarief van de regionale netbeheerders invloed hebben op de businesscase.

3.6 Een batterij is rendabel bij: Zelfconsumptie + day-aheadproefopstelling (in een situatie zonder salderen)

Ten eerste concluderen we een relatie tussen het verbruik en de omvang van de batterij. Enkele grotere thuisbatterijen staan in huishoudens met een relatief hoog elektriciteitsverbruik (Proefopstellingen 1, 10 en 11). Bij een groot verbruik kan de batterij vaker laden en ontladen op gunstige momenten, waardoor meer kosten worden bespaard of inkomsten gerealiseerd. In Proefopstelling 2 zien we juist het tegenovergestelde: hier staat een relatief grote batterij van 10 kWh, terwijl het elektriciteitsverbruik laag is. Daardoor zijn de investeringskosten hoog, maar zijn de mogelijkheden om deze terug te verdienen beperkt. Deze batterij is dus over gedimensioneerd voor dit huishouden.

De thuisbatterijen die in deze pilot hebben geacteerd, hebben hun algoritme ingezet op de situatie mét salderingsregeling. Als we achteraf de inkomsten bepalen zonder salderingsregeling, blijkt dat die inzet niet rendabel is en dit betekent vooral dat de inzet van de thuisbatterij anders is na afschaffing salderingsregeling. Dit toont ook aan dat de salderingsregeling een negatief effect heeft op de inkomsten van day-aheadmarkthandel.

De exacte inkomsten na salderingsregeling is echter onzekerder: het opslaan van eigen zonne-energie wordt rendabeler, de inkomsten met day-aheadmarkt nemen af. Echter verwachten we zeker wel dat deze inzet rendabeler is dan alleen eigen zonne-energie opslaan. Dit vanwege twee redenen: er kan gestuurd worden op dure en goedkope day-aheadmarkt momenten (dit zien we vooral in de winter) én btw kan teruggevraagd worden.

De terugverdientijd van de zelfconsumptieproefopstellingen was erg breed: van 6,5 tot 15 jaar en 10 tot 22 jaar voor de twee proefopstellingen (afhankelijk van energiemarkt ontwikkelingen, energiecontract, omvang batterij, hoeveelheid zon-pv productie en verbruik, en kosten batterij).

Deze terugverdiëntijd kan naar verwachting verder gereduceerd worden door laden en ontladen gebaseerd op een dynamisch elektriciteitscontract toe te voegen, maar de terugverdiëntijd is op de resultaten van deze proefopstellingen niet vast te stellen. Uit eerdere analyses bleek dat deze inzet van de thuisbatterij de meest toekomstbestendige inkomstenbron was (zie Paragraaf 1.4).

3.7 Met een dynamisch contract levert een thuisbatterij meer financieel voordeel op dan met een vast contract

Deze vraag beantwoorden we voor twee situaties, met en zonder salderingsregeling.

3.7.1 Met saldering

Met saldering zien we dat huishoudens met een dynamisch contract in de meeste proefopstellingen lagere netto elektriciteitskosten hebben dan huishoudens met een vast contract. Dit komt doordat de uurtarieven bij dynamische contracten regelmatig lager liggen dan het vaste leveringstarief, waardoor de totale kosten over het jaar uitkomen op een lager niveau. In Proefopstellingen 1, 8, 10 en 13 liggen de netto kosten tussen een dynamisch en een vast contract vrijwel gelijk.

Er zijn twee uitzonderingen: Proefopstellingen 3 en 4, waarin de thuisbatterij uitsluitend op zelfconsumptie is ingesteld. In deze gevallen blijkt een vast contract iets gunstiger dan een dynamisch contract. Dit komt doordat bij zelfconsumptie het laad- en ontladgedrag van de batterij niet wordt afgestemd op lage of hoge uurtarieven; de batterij laadt simpelweg wanneer er zonnestroom is en ontladst wanneer het huishouden verbruikt. Er wordt hier niet gericht ingespeeld op de dynamische uurtarieven, met name in de ochtend zoals we in Paragraaf 2.1.1 zien, waardoor dit op deze uren geen financieel voordeel oplevert en zelfs tot iets hogere kosten kan leiden.

3.7.2 Zonder saldering

Zonder salderen is een dynamisch contract met een thuisbatterij bij alle proefopstellingen financieel voordeliger of ongeveer gelijk aan de netto totale energiekosten bij een vast contract. Bij Proefopstellingen 2, 5, 6, 7, 8, 9, 11 en 13 zijn de netto kosten bij een dynamisch contract lager dan bij een vast contract. Bij Proefopstellingen 1, 3, 4, 10 en 12 zijn de netto energiekosten ongeveer gelijk. Er lijkt hier geen verband te zitten tussen type algoritme van de thuisbatterij. Wanneer een dynamisch contract financieel voordeliger is moeilijk te zeggen, maar hangt vermoedelijk af de samenhang van factoren zoals momenten van energieverbruik, algoritme en opslagcapaciteit thuisbatterij en huishoudelijk verbruik.

3.8 De batterij helpt bij het verlagen van de energiekosten

Deze hypothese hebben we reeds beantwoord in de beantwoording op de voorgaande hypothesen. We zien een verlaging van de energiekosten, maar dit is niet altijd voldoende om de kosten van de batterij terug te verdienen. De terugverdientijd hangt af van het algoritme van de batterij, het huishouden en haar energieverbruik, batterijprijzen en de ontwikkeling van toekomstige elektriciteitsprijzen.

3.9 De batterij stabiliseert de gemiddelde verbruiksprijs

In de beantwoording op de voorgaande hypothesen hebben we het effect van de batterij op de totale energiekosten behandeld voor verschillende typen inzet, bij verschillende contractvormen en met en zonder salderingsregeling. De conclusies verschillen per situatie, maar in de situatie zonder saldering zijn de netto energiekosten met thuisbatterij altijd lager dan zonder thuisbatterij.

De gemiddelde kosten voor elektriciteitsafname zijn opgenomen in Tabel 6. Bij de meeste proefopstellingen zien we een afname van de elektriciteitsprijs, vooral significant bij de proefopstellingen met day-aheadmarktsturing. Opvallend zijn een aantal proefopstellingen: zo is er wel een sterke daling te zien bij Proefopstelling 11 maar niet bij Proefopstelling 10, terwijl de batterij inzet dezelfde is. Dit komt overeen met de conclusie dat Proefopstelling 10 een stuk minder inkomsten genereert dan Proefopstelling 11 (zie Paragraaf 2.3.2).

Tabel 6 – Gemiddelde kosten voor elektriciteitsafname

Proefopstelling	Geen batterij	Met batterij	Inzet batterij
Proefopstelling_1	€ 0,1111	€ 0,1025	Zelfconsumptie + day-ahead
Proefopstelling_2	€ 0,0101	€ 0,0097	Zelfconsumptie + day-ahead
Proefopstelling_3	€ 0,1046	€ 0,1049	Zelfconsumptie
Proefopstelling_4	€ 0,1049	€ 0,1069	Zelfconsumptie
Proefopstelling_5	€ 0,0832	€ 0,0802	Zelfconsumptie + day-ahead
Proefopstelling_6	€ 0,0925	€ 0,0625	Day-ahead
Proefopstelling_7	€ 0,1036	€ 0,0850	Onbalans + day-ahead
Proefopstelling_8	€ 0,1064	€ 0,0871	Onbalans + day-ahead
Proefopstelling_9	€ 0,1009	€ 0,0924	Onbalans + day-ahead
Proefopstelling_10	€ 0,1418	€ 0,1414	Zelfconsumptie + day-ahead
Proefopstelling_11	€ 0,0949	€ 0,0733	Zelfconsumptie + day-ahead

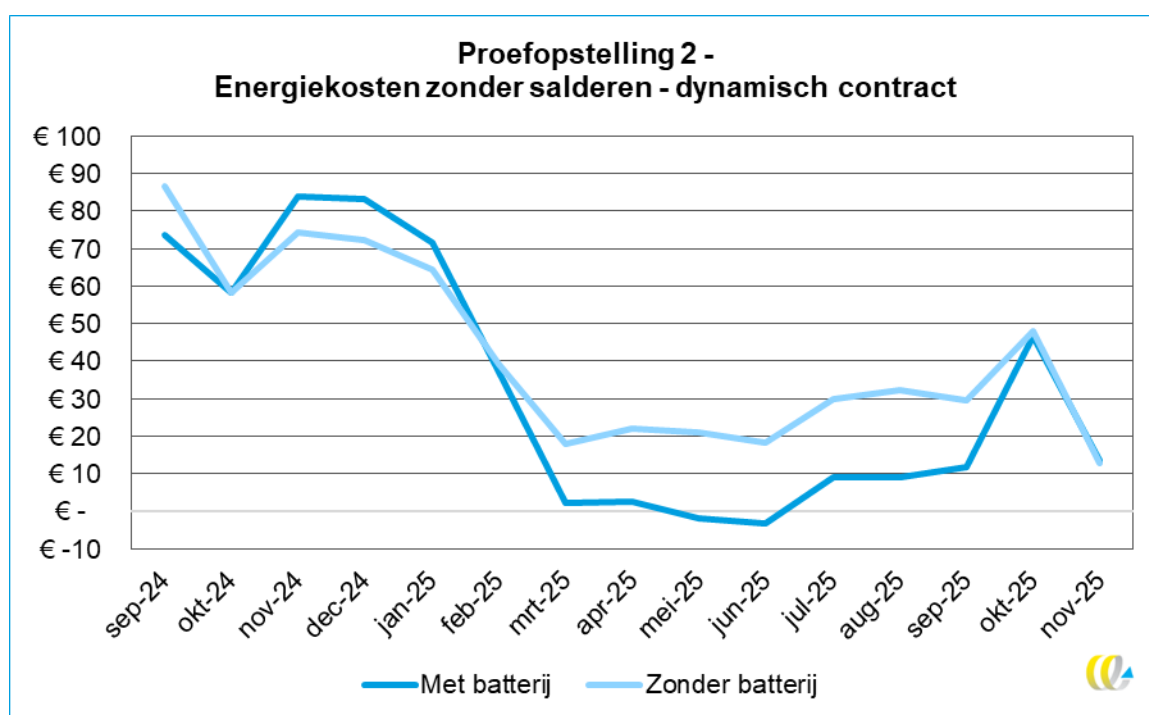
3.10 De thuisbatterij heeft ieder seizoen een positief effect op de energierekening: resultaat geaggregeerd per seizoen

Details over het laadgedrag per maand per proefopstelling zijn opgenomen in Bijlage B.

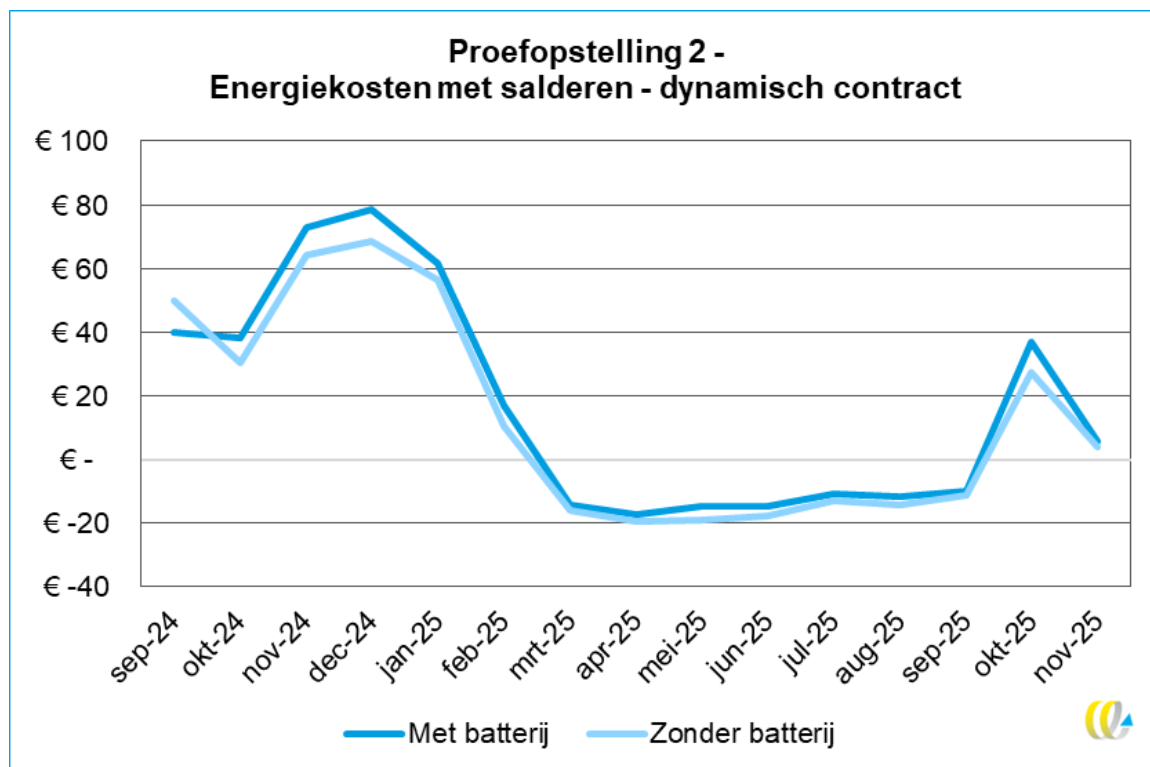
Een analyse van de seizoenen is nuttig, maar de eindafrekening vindt op jaarbasis plaats en dat is dus ook het belangrijkste analysemoment. Afwijking van individuele maanden of seizoenen is daarmee niet direct super relevant. Over het algemeen is het verbruik in de winter hoger dan in de zomer, enerzijds omdat in de zomer meer zon-pv-opwek is en anderzijds omdat in de winter de warmtevraag hoger is (als huis wordt verwarmd met een warmtepomp). Daarnaast ligt de gemiddelde dynamische prijs in de zomer lager dan in de winter, vanwege dezelfde redenen.

In de volgende figuren zijn de energiekosten per maand weergegeven voor Proefopstelling 2 (zelfconsumptie + day-ahead) in de situaties met en zonder salderen bij een dynamisch contract. Hier zien we dat de energiekosten bijna gelijk zijn met salderen (Figuur 46) en dat het verschil toeneemt zonder salderen (Figuur 45). Hier zien we ook dat de energiekosten lager zijn in de zomer met batterij, en iets hoger in de winter.

Figuur 45 – Energiekosten per maand van Proefopstelling 2 (Zelfconsumptie + day-ahead) met een dynamisch contract, zonder salderen. Positief bedrag betekent energiekosten, een negatief bedrag baten van de verkoop van elektriciteit.

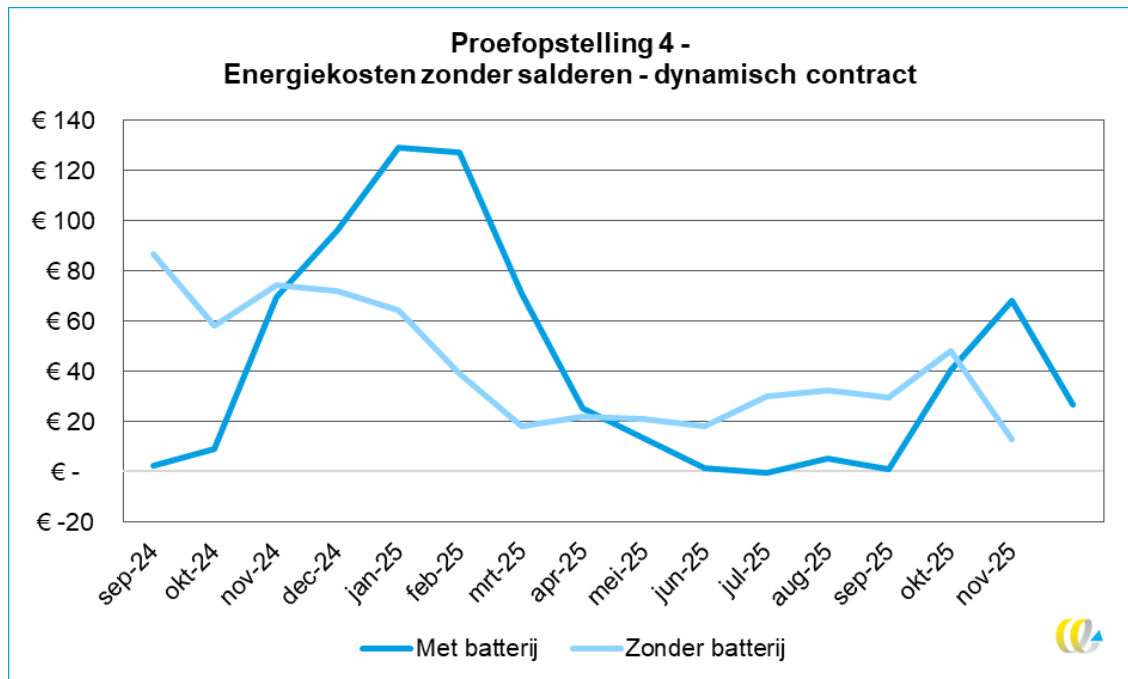


Figuur 46 – Energiekosten per maand van Proefopstelling 2 (Zelfconsumptie + day-ahead) met een dynamisch contract, met salderen. Positief bedrag betekent energiekosten, een negatief bedrag baten van de verkoop van elektriciteit.

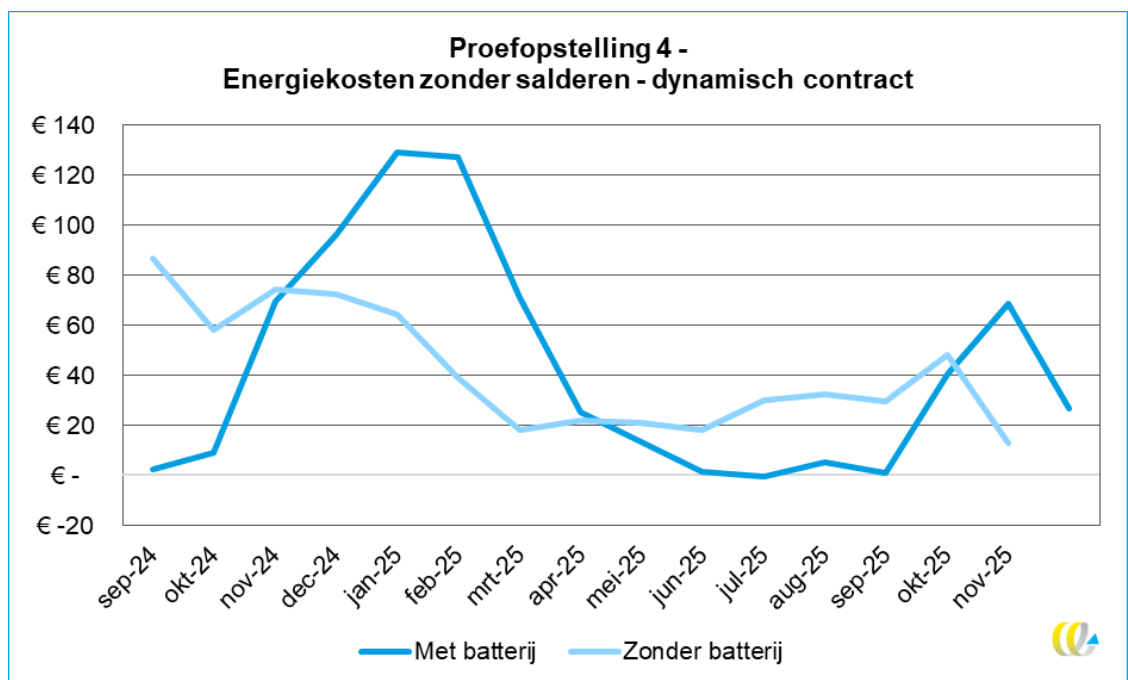


Voor Proefopstelling 4 (zelfconsumptie) zijn in Figuur 47 (zonder salderen) en Figuur 48 (met salderen) de energiekosten per maand weergegeven. Hier zien we ook meer kosten in de wintermaanden en lagere kosten in de zomer, met en zonder batterij. De batterij versterkt dit verschil, waardoor de kosten in de winter nog hoger liggen en in de zomer iets lager. In de maanden september en oktober zien we fors lagere kosten met de thuisbatterij ten opzichte van zonder thuisbatterij.

Figuur 47 – Energiekosten per maand van Proefopstelling 4 (zelfconsumptie) met een dynamisch contract, zonder salderen. Positief bedrag betekent energiekosten, een negatief bedrag baten van de verkoop van elektriciteit.



Figuur 48 – Energiekosten per maand van Proefopstelling 4 (zelfconsumptie) met een dynamisch contract, met salderen. Positief bedrag betekent energiekosten, een negatief bedrag baten van de verkoop van elektriciteit.



3.11 Een batterij zorgt voor verlaging van terugleverkosten

In de praktijk zijn er twee varianten waarop energieleveranciers terugleverkosten in rekening brengen:

1. Per teruggeleverde kWh.
2. Vast bedrag per schaal.

De methode van verrekening en hoogte van terugleverkosten variëren per energieleverancier. De omgerekende kosten per kWh liggen grofweg tussen de € 0,02 en € 0,18 per kWh ([ANWB](#)). Voor onze berekeningen gaan we uit van € 0,03 per kWh omdat we dit zien bij veel van de klanten in deze pilot.

De terugleverkosten hangen dus af van de teruggeleverde energie aan het net. Bij vier van de dertien proefopstellingen zijn de terugleverkosten lager met thuisbatterij dan zonder thuisbatterij. Dit zijn Proefopstellingen 1 tot en met 4, zelfconsumptie en zelfconsumptie + day-aheadbatterijen. Hier zijn de kosten 25 tot 50% lager door de thuisbatterij.

Bij de andere proefopstellingen zijn de terugleverkosten met thuisbatterij juist hoger dan zonder thuisbatterij. Er zijn hier twee effecten die invloed hebben op de terugleverkosten:

1. Het opslaan van zonne-energie.
2. Het energiehandelen met de thuisbatterij.

In deze gevallen verhoogt de thuisbatterij door energiehandel het netgebruik voor teruglevering, waardoor ook de terugleverkosten hoger worden. Eerder zagen we dat de zelfconsumptie door de thuisbatterij wel toeneemt, maar gecombineerd met energiehandel leidt dat in veel gevallen toch tot een verhoging van de totale terugleverkosten. Echter zijn er ook inkomsten door energiehandel, dus daarom is het nettoresultaat het meest complete beeld om het effect van thuisbatterijen op de energierekening te bepalen. Terugleverkosten zijn slechts circa 4-15% van de totale kosten afhankelijk van de specifieke proefopstelling; de rest van de kosten zijn

3.12 Een batterij verhoogt het eigen verbruik eigen opwek van x naar x

Voor de zelfconsumptieproefopstellingen concluderen we dat de thuisbatterij het eigen verbruik significant kan verhogen. Voor een gemiddeld huishouden is Proefopstelling 4 representatief met een stijging van eigen verbruik van 35 naar 68%; een 5 kWh-systeem is daarvoor al voldoende. Proefopstelling 3 is een speciaal huishouden met een zeer hoog energieverbruik. Er is daarnaast enorm veel mismatch met de zonne-energie; slechts 6% wordt direct gebruikt. Met de thuisbatterij neemt dit toe tot 33%, nog steeds een relatief klein gedeelte van wege de enorme hoeveelheid zonnepanelen.

Tabel 7 – Verhogen eigen verbruik voor proefopstellingen met inzet op zelfconsumptie

	Proefopstelling 3 (10 kWh)	Proefopstelling 4 (5 kWh)
Zon-pv-productie	12.003 kWh	4.001 kWh
Totale elektriciteitsafname van net	10.961 kWh	3.569 kWh
Eigen verbruik: zonder batterij	749 kWh (6%)	1.306 (35%)
Eigen verbruik: met batterij	4.003 kWh (33%)	2.705 (68%)

Voor de proefopstellingen met zelfconsumptie plus inzet op de day-aheadmarkt zien we ongeveer hetzelfde effect. Dit komt doordat de thuisbatterij in de zomermaanden ook vooral zonne-energie opslaat. Opvallend is wel dat hoeveel extra eigen verbruik mogelijk wordt sterk verschilt per huishouden; vanwege de hoeveelheid zonnepanelen, de elektriciteitsvraag en de omvang van de batterij. Zo heeft Huishouden 5 heel weinig zonnepanelen en relatief veel vraag, waardoor een kleine batterij er al voor kan zorgen dat alle zonne-energie zelf verbruikt kan worden.

Tabel 8 – Overzicht eigen verbruik voor proefopstellingen met algoritme zelfconsumptie en day-ahead

Invoeding in net	Proefopstelling 1 (10 kWh)	Proefopstelling 2 (10 kWh)	Proefopstelling 5 (3,5 kWh)
Zon-pv-productie	9.179 kWh	6.258 kWh	745 kWh
Eigen verbruik zonder batterij	3.636 kWh (40%)	1.641 kWh (26%)	364 kWh (49%)
Eigen verbruik met batterij	5.106 kWh (56%)	3.776 kWh (60%)	745 kWh (~100%)

3.13 Onbalans/handelen vs. negeren opwek zonnepanelen

We zagen over de afgelopen jaren dat het inzetten op onbalans significant rendabeler is dan het opslaan van eigen zonne-energie. Dat betekent dat voor die configuratie het opslaan van eigen zonne-energie dus genegeerd zal worden. De inzet op onbalans is dus niet voor mensen die prioriteit willen geven aan het verhogen van het gebruik van de eigen opwek.

Voor de proefopstelling met handel op de day-aheadmarkt zien we wel dat zonne-energie ook wordt opgeslagen. Deze proefopstellingen leveren ook aan het elektriciteitsnet bij hoge prijzen; dit omvat dan zowel opgeslagen zonne-energie als energie die op andere momenten extra van het net afgenomen is. Zeker met afschaffen van salderingsregeling, zal het voor de configuratie zelfconsumptie + day-ahead aantrekkelijker worden om eigen zonne-energie op te slaan.

3.14 Handel op day-ahead is een duurzaam verdienmodel

De day-aheadmarkt is groot in omvang; oftewel de fluctuaties in vermogen tussen momenten met veel en weinig vraag. De verdere groei van zon en wind betekent dat er blijvend momenten zullen zijn met lage prijzen, ten opzichte van hoge prijzen in de avond- en ochtendpiek. Het kan in de toekomst wel voorkomen dat er bijvoorbeeld twee dagen achter elkaar lage prijzen zijn, vanwege veel wind. Over het algemeen zal day-ahead-markthandel duurzame inkomsten kennen. De exacte inkomsten zijn echter afhankelijk van de overheid (bijvoorbeeld voor beleid over verduurzaming), ontwikkeling van vraag en aanbod en ontwikkeling van andere flexibele bronnen.

Het afschaffen van de salderingsregeling maakt zoals gezegd energiehandel wel minder aantrekkelijk. Ook een eventuele invoering van een nettatarief per kWh maakt energiehandel minder aantrekkelijk. Er moet dan bij het laden extra betaald worden aan de netbeheerder, oftewel de baten zijn dan minder groot als er later de stroom verkocht wordt. Voor het eigen gebruik van die stroom is er niet een negatief effect op de businesscase te verwachten.

3.15 Onbalans is een duurzaam verdienmodel

In de marktprijzen is nu al zichtbaar dat de onbalans sterk onder druk staat; dit komt doordat er steeds meer technieken op actief zijn (voornamelijk grootschalige batterijen) en doordat TenneT de onbalans steeds beter regelt, onder andere door nieuwe systemen. Hierdoor nemen de baten voor onbalans sterk af, en is de verwachting dat dit verder afneemt. Waar balanceringsmarkten (onbalans, maar ook andere markten) nu ongeveer 90% van de inkomsten van batterijen zijn is de verwachting dat dit in 2030 nog maar 10-20% is. Dit betekent dat dus de meest rendabele route, minder rendabel wordt.

3.16 Batterijen kunnen helpen bij het oplossen van netcongestie

Batterijen zijn theoretisch in staat om congestie op te lossen; door energie te leveren of af te nemen op momenten dat er pieken zijn op het net. Batterijen dragen impliciet bij aan het oplossen van congestie in 95% van de gevallen, zowel bij optimalisatie van eigen verbruik als handel op de day-aheadmarkt. Echter is er zo'n 5% van het jaar een risico dat batterijen congestie erger maken blijkt uit een traject van onder andere EnergyStorageNL en netbeheerders. Echter concluderen we ook dat er fysieke overbelasting ontstaat relatief beperkt is, al kan het niet uitgesloten worden.

De inzet op zelfconsumptie zal vaak een positief effect hebben door sturing op het eigen verbruik. De day-aheadmarkt zal dit effect dus vaak hebben, maar kan ook tot knelpunten leiden als bijvoorbeeld alle thuisbatterijen gelijktijdig acteren. Echter zal dat effect naar verwachting de komende jaren niet ontstaan.

Op dit moment is de netbeheerder niet in staat om thuisbatterijen aan te sturen om congestie actief op te lossen; bijvoorbeeld gebaseerd op een prikkel van de thuisbatterij. Op dit moment is er te weinig inzicht in de (toekomstige) netbelasting en zijn er nog geen organisatorische en contractuele afspraken ontwikkeld. Er wordt in het Landelijk Actieplan Netcongestie wel gewerkt aan dit type oplossingen, maar de implementatie kan nog wel enkele jaren op zich laten wachten.

3.17 Een kleine batterij is voldoende voor het einde van saldering

Uit onze analyses blijkt dat een thuisbatterij niet het afschaffen van de salderingsregeling kan opvangen: het terugverdienen van de batterij is onzeker, we zien gebaseerd op de gemeten waarden wel dat ook met thuisbatterij de energierekening omhoog gaat. Dit geldt zowel voor grotere als kleinere thuisbatterijen.

We zien echter ook dat de meest rendabele businesscase na salderen bestaat uit zelf-consumptie en (een kleiner gedeelte) day-aheadmarkthandel. Dat betekent dat het van belang is dat de batterij in lijn is met de overschotten van de eigen zonne-energie; oftewel datgene wat niet direct gebruikt kan worden. De thuisbatterij dient dan gedimensioneerd te worden dat de thuisbatterij gevuld kan worden op de meeste zonnige dagen, en dus niet op de maximale productie op enkele zeer zonnige dagen. Die extra capaciteit voor de paar zonnige dagen zal namelijk niet terugverdient worden.

A Uitgangspunten variabele elektriciteitskosten

Alle consumenten hebben specifieke energiecontracten. Om vergelijkbaarheid te creëren tussen de resultaten en algemene conclusies te kunnen trekken, gebruiken we onderstaande aannames voor alle proefopstellingen.

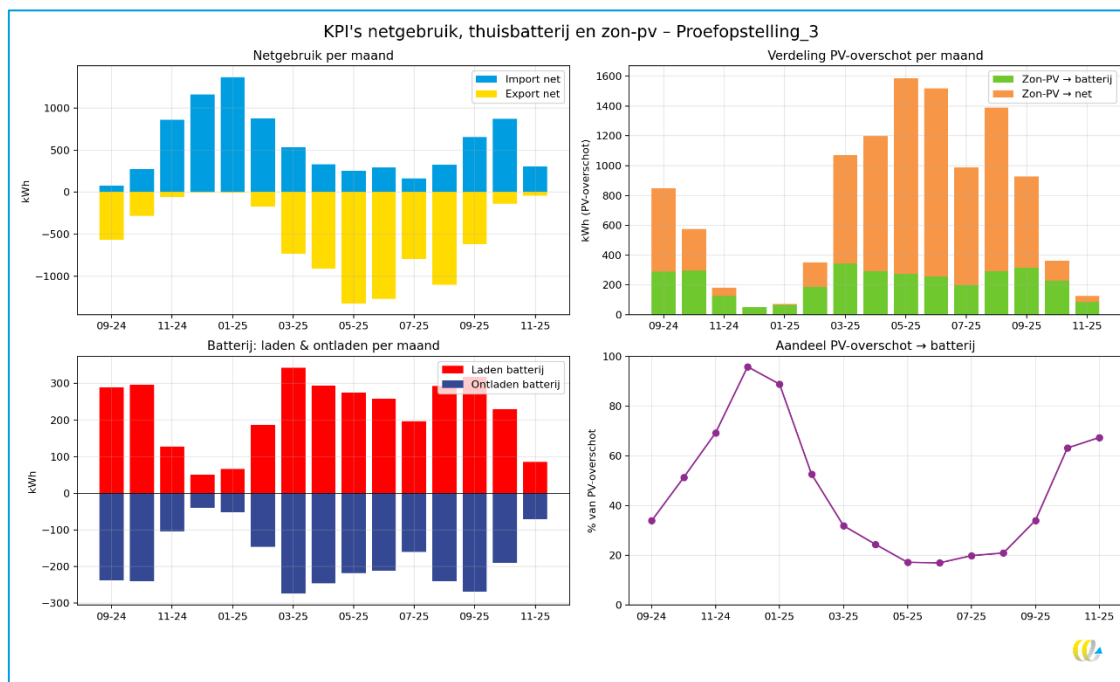
Tabel 9 – Uitgangspunten elektriciteitskosten

Variabele	Waarde	Eenheid	Bron of aanname
Vast leveringstarief excl. btw (voor vaste contracten)	0,1514	€/kWh	CBS
Terugleververgoeding excl. btw (vast contract)	0,076	€/kWh	RVO , geven aan dat het minimaal 50% van het vaste leveringstarief moet zijn tot 2030
Terugleverkosten excl. btw (vast contract)	0,076	€/kWh	Gelijk gesteld aan terugleververgoeding
Energiebelasting excl. btw	0,10154	€/kWh	CBS
Btw	21%	%	-
Inkoopvergoeding excl. btw bij dynamisch contract	0,03	€/kWh	CE Delft
Inkoopvergoeding excl. btw bij vast contract	0,09	€/kWh	CE Delft

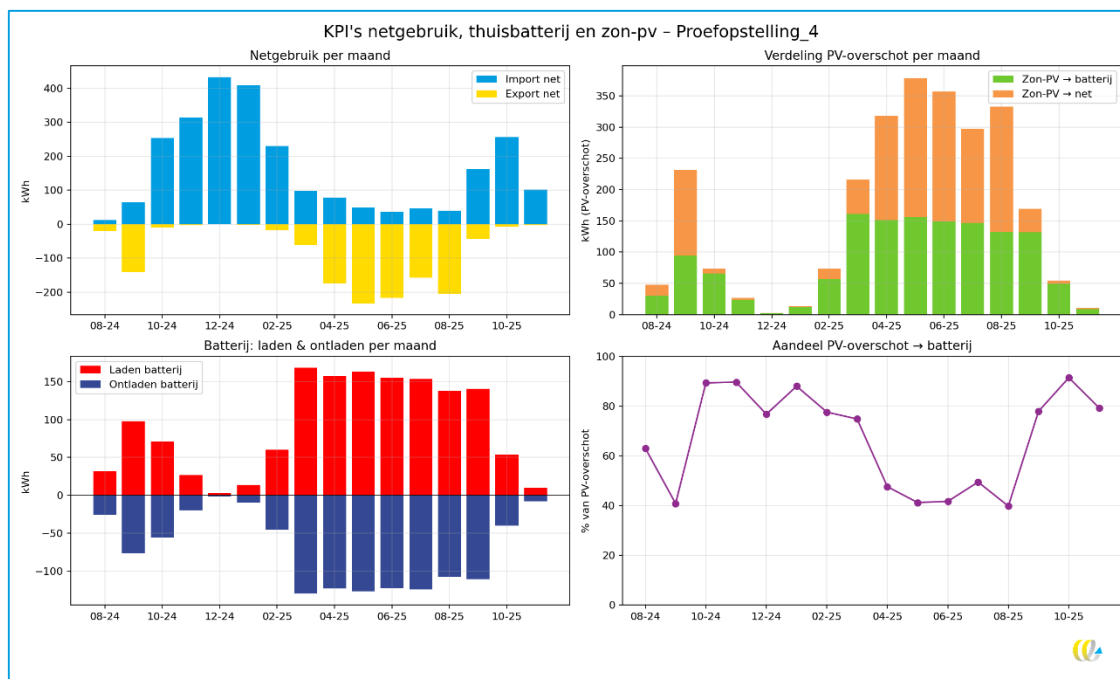
B Netgebruik en inzet thuisbatterij per maand

Dit hoofdstuk omvat een samenvatting van alle resultaten per proefopstelling, in lijn met resultaten in Hoofdstuk 2.

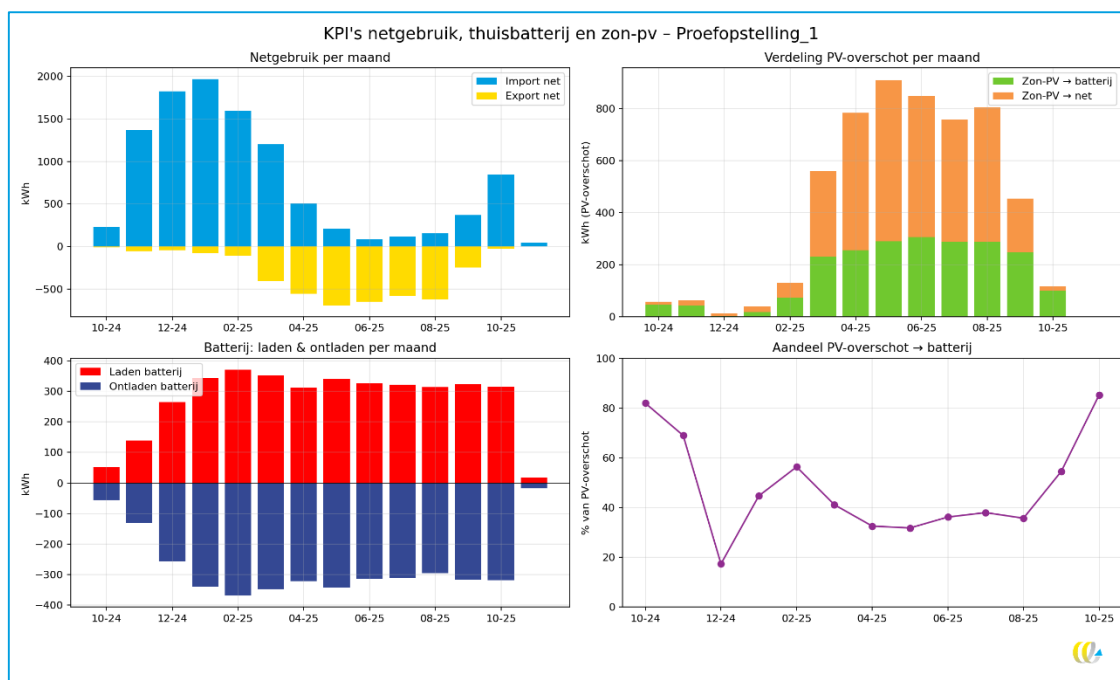
Figuur 49 – Zelfconsumptie algoritme Proefopstelling 3



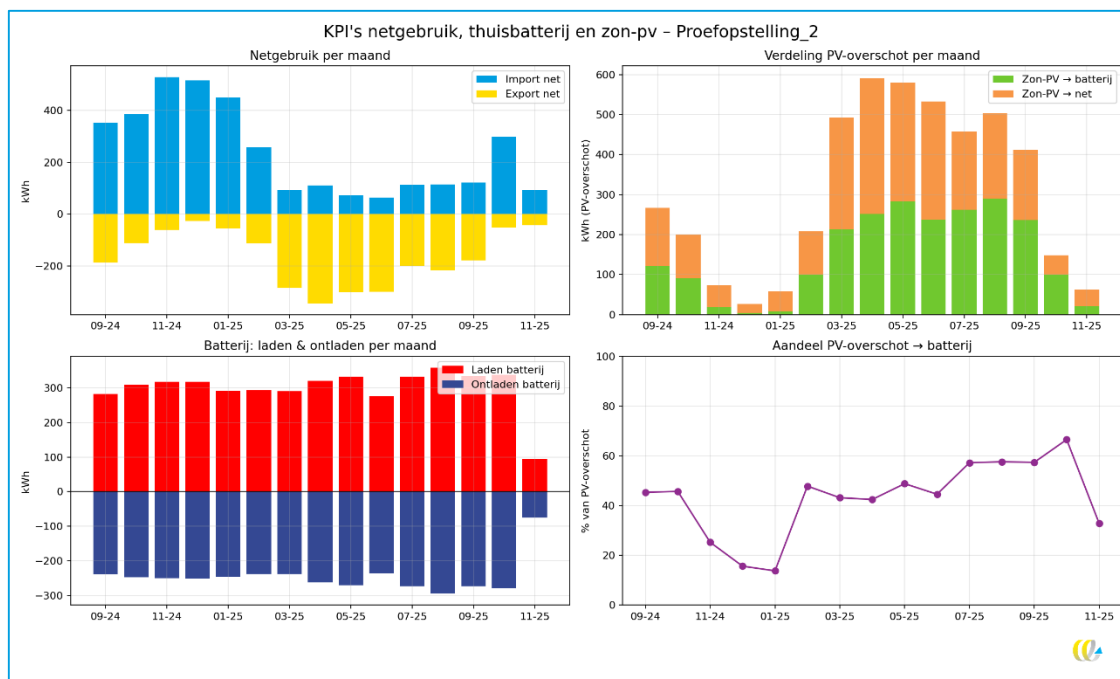
Figuur 50 – Zelfconsumptie algoritme Proefopstelling 4



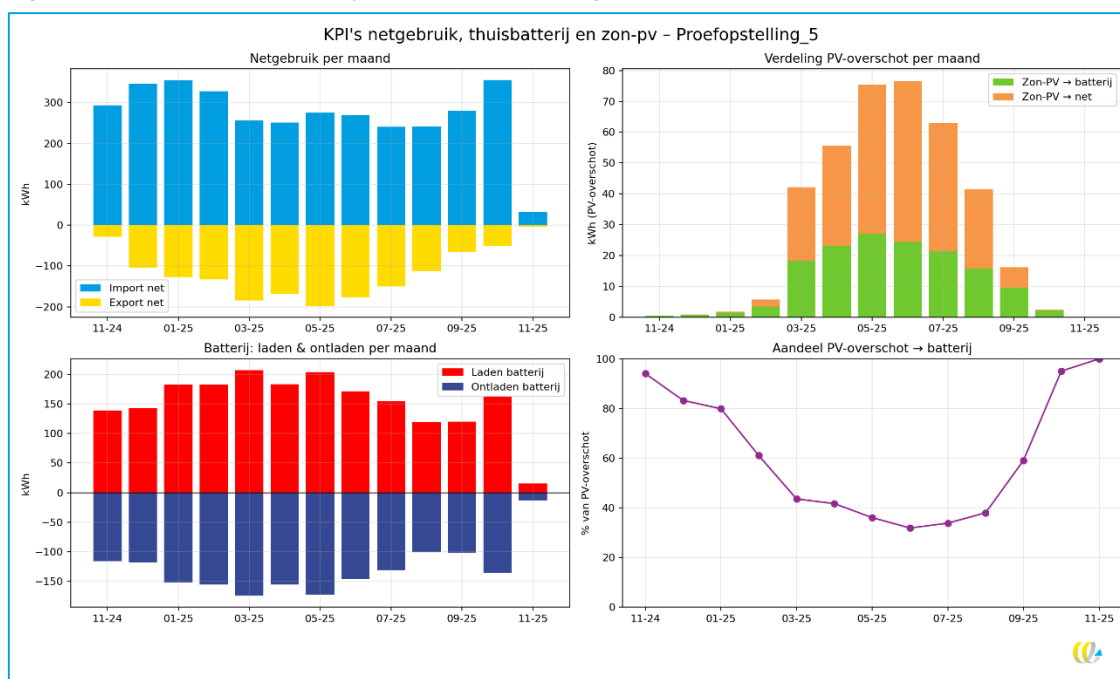
Figuur 51 – Zelfconsumptie + day-ahead Proefopstelling 1



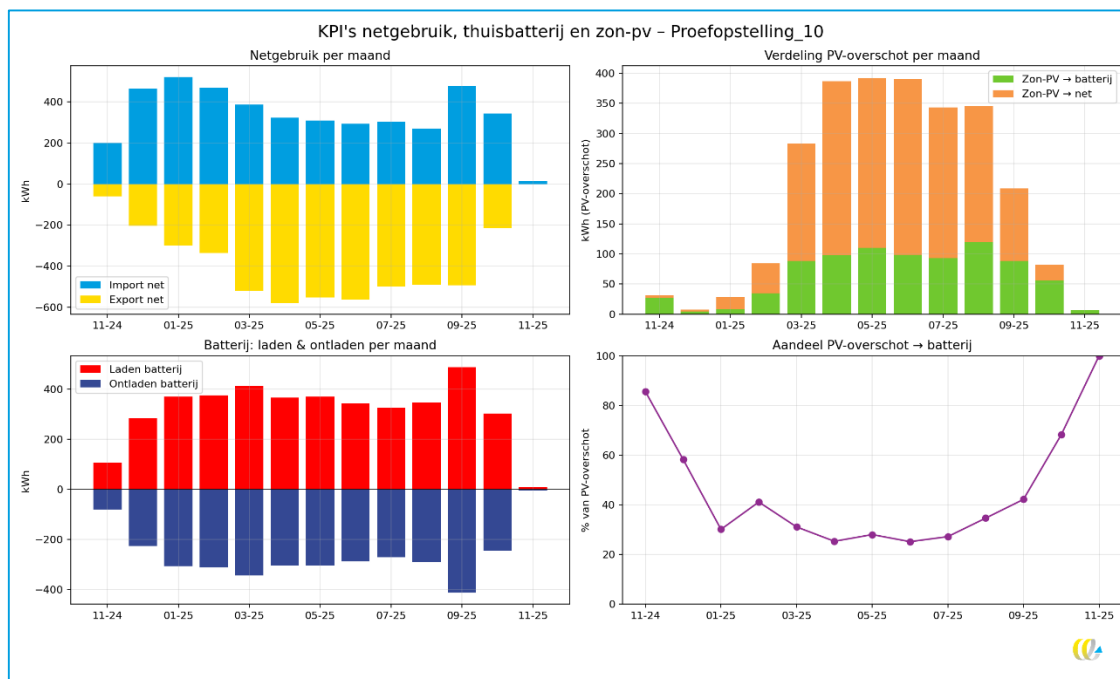
Figuur 52 – Zelfconsumptie + day-ahead Proefopstelling 2



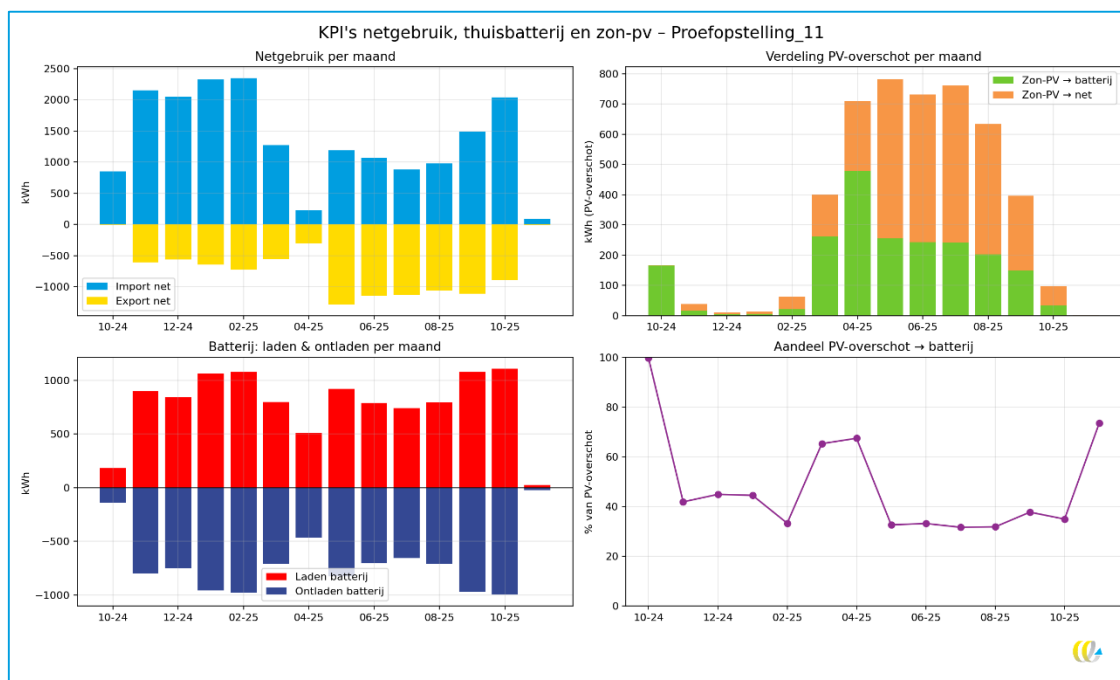
Figuur 53 – Zelfconsumptie + day-ahead Proefopstelling 5



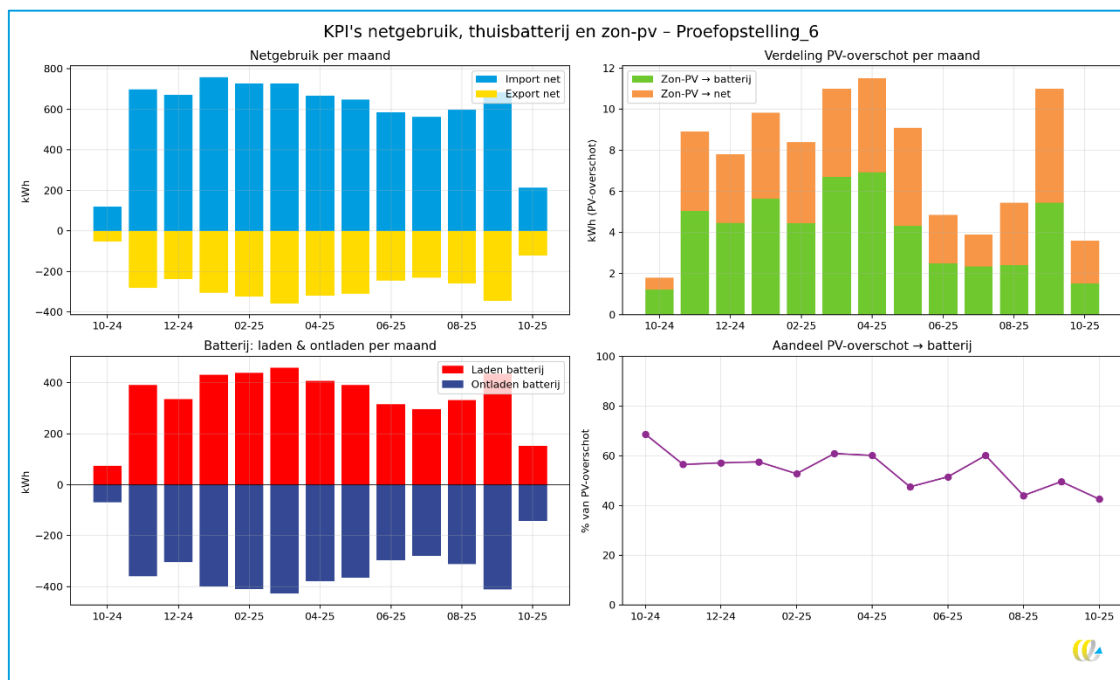
Figuur 54 – Zelfconsumptie + day-ahead Proefopstelling 10



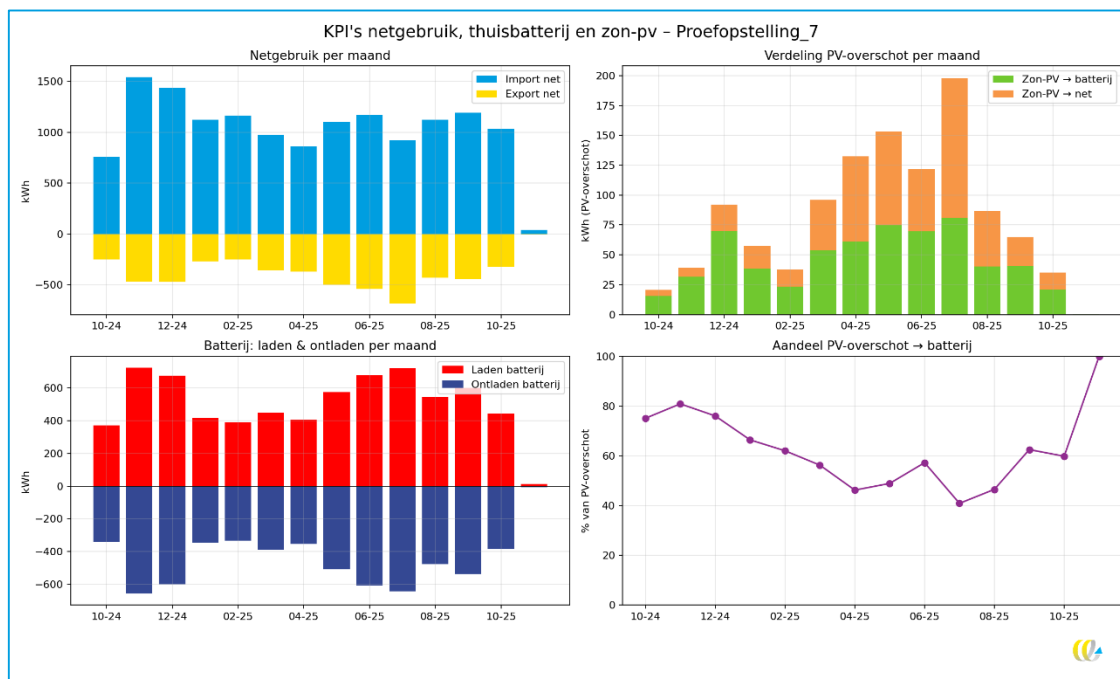
Figuur 55 – Zelfconsumptie + day-ahead Proefopstelling 11



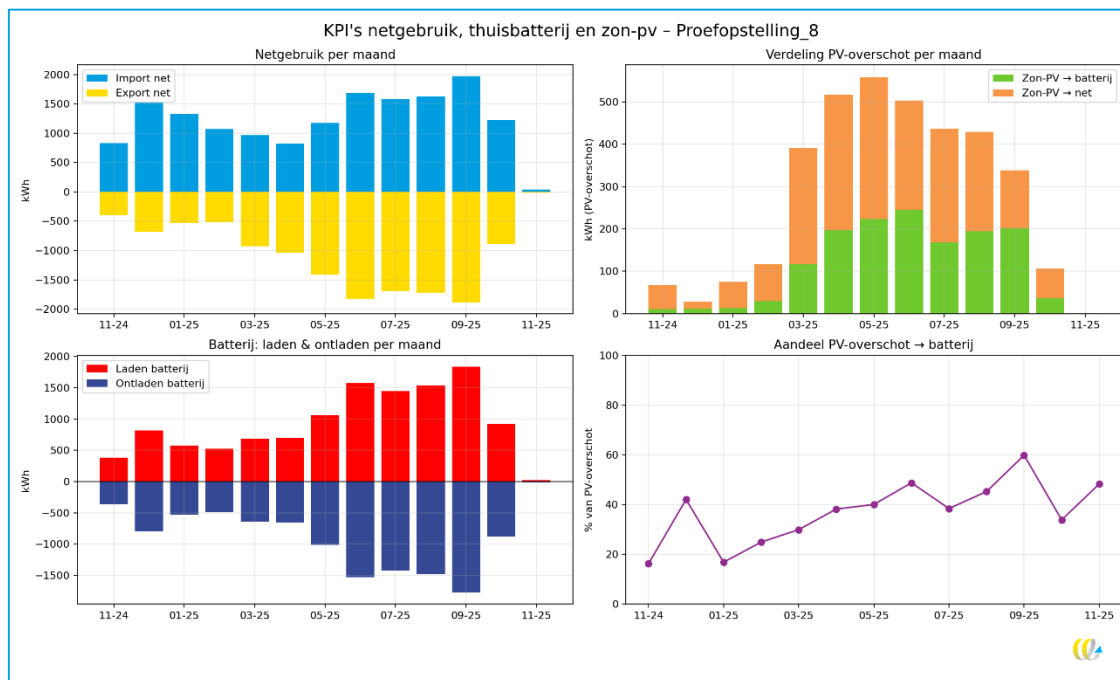
Figuur 56 – Day-ahead Proefopstelling 6



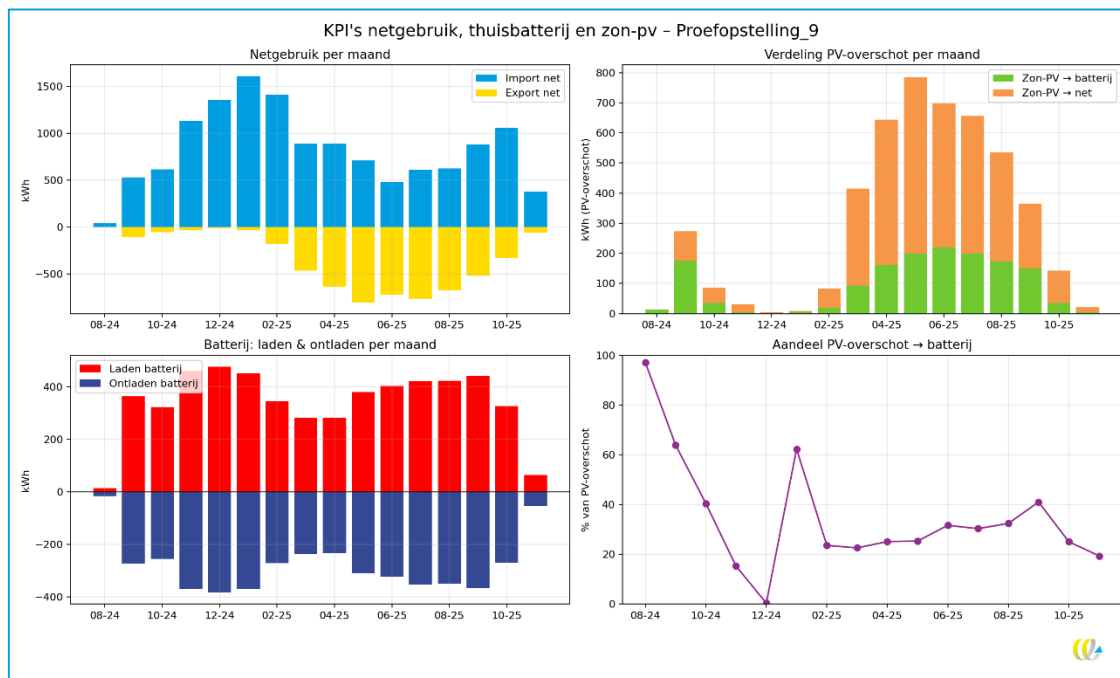
Figuur 57 – Day-ahead + onbalans Proefopstelling 7



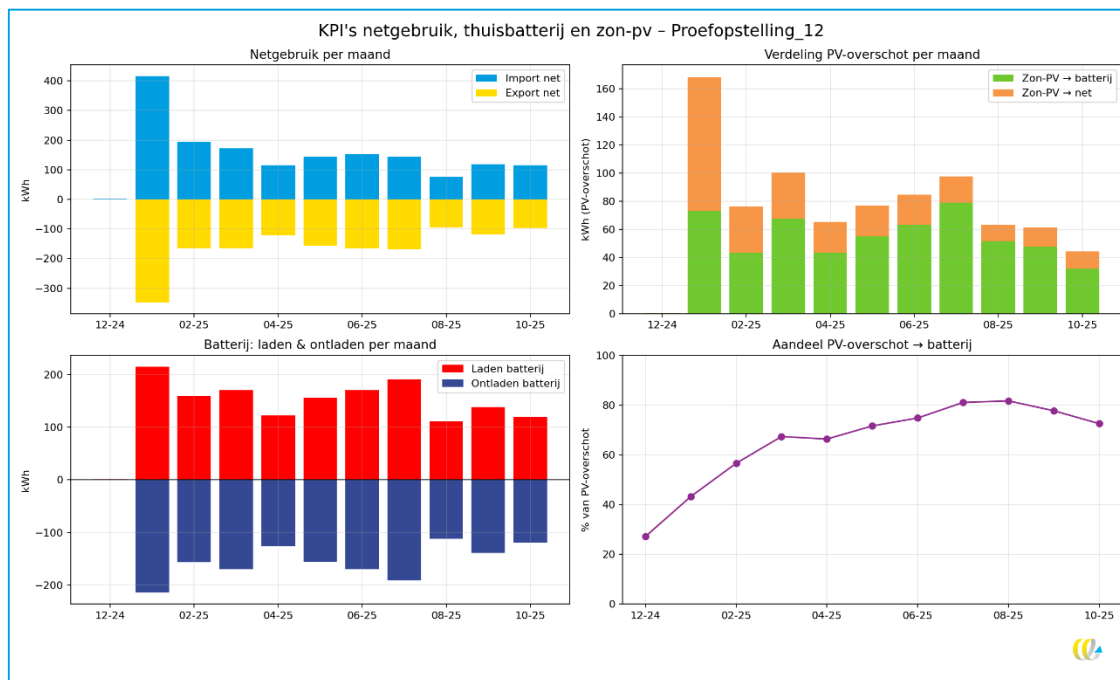
Figuur 58 – Day-ahead + onbalans Proefopstelling 8



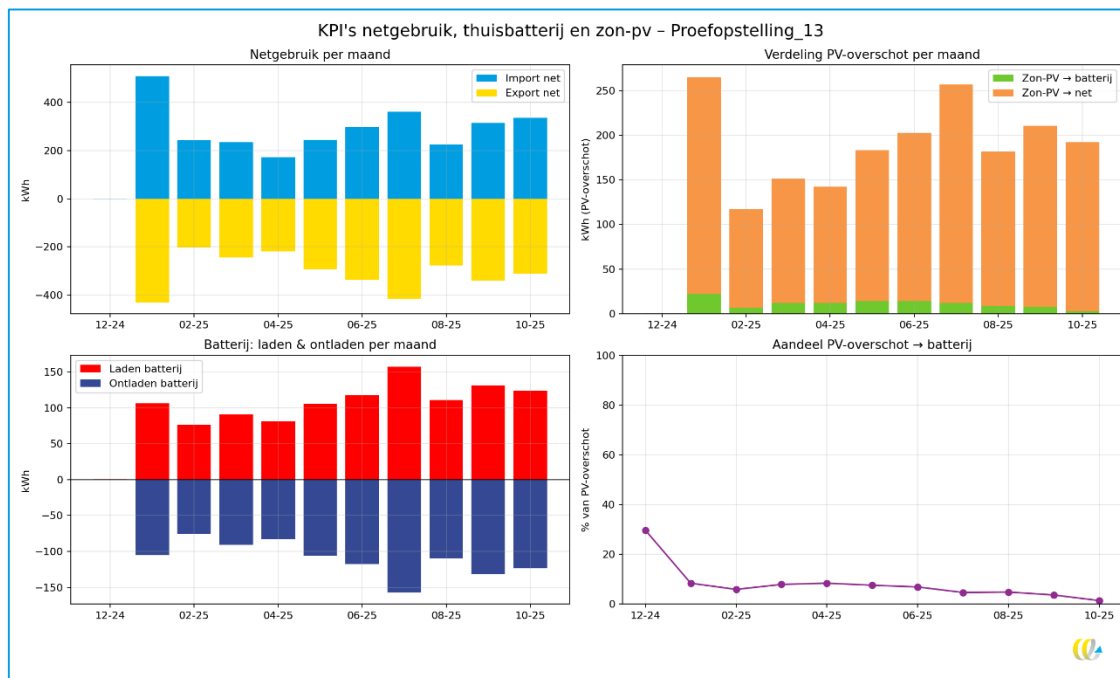
Figuur 59 – Day-ahead + onbalans Proefopstelling 9



Figuur 60 – Day-ahead + onbalans Proefopstelling 12



Figuur 61 – Day-ahead + onbalans Proefopstelling 13



C Samenvatting netgebruik

De samenvatting van de resultaten van Bijlage B per proefopstelling zijn opgenomen in de volgende tabellen.

Tabel 10 – Samenvattende tabel netgebruik en zon-pv voor zelfconsumptie batterijen huishoudens

Zelfconsumptie thuisbatterijen	Proefopstelling 3	Proefopstelling 4	Eenheid
zon-pv-productie (kWh)	12.003	4.001	kWh
Afname net: met batterij	8.320	2.581	kWh
Afname net: zonder batterij	10.961	3.569	kWh
Invoeding net: met batterij	8.000	1.296	kWh
Invoeding net: zonder batterij	11.254	2.602	kWh
Netto netuitwisseling met batterij	320	1.285	kWh
Netto netuitwisseling zonder batterij	-293	967	kWh

Tabel 11 – Samenvattende tabel netgebruik en zon-pv voor zelfconsumptie + day-ahead batterijen huishoudens

Zelfconsumptie + day-ahead	Proef-opstelling 1	Proef-opstelling 2	Proef-opstelling 5	Proef-opstelling 10	Proef-opstelling 11	Eenheid
zon-pv-productie (kWh)	9.179	6.258	745	3.106	9.179	kWh
Afname net: met batterij	10.514	3.569	3.523	4.385	18.963	kWh
Afname net: zonder batterij	11.929	4.886	2.089	1.442	12.591	kWh
Invoeding net: met batterij	4.073	2.482	1.503	4.817	10.028	kWh
Invoeding net: zonder batterij	5.543	4.617	381	2.592	4.808	kWh
Netto netuitwisseling met batterij	6.441	1.087	2.021	-432	8.935	kWh
Netto netuitwisseling zonder batterij	6.386	269	1.708	-1.149	7.783	kWh

Tabel 12 – Samenvattende tabel netgebruik en zon-pv voor day-ahead batterij huishouden

Day-ahead	Proefopstelling 6	Eenheid
zon-pv-productie (kWh)	-	kWh
Afname net: met batterij	7.661	kWh
Afname net: zonder batterij	4.055	kWh
Invoeding net: met batterij	3.392	kWh
Invoeding net: zonder batterij	97	kWh
Netto netuitwisseling met batterij	4.269	kWh
Netto netuitwisseling zonder batterij	3.958	kWh

Tabel 13 – Samenvattende tabel netgebruik en zon-pv voor onbalans + day-ahead batterij huishoudens

Onbalans + day-ahead	Proef-opstelling 7	Proef-opstelling 8	Proef-opstelling 9	Proef-opstelling 12	Proef-opstelling 13	Eenheid
zon-pv-productie (kWh)	2.569	5.385	7.165	3.827	1.129	kWh
Afname net: met batterij	14.444	15.854	13.211	1.654	2.940	kWh
Afname net: zonder batterij	9.410	5.388	11.556	892	1.765	kWh
Invoeding net: met batterij	5.349	13.550	5.400	1.598	3.078	kWh
Invoeding net: zonder batterij	1.137	3.569	4.766	839	1.903	kWh
Netto netuitwisseling met batterij	9.095	2.304	7.811	56	-138	kWh
Netto netuitwisseling zonder batterij	8.273	1.818	6.790	54	-138	kWh