

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

TNO-rapport

TNO 2023 M10529

Het anders aansturen van hybride
warmtepompen en thuisbatterijen heeft
mogelijk de potentie om netcongestie te
verminderen

Datum	15 maart 2023
Auteur(s)	Roban van Herk Richard Westerga Bob Ran
Projectnummer	060.52778

Inhoudsopgave

1	De aandacht voor hybride warmtepompen en thuisbatterijen neemt sterk toe	3
1.1	Hybride warmtepompen	3
1.2	Thuisbatterijen	3
1.3	Doel van dit onderzoek.....	4
2	Alternatieve aansturing van de hybride warmtepomp en thuisbatterij is mogelijk en kan netcongestie verminderen.....	5
	1. Alternatieve aansturingen van de hybride warmtepomp en thuisbatterij zijn mogelijk en zijn nu implementeerbaar	5
	2. De bandbreedte aansturing bij hybride warmtepompen verspreidt de elektriciteitsvraag, terwijl comfort, kosten en CO ₂ -uitstoot nagenoeg niet veranderen	6
	3. De batterij aansturingstechniek zorgt voor minder hoge terugleverpieken van de PV zonder veel verandering in eigen gebruik van PV.....	8
	4. Grotere batterijen hebben weinig effect op de terugleverpieken van PV.....	10
3	Onderzoeksmethode	12
4	Discussie	14
	Contact	15

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

1 De aandacht voor hybride warmtepompen en thuisbatterijen neemt sterk toe

1.1 Hybride warmtepompen

De verwachting is dat het aantal hybride warmtepompen bij huishoudens in Nederland zal groeien. Vanaf 2026 komen er hogere minimum eisen aan efficiëntie bij vervanging van de bestaande ketel¹. Als resultaat wordt verwacht dat de hybride warmtepomp, een combinatie van warmtepomp met een gasgestookte ketel, de nieuwe standaard wordt bij vervanging van de oude cv-installatie. Volledige aardgasverwarming via cv- of hr-ketel verdwijnt daarmee op termijn.

Hybride warmtepompen vergroten de elektriciteitsvraag van het huis en kunnen mogelijk voor netcongestie zorgen. De warmtepomp zal namelijk in veel gevallen ook aanslaan op het traditionele piekmoment van de elektriciteitsvraag van het huis, tussen 18:00 en 21:00. Dat is immers het moment dat bewoners thuiskomen van het werk en meer elektriciteit gebruiken. Wanneer de hybride warmtepomp dan ook aangaat zorgt het vaak voor een toename van de elektriciteitsvraag. Wanneer veel huishoudens in de wijk een hybride warmtepomp hebben, kan dat netcongestie in de buurt opleveren. Hybride warmtepompen hebben, doordat ze zowel gas als elektriciteit kunnen gebruiken, de mogelijkheid om minder of later elektriciteit te vragen en zijn daarmee een bron van flexibiliteit. Het inzetten van die flexibiliteit vereist een actieve, alternatieve aansturing van de warmtepomp.

Wat is een alternatieve aansturing?

Normaal gaat de hybride warmtepomp aan als er een warmtevraag is, zonder rekening te houden met wat er verder in het huis aan elektrische apparaten aanstaat. Wanneer de warmtevraag hoger is dan de warmtepomp kan leveren springt de gasketel bij. Bij de alternatieve aansturing, gehanteerd bij de beschreven analyses, schakelt de warmtepomp uit wanneer de totale elektriciteitsvraag van het huishouden te groot zou worden.

1.2 Thuisbatterijen

Thuisbatterijen (m.a.w. batterijen aangesloten achter de meter in huis) zijn in Nederland nog niet zo gangbaar. Er is nog geen goede reden voor aanschaf. Er is weinig financieel voordeel en weinig toegevoegde waarde voor een gebruiker/bewoner. Het lage financieel voordeel resulteert in een lange terugverdientijd die de levensduur van de batterij zelfs kan overstijgen.

Daar komt mogelijk verandering in. De salderingsregeling zal waarschijnlijk worden afgebouwd. Daarnaast wordt er gesproken over een andere tarifiering van netaansluitingen (e.g. het bandbreedte model). Dan kan de thuisbatterij interessant zijn, omdat het kan zorgen voor meer eigen verbruik van de lokale opwek van de zonnepanelen (PV) en een lagere belasting op de aansluiting.

¹ Kamerbrief Normering hybride warmtepompen dd 17 mei 2022

Met een thuisbatterij kan een verdubbeling van dat eigen gebruik van zonne-energie gehaald worden, van naar schatting de huidige 30 naar 60 procent². Er wordt dus minder energie teruggeleverd aan het net.

Wat is het bandbreedte model / -tarief?

Bij de netbeheerders wordt gesproken over een ander tariefmodel waarbij het maximale vermogen (de vraag- of bij PV terugleverpieken) de netbeheerkosten bepalen. De meeste huishoudens hebben een aansluiting waarbij zij ongeveer 15 kW aan vermogen kunnen opnemen van het net. Veel van deze huishoudens halen dit vermogen nooit. Een bandbreedtetarief zorgt voor een verschillende tarifiering per maximaal vermogen. Er wordt gedacht aan een standaard maximaal vermogen van 5 kW. Als een huishouden meer nodig denkt te hebben, kan dat voor een hoger tarief. Wanneer een standaard bandbreedte van 5 kW is afgesproken, en er toch meer wordt gebruikt, worden er kosten per kWh in rekening gebracht. Het bandbreedte model is bij de analyses als uitgangspunt gehanteerd wat betreft de alternatieve aansturing van hybride warmtepompen.

Thuisbatterijen kunnen op verschillende manieren worden ingezet en vaak zijn ze standaard zo ingesteld dat ze geen rekening houden met de terugleverpieken van zonnepanelen. Deze instellingen zorgen ervoor dat de batterij oplaadt wanneer de vraag naar elektriciteit in huis lager is dan de opwek van de zonnepanelen, en ontladt wanneer de vraag hoger is. Door de thuisbatterijen anders in te stellen kan voorkomen worden dat de batterij al vol is voordat de middagpiek van de zonnepanelen komt. Dat is meestal ergens in de voormiddag. De volle batterij kan deze pieken niet meer absorberen waardoor de terugleverpieken blijven bestaan. Deze pieken kunnen mogelijk zorgen voor netcongestie.

1.3 Doel van dit onderzoek

Hoe kun je met een simpele en haalbare alternatieve aansturing bij hybride warmtepompen en thuisbatterijen stroompieken reduceren? Dat is de centrale vraag van dit onderzoek. Deze analyses zijn uitgevoerd in 2022 en hadden een verkennend karakter. Deze studie is een eerste verkenning naar de effecten van alternatieve aansturing, waarbij belangrijke vervolgvragen zijn geformuleerd in deze notitie.

Voor de analyses zijn modelsimulaties van een *enkel* huishouden gebruikt, waarbij verschillende aannames zijn gemaakt voor o.a. de grootte van het huis, de batterij, de zonnepanelen en de laadsessies van de elektrische auto. Meer informatie over de opzet van het onderzoek is te vinden in het deel over de onderzoeksmethode (pg 12).

² De ca. 60% blijkt uit de simulaties van dit onderzoek, waarbij een huishouden (met PV) met een batterij is gesimuleerd. De 30% is wat momenteel het gangbare eigen gebruik is. Dezelfde simulatiekaders als bij de andere resultaten over thuisbatterijen zijn van toepassing.

2 Alternatieve aansturing van de hybride warmtepomp en thuisbatterij is mogelijk en kan netcongestie verminderen.

Centraal in deze notitie staan vier conclusies omtrent de alternatieve aansturing van hybride warmtepompen en thuisbatterijen. Dit hoofdstuk bevat een korte uitleg per conclusie. Deze conclusies zijn gebaseerd op een set van simulaties van een *enkel* huishouden die in meerdere varianten een combinatie van warmtepomp, EV laadpunt, zonnepanelen en een thuisbatterij heeft. De conclusies zijn getrokken op basis van de specifieke scenario's geanalyseerd binnen dit project en zijn niet zondermeer in het algemeen voor ieder huishouden toepasbaar. Een beschrijving van de onderzoeksmethode, scenario's en aannames is te vinden in hoofdstuk 'onderzoeksmethode, pagina 12'.

De vier conclusies zijn:

1. Alternatieve aansturingen van de hybride warmtepomp en thuisbatterij zijn mogelijk, op een manier die geen inbreuk doet op de autonomie van een huishouden en die nu implementeerbaar zijn.
2. De bandbreedte aansturing bij hybride warmtepompen verspreidt de elektriciteitsvraag, terwijl comfort, kosten en CO₂-uitstoot nagenoeg niet veranderen
3. De batterij aansturingstechniek zorgt voor minder hoge terugleverpieken van de PV zonder veel verandering in eigen gebruik van PV.
4. Grotere batterijen hebben weinig effect op de terugleverpieken van PV.

1. Alternatieve aansturingen van de hybride warmtepomp en thuisbatterij zijn mogelijk en zijn nu implementeerbaar

Een alternatieve aansturing is alleen mogelijk als het apparaat ook actief gestuurd kan worden. Hiervoor moet het apparaat met een externe interface uitgerust zijn, iets wat nog niet altijd het geval is. Op dit moment wordt er o.a. door TNO gewerkt aan het standaardiseren van dit soort koppelingen, waarbij het doel is invloed kan uitoefenen op het gedrag van het apparaat om beschikbare flexibiliteit te kunnen gebruiken³. De alternatieve aansturing voor warmtepompen die nu wel mogelijk lijkt is gebaseerd op de 'smart grid ready' (SGR) interface bij de hybride warmtepomp, waarbij het elektrisch deel van de warmtepomp verzocht kan worden uit of aan te gaan. Het is altijd nog zo dat de pomp zelf besluit om dat wel of niet te doen, binnen de operationele parameters van de pomp (e.g. minimale afschakel duur; aantal keren op- en afschakelen in een uur). Het aansturen van een hybride warmtepomp is daarmee beperkt mogelijk buiten de standaard (temperatuur)regeling.

Als een warmtepomp een SGR interface heeft, is een extra kastje nodig die verbonden is aan de slimme meter en op basis van metingen van de slimme meter een signaal kan afgeven aan de pomp met het verzoek aan of uit te gaan. Dit is vergelijkbaar met nu al verkrijgbare laadpunten aan huis, die het laden regelen op

³ [S2: standaard interface voor Energie Flexibiliteit.](https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Urban%20energy/Bijlages%20bij%20evenementen/3.%20Mento%20Konsman%20-%20TNO%20.pdf)

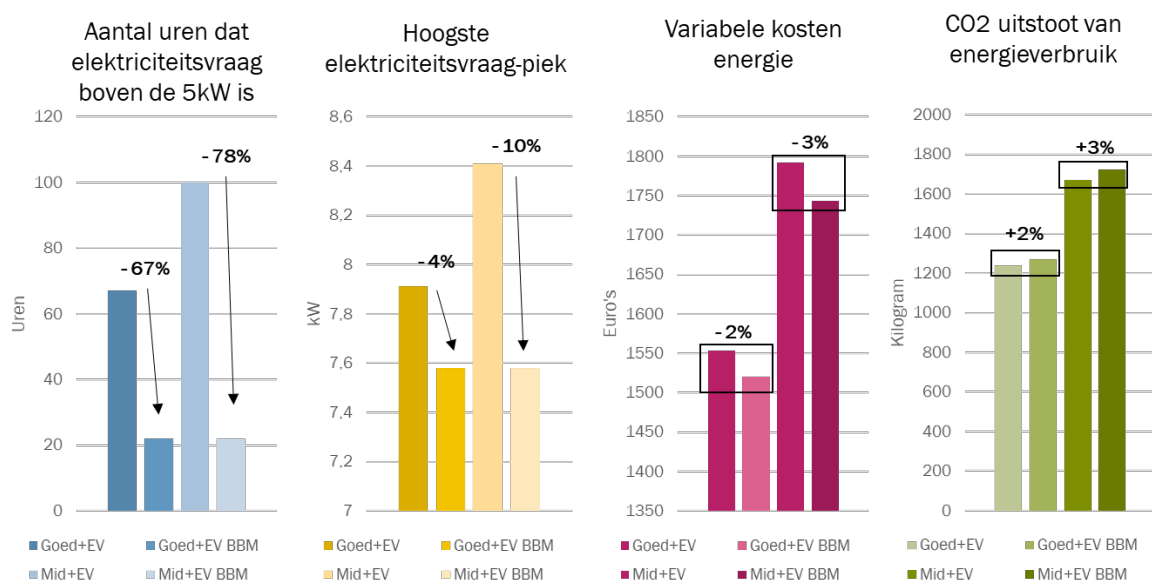
<https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Urban%20energy/Bijlages%20bij%20evenementen/3.%20Mento%20Konsman%20-%20TNO%20.pdf>

basis van de belasting op de hoofdaansluiting. De analyses, beschreven in deze notitie, zijn gebaseerd op de SGR interface in combinatie met het bemeten van de hoofdaansluiting.

De alternatieve aansturing bij een thuisbatterij vraagt alleen om veranderingen in de instellingen of de software maar geen fysieke aanpassingen. Een thuisbatterij bestaat uit een accupakket en een batterijbeheersysteem (BMS) die het laden en ontladen regelt. Dit BMS heeft in veel gevallen de mogelijkheid om via een communicatie interface het laden en ontladen aan te sturen. Het is goed voorstelbaar (en in de praktijk ook al mogelijk) de aansturing voor laden en ontladen op een andere manier in te stellen door een eenvoudige aanpassing in het beheersysteem. Hiervoor is dan geen aanvullende hardware of onderdelen nodig.

2. De bandbreedte aansturing bij hybride warmtepompen verspreidt de elektriciteitsvraag, terwijl comfort, kosten en CO₂-uitstoot nagenoeg niet veranderen

Met een bandbreedte aansturing gaat de warmtepomp rekening houden met een maximum belasting op de elektrische huisaansluiting. Wanneer die te hoog wordt schakelt het elektrisch deel uit, en neemt de gasketel de warmtevraag over. Dit heeft mogelijke effecten op comfort, kosten en ook de CO₂-uitstoot. Deze KPI's zijn bepaald voor twee typen huizen, met en zonder bandbreedte aansturing (Figuur 1).



Figuur 1. Weergave KPI's zonder en met alternatieve sturing warmtepompen: Elke kleur laat het effect zien op een KPI voor de volgende situaties: Voor twee typen huizen, goed geïsoleerd en middel geïsoleerd zijn analyses uitgevoerd zonder en met sturing o.b.v. het bandbreedte model (BBM). Voor elke KPI zijn de resultaten van deze vier simulaties getoond. Bij de vier staven in elke KPI is achtereenvolgens het resultaat te zien van 1. Goed geïsoleerd, 2. Goed geïsoleerd met BBM, 3. Middel geïsoleerd en 4. Middel geïsoleerd met BBM. De toevoeging 'EV' in de legenda duidt op het gebruik van een elektrische auto bij het huis.

Onderbouwing:

1. Voor beide typen huizen zorgt de alternatieve aansturing op basis van het bandbreedte model voor een flinke afname van de overschrijding van het bandbreedte limiet (5kW). Dat is te zien in de meest linker grafiek waarbij het aantal uren dat er een overschrijding is met 67% en 78% afneemt voor respectievelijk een goed en gemiddeld geïsoleerd huis.
2. Daarnaast is er een afname van de hoogste pieken voor beide type huizen. Dat is te zien in de tweede grafiek van links waarbij de pieken van de elektriciteitsvraag van het huishouden met 4% en 10% afneemt voor respectievelijk een goed en gemiddeld geïsoleerd huis.
3. Ten slotte zijn er geen grote veranderingen waar te nemen bij kosten en CO₂-uitstoot. Dat is te zien in de twee rechter grafieken waarbij de verandering bij toepassing van een alternatieve aansturing klein is. De kleine verschillen in emissies zijn verklaarbaar omdat de directe emissies van gasverbruik en de indirecte emissies van elektriciteitsgebruik zijn meegenomen.
4. Ook comfort (gedefinieerd als het verschil tussen de setpoint / gewenste en werkelijke temperatuur in huis) is meegenomen in de criteria, maar die veranderde niet in de verschillende scenario's.

Effecten*Voordelen*

Zoals toegelicht kunnen de alternatieve aansturing bij hybride warmtepompen voordelen opleveren voor de netbelasting zonder dat variabele kosten, CO₂-emissie en comfort er onder leiden. Deze analyses richtten zich op een enkel huishouden. Verder onderzoek op een groter schaalniveau zoals de middenspanningsruimte (MSR) zou moeten uitwijzen of de alternatieve aansturing ook voordelen oplevert voor netcongestie (op dat niveau) en de netbeheerder.

Nadelen

De alternatieve aansturing vraagt een aanpassing aan de hybride warmtepomp dat wel moet gebeuren bij elk huis. Dit is reeds toegelicht in het vorige hoofdstuk. Als er wordt gekozen voor een brede toepassing van deze alternatieve aansturing is deze aanpassing bij elke hybride warmtepomp gevraagd.

Aanbevelingen voor verder onderzoek

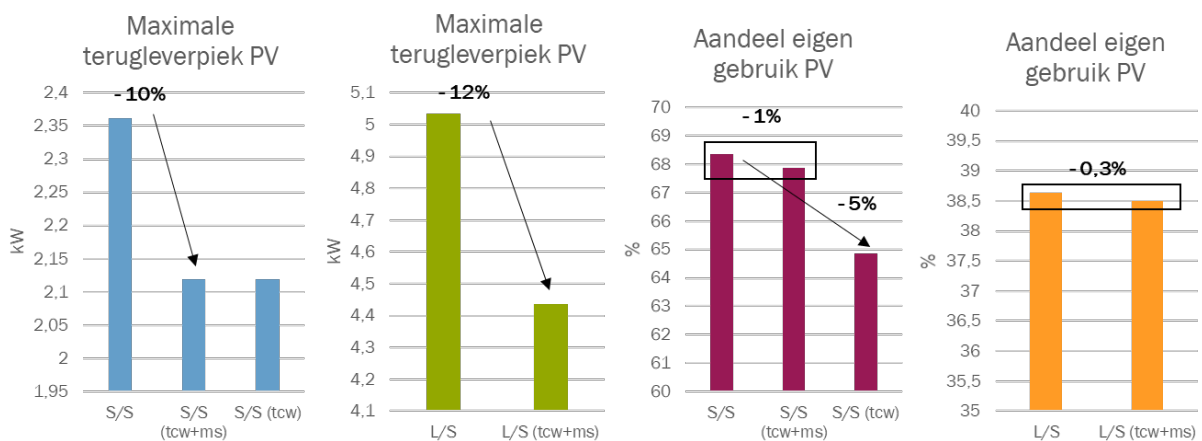
Verder onderzoek zal nodig zijn:

- Onderzoek naar de effecten voor de netcongestie bij een hybride warmtepomp met de standaard instellingen en met de alternatieve aansturing. Hiervoor is onderzoek op een groter schaalniveau zoals de middenspanningsruimte (MSR) nodig. Het zou moeten uitwijzen of de alternatieve aansturing ook voordelen oplevert voor de netcongestie en de netbeheerder. De analyses beschreven in deze notitie gingen over een *enkel* huishouden.
- Onderzoek naar de effecten bij een grotere variatie aan simulatiescenario's. Het is nuttig om te onderzoeken wat er gebeurt bij andere dagen in het jaar, met andere typen huizen, isolatieniveau's en soorten hybride warmtepompen (e.g. ander elektrisch vermogen). Om een goede conclusie te kunnen trekken over het effect van de alternatieve aansturing voor Nederlandse huizen zal het nodig zijn om meerdere typen huizen te simuleren.

- Onderzoek naar het gebruiksgemak van de alternatieve aansturing en de gebruiksrelatie tussen de nieuwe instellingen en de gebruiker / bewoner. Hoe gaat de bewoner om met de nieuwe instellingen? Als instellingen aan de hybride warmtepomp of thuisbatterij worden aangepast heeft dat effecten op het comfort, kosten, enz. Relevante KPI's voor de bewoner als comfort en kosten waren onderdeel van de simulaties, maar het gedrag van de bewoner / gebruiker bij de alternatieve aansturing is niet onderzocht.

3. De batterij aansturingstechniek zorgt voor minder hoge terugleverpieken van de PV zonder veel verandering in eigen gebruik van PV.

Bij de batterij bestaat de aansturing uit het actief terugbrengen van de piek van zon-PV productie in de voormiddag door het beïnvloeden van het moment dat er geladen gaat worden. Net als bij de warmtepomp zijn er vier KPI's berekend aan de hand van verschillende combinaties van zon-PV installatie en capaciteit van de batterij. Deze zijn: maximale terugleverpiek en aandeel gebruik eigen opwek.



Figuur 2. Weergave resultaten thuisbatterij: De resultaten zijn uitgedrukt in twee KPI's: de maximale terugleverpiek PV (vijf staven in blauw en groen) en het aandeel eigen gebruik PV (vijf staven in rood en oranje). Er is gevarieerd in de grootte van zon-PV installatie (small en large, S en L), altijd in combinatie met een 'kleine' batterij (S). De vijf staven links voor KPI terugleverpiek en vijf staven rechts voor KPI eigen gebruik, geven ieder vijf simulatiescenario's weer: 1, de toepassing van de standaard instellingen voor pv installatie en batterij combinatie (S/S en L/S) en de toepassing van verschillende alternatieve aansturingen, aangeduid met combinatie van 'TCW' (time charging window) en 'MS'. 'TCW' duidt op de toepassing van een aansturingstechniek die zorgt dat de batterij alleen na 12 uur 's middags mag laden. 'TCW+MS' duidt op een alternatieve aansturing waarbij de thuisbatterij niet laadt voor 12 uur wanneer de laadstatus hoger is dan 25% en pas verder mag laden na 12 uur. Bij de 'tcw+ms' alternatieve aansturing laadt de thuisbatterijen dus ook op voor 12 uur wanneer de batterij minder dan 25% opgeladen is.

Onderbouwing

1. Er is een afname van de hoogste terugleverpieken. Zie hiervoor de twee linker grafieken (blauw en groen) waarbij er een afname zichtbaar is van 10% en 12% voor een huis met respectievelijk weinig en veel PV. Het komt doordat de hoogste terugleverpieken na 12 uur gebeuren en de thuisbatterij

in staat is deze op te vangen. Bij de standaardinstelling kan het voorkomen dat de thuisbatterijen op dat moment al vol zit.

2. Het eigen verbruik van de PV neemt niet veel af en daarmee zijn de financiële effecten voor de gebruiker gering. Dat is te zien in de twee meest rechter grafieken (rood en oranje). Het eigen verbruik is het aandeel van de opgewekte energie van de PV dat door het huis zelf gebruikt wordt en niet wordt teruggeleverd aan het net. Bij toepassing van de salderingsregeling is er geen financieel effect, maar de verwachting is dat deze regeling wordt afgebouwd. Bij een afbouw van de regeling zal het eigen verbruik belangrijk zijn voor een goed financieel resultaat van de thuisbatterij.

Effecten

Voordelen

- Zoals toegelicht kunnen de alternatieve aansturing voordelen opleveren voor de netbelasting vanwege de lagere pieken. De analyses richtten zich op een enkel huishouden. Verder onderzoek op een groter schaalniveau zoals de middenspanningsruimte (MSR) zou moeten uitwijzen of de alternatieve aansturing ook voordelen oplevert voor netcongestie en de netbeheerder.
- De alternatieve aansturing is naar verwachting makkelijk toe te passen bij thuisbatterijen. Het vraagt alleen een aanpassing in de instellingen en geen fysieke aanpassingen. Echter kan de software bij thuisbatterijen verschillen en mogelijk zijn er batterijen waarbij deze instellingen niet (gemakkelijk) zijn aan te passen.

Nadelen

Zoals toegelicht heeft deze alternatieve aansturing een gering financieel effect dat nadelig kan zijn voor de gebruiker, wanneer de salderingsregeling wordt afgebouwd. Dit financiële effect kan mogelijk opgevangen worden door een subsidie. Het voordeel lijkt vooral voor de netbeheerder te zijn. Voor de gebruiker verandert er niet zo veel. Er is een vertaling nodig van het voordeel voor de netbeheerder naar de eigenaar van de batterij. Dat is niet triviaal, waarbij kosten en baten ook nog eens goed moeten worden afgewogen.

Aanbevelingen voor verder onderzoek

Verder onderzoek zal nodig zijn:

- Onderzoek naar de effecten voor de netcongestie bij een thuisbatterij met de standaard instellingen en met de alternatieve aansturing. Onderzoek op een groter schaalniveau zoals de middenspanningsruimte (MSR) zou moeten uitwijzen of de alternatieve aansturing ook voordelen oplevert voor de netcongestie en de netbeheerder.
- Onderzoek naar de effecten bij een grotere variatie aan simulatiescenario's. Het is nuttig om te onderzoeken wat er gebeurt bij een andere verhouding van PV en batterij i.c.m. een andere elektriciteitsvraag van het huis, zoals het toevoegen van EV. Om een goede conclusie te kunnen trekken over het effect van de alternatieve aansturing voor Nederlandse huizen zal het nodig zijn om meerdere typen huizen te simuleren.
- Onderzoek naar de effecten bij een andere instelling van de alternatieve aansturing. Het is nuttig om te onderzoeken waar een optimum ligt bij de keuze voor het moment wanneer de thuisbatterijen mag laden. Wat gebeurt er als bijvoorbeeld voor 11 uur wordt gekozen i.p.v. 12 uur.

- Nagaan wat de effecten zijn van een alternatieve aansturing op de levensduur van de thuisbatterij. Bepaald laadgedrag kan slecht zijn voor de levensduur. Het is zinvol dit te onderzoeken voor de gesimuleerde alternatieve aansturingen.
- Onderzoek naar de relatie van de alternatieve aansturing met de gebruiker / bewoner. Vergelijkbaar als bij de aansturing van hybride warmtepompen.

4. Grotere batterijen hebben weinig effect op de terugleverpieken van PV

In de voorgaande analyses is gewerkt met een 'kleine' batterij, maar wel een batterij die voldoende groot was om niet heel vaak leeg of vol te zijn. Er is ook gekeken naar de effecten van een twee keer grotere batterij op de KPI's.



Figuur 3. Weergave van twee KPI's voor simulaties van twee typen thuisbatterijen: een kleine en een grote batterij. De twee bovenste grafieken geven de opname en het terugleveren van elektriciteit van het huis weer. De blauwe lijntjes zijn het terugleveren van elektriciteit van de PV en de oranje lijn de opname van het net voor verbruik. Het dag en nacht ritme is duidelijk zichtbaar door de blauwe pieken die er alleen overdag zijn. '07/15' duidt op de datum 15 juli. De grafieken laten ongeveer een periode van 3 weken zien. De twee onderste grafieken geven de laadstatus van de thuisbatterijen weer, 100% wanneer deze volledig opgeladen is.

Onderbouwing

De grotere batterij kan niet volledig ontladen in de avond en nacht. Zie hiervoor de twee onderste grafieken waarbij er een afname zichtbaar is bij beide batterijen wanneer het nacht is. De batterij levert dan elektriciteit voor het huis. De rechtsonder grafiek met de grote batterij kan niet volledig ontladen in de nacht en zit daarmee nog ~50% vol wanneer de dag begint (de rode pijl in de grafiek). Het huis heeft namelijk bij deze simulatie onvoldoende verbruik voor de grootte van de batterij. Het effect van een grotere thuisbatterijen op de hoogste terugleverpieken van PV is daarmee niet beter dan bij de kleinere batterijen, bij de uitgevoerde simulaties.

Effecten

De grootte van de thuisbatterijen moet aansluiten op het verbruik en PV van het huis voor een zinvolle inzet van de batterij. Het beeld bij thuisbatterijen is soms "groter is beter", terwijl dat zeker niet in alle gevallen zo is. De beschreven simulaties tonen aan dat in bepaalde situaties een grotere batterij geen effect heeft.

Aanbevelingen voor verder onderzoek

Verder onderzoek zal nodig zijn naar de effecten bij een grotere variatie aan simulatiescenario's. Het is nuttig om te onderzoeken wat het verschil is tussen een grote en kleine thuisbatterijen bij een andere verhouding van PV en elektriciteitsvraag van het huis, zoals het toevoegen van een EV. Om een goede conclusie te kunnen trekken omtrent de grootte van thuisbatterijen bij Nederlandse huizen zal het nodig zijn om meerdere typen huizen te simuleren.

3 Onderzoeksmethode

Voor alle varianten van het huishouden - met verschillende combinaties van hybride warmtepomp, zonnepanelen en thuisbatterij, met en zonder alternatieve aansturing - zijn simulatiemodellen gemaakt met behulp van het Energie Systeem Simulatie Model (ESSIM) van TNO⁴. Op uurbasis zijn voor relevante periodes in het jaar verschillende KPI's berekend. Daarnaast is gebruik gemaakt van:

- voor de warmtevraag van het huishouden van TNO's warmteprofiel generator⁵,
- voor de basislast van het huishouden is gebruik gemaakt van de artificial load profile generator (*TU Twente, Gerwin Hoogsteen*)⁶, zie ook aannames bij basislast,
- voor zon PV is een standaard profiel van het KNMI gebruikt,
- voor EV een simpele laadsessie (maximaal laden bij thuiskomst) voor een gemiddeld gebruik van de auto, op een enkelfase aansluiting met een max laadvermogen van 3.7kW. Dit is enigszins conservatief ingeschat, maar voldoende voor het meest gangbare EV gebruik.

Korte beschrijving van de gemaakte aannames bij de hybride warmtepomp simulaties

Er zijn twee typen huishoudens gesimuleerd bij de hybride warmtepomp simulaties.

- Een goed geïsoleerd huis met de verwijzing 'goed' in Figuur 1. Hierbij is een RVO voorbeeldwoningen van na 2014 gebruikt⁷.
- Een gemiddeld geïsoleerd huis met de verwijzing 'mid' in Figuur 1. Hierbij is een RVO voorbeeldwoningen voor de periode 1975-1991 gebruikt⁷.
- Een slecht geïsoleerd huis is wel gesimuleerd, maar leverde geen bruikbare resultaten op. In de simulaties kwam naar voren dat de hybride warmtepomp niet in staat was om het huis voldoende met het elektrische deel (de warmtepomp) te verwarmen op koude dagen.

Er zijn drie wintermaanden gesimuleerd, omdat deze maanden het meest interessant zijn voor het gebruik van de hybride warmtepomp. Het gaat om de periode 1 januari tot 1 april.

Korte beschrijving van de gemaakte aannames bij de thuisbatterij simulaties

Er zijn vier combinaties van huishoudens gesimuleerd voor de thuisbatterij:

- "Weinig PV" van 10 panelen met een geïnstalleerd vermogen van 3,5 kWp.
- "Veel PV" van 20 panelen met een geïnstalleerd vermogen van 7 kWp.
- "Een kleine thuisbatterij". Het gaat om een batterij met 6 kWh laadopslag en een vermogen van 2 kW voor opladen en ontladen.

⁴ Meer informatie: <https://essim-documentation.readthedocs.io/en/latest/>

⁵ Meer informatie: <https://www.warmteprofielgenerator.nl/>

⁶ Meer informatie; <https://github.com/GENETX/alpg>

⁷ Meer informatie: https://www.warmteprofielgenerator.nl/example_houses

- “Een grote thuisbatterij”. Het gaat om een batterij met 12 kWh laadopslag en een vermogen van 4 kW voor opladen en ontladen.

Er zijn drie maanden gesimuleerd waarvan een deel in de zomer. Deze maanden zijn interessant voor de opwekprofielen van PV. Het gaat om de periode 15 juli tot 16 oktober.

Korte beschrijving van de gemaakte aannames bij de basislast van het huishouden

Voor het genereren van het basislast profiel van het huishouden is gebruik gemaakt van de ‘artificial load profile generator, ALPG’, ontwikkeld door de TU Twente⁶. Er is daar gekozen voor een gezinssamenstelling van 2 werkende volwassenen en 3 kinderen met een en een standaard arsenaal aan elektrische apparatuur (bruin en witgoed), echter zonder elektrische kookplaat. Kookplaten kunnen makkelijk enkele kilowatt aan vermogen vragen, wat hier dus niet is meegenomen.

Korte beschrijving van de KPI aannames

- **Piek vermogensvraag of -aanbod.** Het betreft de hoogste vraag- of aanbodpieken (in de gevallen met PV) van de gehele simulatieperiode.
- **Overschrijding vermogenslimiet 5 kW.** Het betreft de overschrijding van het bandbreedte limiet van 5kW in cumulatieve uren. De tijdstappen van de simulaties zijn ook in uren. Wat er gebeurt binnen het uur is niet gemodelleerd. Daarmee is het waarschijnlijk, maar niet aangetoond, dat het aantal uren overschrijding laag is ingeschat en in de realiteit hoger zal zijn.
- **Comfort.** Het comfort wordt bepaald op basis van het verschil tussen de setpoint / gewenste en werkelijke temperatuur in huis. Er wordt gesommeerd over alle uren dat de werkelijke temperatuur lager is dan de setpoint / gewenste temperatuur,.
- **Variabele kosten energie.** Betreft de totale kosten over de gehele simulatieperiode. De kosten worden berekend op basis van de koop en verkoop (bij PV) van elektriciteit, de kosten van gas en de overschrijding van het bandbreedte limiet. Tarief van elektriciteit wordt gehanteerd op 0.5253 EUR/kWh⁸. Tarief gas op 0.8 EUR/m³ = 0.08 EUR/kWh⁹. Daarnaast komt bij een overschrijding van de bandbreedtelimiet (5kW) van een uur nog 0.5 EUR/kWh bovenop. Ten slotte is saldering verondersteld.
- **CO₂-emissies.** Betreft de totale emissies over de gehele simulatieperiode. De uitstoot wordt berekend door de emissies van gas en elektriciteit te vermenigvuldigen met het netto gebruik. Bij elektriciteit gaat dat om het saldo wanneer er ook PV aanwezig is. Aangenomen voor de gemiddelde uitstoot van elektriciteit in Nederland: 0.427kg/kWh. Voor gas: 65.6kg/GJ = 0.236kg/kWh¹⁰.
- **Aandeel eigen verbruik PV.** Het eigen verbruik is het aandeel van de opgewekte energie van de PV dat door het huis zelf gebruikt wordt en niet wordt teruggeleverd aan het net. De rekenformule is $(1 - \text{totale hoeveelheid export elektriciteit} / \text{totale PV productie}) \times 100\%$.

⁸ Tarief van elektriciteit is gebaseerd op het gemiddelde van de day-ahead tarieven van 2019.

⁹ Tarief gas is gebaseerd op een gemiddelde van 2019.

¹⁰ Gebaseerd op <https://www.co2emissiefactoren.nl/>

4 Discussie

De beschreven analyses zijn uitgevoerd in 2022 en hadden een verkennend karakter. Het doel was om te verkennen in hoeverre alternatieve aansturing interessante resultaten opleveren, zonder meteen algemeen geldende conclusies aan te verbinden. De simulaties hebben belangrijke beperkingen en meer analyse zal nodig zijn om bredere en algemenere conclusies te trekken.

De simulaties zijn gedaan voor een *enkel* huishouden. Daarmee kan er weinig gezegd worden over de effecten voor de netbeheerder omdat daarbij de effecten voor de tussenstations belangrijk zijn. Daarnaast zal het nodig zijn de effecten bij een grotere variatie aan simulatiescenario's te onderzoeken. Aanbevelingen voor verder onderzoek zijn beschreven in de notitie. De gebruikte simulatie opzet met ESSIM maakt het mogelijk ook de potentiële vervolgvragen goed te onderzoeken. Ten slotte is het nuttig de alternatieve aansturing ook fysiek te testen.

Bij de simulaties van figuur 1 komt de elektriciteitsvraag van een huishouden met hybride warmtepomp, zonder EV, nauwelijks boven de 5kW van het bandbreedtetarief. Dit heeft veel te maken de keuze van het huishouden (zie Onderzoeksmethode, aannames over basislast) het soort apparatuur dat is meegenomen in het huishouden, Daarmee zouden huishoudens die passen bij de beschreven simulatiekaders prima een hybride warmtepomp kunnen installeren zonder problemen met het bandbreedtetarief. Uiteraard kan dit anders zijn voor andere huishoudens.

Een betere sturing bij en onderzoek naar het laden van de EV zal ook nodig zijn. Het laden van een EV gaat vaak gepaard met een hoog vermogen voor een huishouden. Bij de simulaties voor de alternatieve aansturing van de hybride warmtepomp zijn er nog steeds hoge pieken in de elektriciteitsvraag, alhoewel lager dan zonder alternatieve aansturing. Om de vraagpieken en de frequentie ervan verder omlaag te brengen zal het nodig zijn de EV op een andere manier op te laden door op momenten van hoge elektriciteitsvraag het laden uit te stellen. Dat kan waarschijnlijk ook met een alternatieve aansturing, maar dat is niet onderzocht met deze simulaties. Vanwege het normaliter hogere vermogen kan het ook meer effect hebben voor de netcongestie dan een alternatieve aansturing van de hybride warmtepomp.

Contact

Voor vragen, aan- of opmerkingen over dit stuk, neem contact op met:

Roban van Herk
Roban.vanherk@tno.nl

Richard Westerga
Richard.westerga@tno.nl