



RAPPORT

Een gebalanceerd verhaal over thuisbatterijen

Openbaar – 12 juni 2025

RAPPORT

Een gebalanceerd verhaal over thuisbatterijen

Thijs Verboon
Jort Wolda
Emily Vermeulen

Openbaar – 12 juni 2025

Managementsamenvatting

Een gebalanceerd verhaal over de waarde van thuisbatterijen

Berenschot heeft in opdracht van Zonneplan een onderzoek uitgevoerd naar de rol, impact en economische haalbaarheid van thuisbatterijen in het Nederlandse energiesysteem.

Aanleiding voor het onderzoek is de wisselende berichtgeving over thuisbatterijen. Zowel de businesscase als de bredere zin en onzin van thuisbatterijen worden bediscussieerd. Belangrijke oorzaak voor het veelal diffuse beeld dat is ontstaan, is dat de ontwikkelingen in de volatiliteit van energiemarkten, type batterijen en de bijbehorende milieu-impact, aanschafkosten en wet- en regelgeving de laatste paar jaar ontzettend zijn veranderd. Mogelijk worden daardoor op basis van verouderde informatie of aannames conclusies getrokken.

In dit onderzoek is getracht een gebalanceerd verhaal neer te zetten op basis van recente bronnen. Een belangrijk onderdeel daarbij is een gevoeligheidsanalyse waarin de impact van onzekerheden en ontwikkelingen naar de toekomst toe in beeld zijn gebracht op de terugverdientijd van thuisbatterijen.

Deze rapportage biedt ook inzicht in welke mate de rendabiliteit van de thuisbatterij afhangt van de onbalansmarkt en de impact wanneer de volatiliteit daarop afneemt¹, en tegelijkertijd illustreert het de impact op terugverdientijd bij de andere inzetstrategieën zoals zelfconsumptie of andere energiemarkten. De analyse neemt hierin de LFP-thuisbatterij als uitgangspunt.

¹ Het hoogste financiële rendement voor thuisbatterijen valt op dit moment te behalen op de onbalansmarkt. De robuustheid van deze inzet staat echter ter discussie. De omvang van de markt is in relatieve zin nu nog beperkt, het verdienvermogen zou bij groot toename van batterijsystemen en ander beschikbaar regelbaar vermogen zoals in de toekomst windparken sterk kunnen verminderen. Anderzijds zorgt elektrificatie aan zowel opwek als vraagzijde voor een toename aan onbalans.

Hoofdconclusies

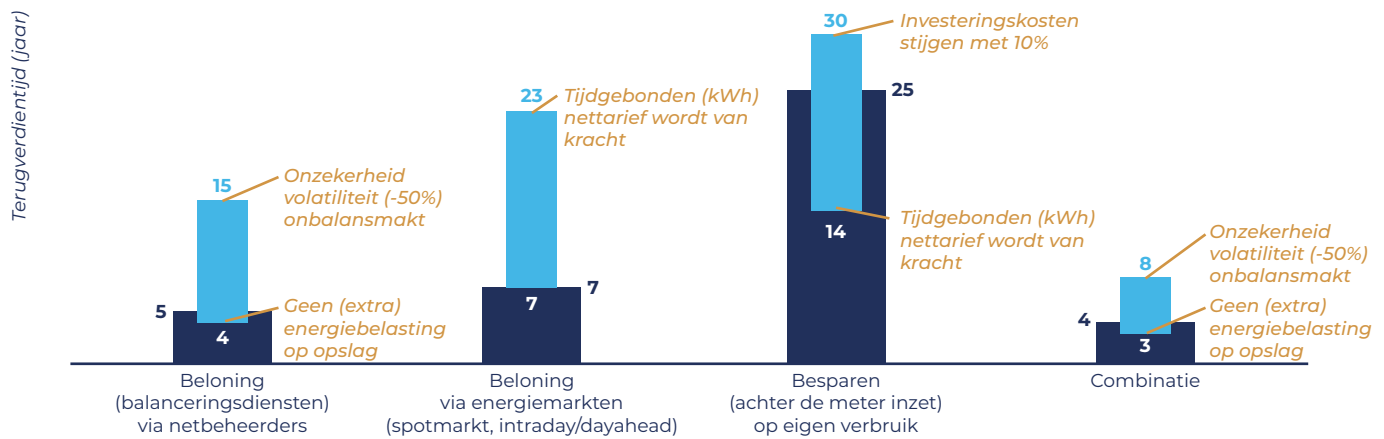
- **Thuisbatterijen blijven naar verwachting renderen.** De rendabiliteit kent echter significante onzekerheden en de optimale inzet verandert mogelijk naar de toekomst. Rendabiliteit is sterk afhankelijk van de inzetstrategie en onzekere factoren zoals energiebelasting en marktvolatiliteit. Een combinatiestrategie biedt het meest robuuste perspectief voor de langere termijn.
- **(Thuis)batterijen spelen een waardevolle rol** in het toekomstige energiesysteem door pieken in vraag en aanbod op te vangen. Inzet van opslag in de vorm van batterijsystemen speelt een steeds essentiëlere rol in ons elektriciteitssysteem, welk type opslagsysteem in welke mate een rol zal spelen is daarbij onzeker. Verschillende schaalgroottes en toepassingen ontstaan met eigen voor- en nadelen (buurtbatterijen, grootschalige batterijen en vehicle-to-grid).
- **Milieu-impact van batterijen kent perspectief.** Batterijen zijn steeds beter te recycling met beperkter, of soms geen, gebruik van schaarse aardmetalen. **Belangrijke aandachtspunten blijven het energiegebruik bij productie, arbeidsomstandigheden en milieuconsequenties** bij de winning van grondstoffen.

Thuisbatterijen blijven naar verwachting renderen

In dit onderzoek zijn vier strategieën gesimuleerd:

- **Beloning via netbeheerders:** aantrekkelijk, maar afhankelijk van balanceringsdiensten met onzekerheid naar de toekomst.
- **Beloning via energiemarkten:** gevoelig voor dubbele energiebelasting.
- **Besparen op energiekosten:** alleen rendabel met kleine batterij en tijdsgebonden tarieven.
- **Combinatiestrategie:** meest robuust en flexibel bij veranderende omstandigheden.

Figuur Terugverdiertijd thuisbatterij per strategie.



In een scenario waarbij alle gevoeligheden negatief uitpakken is de rendabiliteit van de thuisbatterij beperkt maar is er wel een sluitende businesscase, met een terugverdiertijd (binnen de levensduur²) van veertien jaar. Daar tegenover staat dat in het meest positieve scenario de terugverdiertijd slechts drie jaar is.

De meest bepalende gevoeligheden voor de rendabiliteit van thuisbatterijen zijn: de prijsvolatiliteit op energiemarkten, wel of geen 'dubbele' energiebelasting, wel of geen tijdsgebonden nettarieven.

(Thuis)batterijen spelen een waardevolle rol in het toekomstige energiesysteem

De weersafhankelijkheid van hernieuwbare bronnen leidt tot structurele verschillen tussen vraag en aanbod zowel op korte termijn (dag-nachtfluctuaties) als op lange termijn (seizoensgebonden verschillen). Daarnaast zorgt de beperkte regelbaarheid en voorspelbaarheid voor een toenemende volatiliteit in onbalans op de elektriciteitsnetten. Energieopslag zal een belangrijke rol spelen in het oplossen van deze uitdagingen.

De verwachting is dat batterijen op verschillende plekken in het systeem ingezet worden. Thuisbatterijen worden hierin ook gezien als één van de beschikbare regelbare vermogens.

Milieu-impact van batterijen kent perspectief

Batterijen zijn steeds beter te recycleren met beperkter of soms geen gebruik van schaarse aardmetalen. Zo maakt de thuisbatterij die in dit onderzoek als uitgangspunt dient gebruik van LFP-batterijtechnologie waarin bijvoorbeeld geen kobalt verwerkt is en minder schaarse grondstoffen dan bij veel traditionele batterijsystemen. Daarnaast is recycling nu nog te beperkt, maar regelgeving dwingt wel tot verbetering (80% lithiumterugwinning vanaf 2031). De productie van batterijen veroorzaakt CO₂-uitstoot (~80 kg CO₂/kWh), de CO₂-uitstoot verschilt daarbij sterk tussen batterijtypen en productielocatie als gevolg van onder meer de uitstoot van gebruikte elektriciteit. Verreweg de meeste batterijen worden nu nog in China geproduceerd met relatief hoge CO₂-uitstoot. Echter wordt deze CO₂-uitstoot naar verwachting ruim 'terugverdient' tijdens het gebruik van de batterij door te laden met groene stroom en te ontladen ter vervanging van fossiele stroom.

Belangrijke aandachtspunten blijven het energiegebruik bij productie, arbeidsomstandigheden en milieuconsequenties bij de winning van grondstoffen.

Tot slot

Thuisbatterijen renderen, naar verwachting ook in de toekomst, de mate waarin, is echter onzeker. Daarnaast hebben batterijen een belangrijke plek in de energietransitie en kunnen een positieve bijdrage leveren aan een duurzaam energiesysteem.

² Degradatie van de batterij is meegenomen en met name afhankelijk van het aantal laad-ontlaad cycli.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	3
-------------------------------------	----------

HOOFDSTUK 1

Aanleiding	6
-------------------------	----------

1.1 Aanleiding en doel rapport.....	6
1.2 Onderzoeksvragen.....	6
1.3 Uitgangspunten	7
1.4 Leeswijzer.....	7

HOOFDSTUK 2

Het nut van de thuisbatterijen	8
---	----------

2.1 Rol opslag in de energietransitie	8
2.2 Rationale voor aanschaffen thuisbatterij	11
2.3 Operationele strategieën voor een thuisbatterij.....	12
2.4 Onzekerheden bij de verschillende strategieën	14
2.5 Impact op milieu.....	16
2.6 Impact op totale (CO ₂ -)uitstoot.....	17
2.7 Impact op het elektriciteitsnet	18

HOOFDSTUK 3

De businesscase van de thuisbatterij.....	19
--	-----------

3.1 Methode.....	19
3.2 Resultaten businesscase	22

HOOFDSTUK 4

Conclusies	25
-------------------------	-----------

BIJLAGE I

Aanvulling op de methode	27
---------------------------------------	-----------

Aannames batterij.....	27
Berekeningen CO ₂ -uitstoot.....	28

HOOFDSTUK 1

Aanleiding

1.1 Aanleiding en doel rapport

De energietransitie in de gebouwde omgeving is een complexe transitieopgave. Er moeten namelijk keuzes worden gemaakt op verschillende niveaus. De netbeheerder bepaalt of een wijk verzwaaard wordt, daarentegen bepaalt een individueel huishouden of een bepaalde techniek wordt aangeschaft. Hoewel de totale verduurzaming van de gebouwde omgeving hierdoor stroef verloopt, neemt de adoptiegraad van bepaalde duurzame technieken in huishoudens juist wel toe. Hierin zijn zonnepanelen de koploper met een totaal geïnstalleerd vermogen van 10,6 GWP (Gigawatt-peak) in 2023¹, een verdubbeling ten opzichte van 2020. Maar ook schaffen steeds meer huishoudens een thuisbatterij aan. Zo zijn er in 2024 24.000 systemen geïnstalleerd en stond het totaal aantal thuisbatterijen op 40.000 eind 2024.²

Een thuisbatterij stelt het huishouden in staat om zelf opgewekte zonne-energie op te slaan en later te gebruiken, bijvoorbeeld in de avonduren wanneer de zon niet schijnt. Dit verhoogt de mate van energiezelfvoorziening en vermindert de belasting op het elektriciteitsnet. Daarnaast is er de afgelopen jaren een goed rendement behaald met het inzetten van de thuisbatterijen op energiemarkten en systeemdiensten. Hierbij worden thuisbatterijen ingezet om te verhandelen op energiemarkten en om er passief op te handelen op basis van de onbalansprijzen. Doordat dit voor een lage terugverdientijd zorgt, maakt dit batterijen ook interessant als investering.

Belangrijke oorzaak voor het veelal diffuse beeld dat ontstaan is, is dat de ontwikkelingen in de volatiliteit van energiemarkten, type batterijen en hun milieu-impact, aanschafkosten en wet- en regelgeving de laatste paar jaar ontzettend zijn veranderd. Mogelijk worden daardoor op basis van verouderde informatie of aannames conclusies getrokken.

De manier waarop een thuisbatterij wordt ingezet is essentieel voor het rendement, maar ook aannames over investeringskosten, energiebelasting en energieprijzen hebben een groot effect.

Het doel van dit rapport is het onderzoeken en beschrijven van de impact van de thuisbatterijen vanuit een onafhankelijke positie, zodat bestaande onduidelijkheden of misvattingen opgehelderd worden. Hierbij ligt de focus op de rol van thuisbatterijen in het energiesysteem en wordt dieper ingegaan op de businesscase van de thuisbatterij bij verschillende strategieën. Daarnaast wordt ingegaan op de milieu-impact van thuisbatterijen.

Dit onderzoek is uitgevoerd door Berenschot in opdracht van Zonneplan.

1.2 Onderzoeksvragen

Berenschot onderzoekt in dit rapport welke invloed thuisbatterijen hebben op ons energiesysteem en ons milieu. Daarnaast worden er verschillende strategieën doorgerekend om de businesscase van de thuisbatterij te bepalen. Daarbij wordt er niet alleen gekeken naar de terugverdientijd, maar ook naar mogelijk rendement in de jaren erna. Uiteindelijk zullen de volgende drie hoofdvragen worden beantwoord:

1. Wat is de rol van thuisbatterijen in het energiesysteem nu en in de toekomst?
2. Wat is de milieu-impact van thuisbatterijen?
3. Hoe ziet de businesscase van thuisbatterijen eruit? Hoe ontwikkelt deze zich in de toekomst?

¹ RVO (2024). Monitor Zon-PV 2024.

² Changelinc (2024). Batterijopslag in Nederland verdrievubbelde: eigenaren zonnepanelen kopen massaal thuisbatterijen

1.3 Uitgangspunten

In dit onderzoek staan een aantal uitgangspunten centraal. Zo gaan we ervan uit dat de thuisbatterij goed aan te sturen is en daarnaast geaggregeerd kan worden tot een groep thuisbatterijen die mee kunnen doen op verschillende energiemarkten. Dit zijn geen theoretische aannames, maar uitgangspunten die gebaseerd zijn op de huidige mogelijkheden van thuisbatterijen. Ook gaan we ervan uit dat de eigenaar van de thuisbatterij een dynamisch energiecontract heeft, op basis van day ahead uurprijzen.

Het rapport gaat uit van een twee-uursbatterij en een aankoop van de batterij in januari 2025 of januari 2027. Dit heeft impact op hoelang de thuisbatterij kan opereren onder de salderingsregeling, en op de hoogte van de energiebelasting. We gaan ervan uit dat de salderingsregeling stopt in 2027.³ Voor huishoudens betekent dit dat de energiebelasting vanaf dan niet meer gesaldeerd kan worden. We gaan uit van een Lithium-ijzerfosfaatbatterij (LiFePO₄) omdat dit de nu meest gangbare technologie is omdat deze minder giftig dan traditionele lithium-ionbatterijen.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport biedt een uitgebreide analyse van de rol, milieu-impact en businesscase van thuisbatterijen binnen het huidige en toekomstige energiesysteem. Het is opgebouwd uit vijf hoofdstukken, waarbij we eerst ingaan op de positie van thuisbatterijen in het energiesysteem en binnen huishoudens, gevolgd door een vergelijking met andere batterijen. Ook worden de verschillende mogelijke strategieën en de bijbehorende risico's geïntroduceerd. Daarna wordt de milieu-impact van thuisbatterijen besproken en wordt er een diepgaande analyse gemaakt van de economische aspecten van thuisbatterijen. Tot slot worden de belangrijkste conclusies gepresenteerd.



³ Rijksoverheid. Salderingsregeling stopt in 2027.

HOOFDSTUK 2

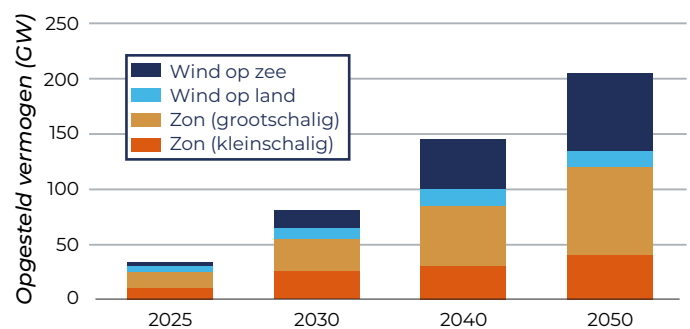
Het nut van de thuisbatterijen

2.1 Rol opslag in de energietransitie

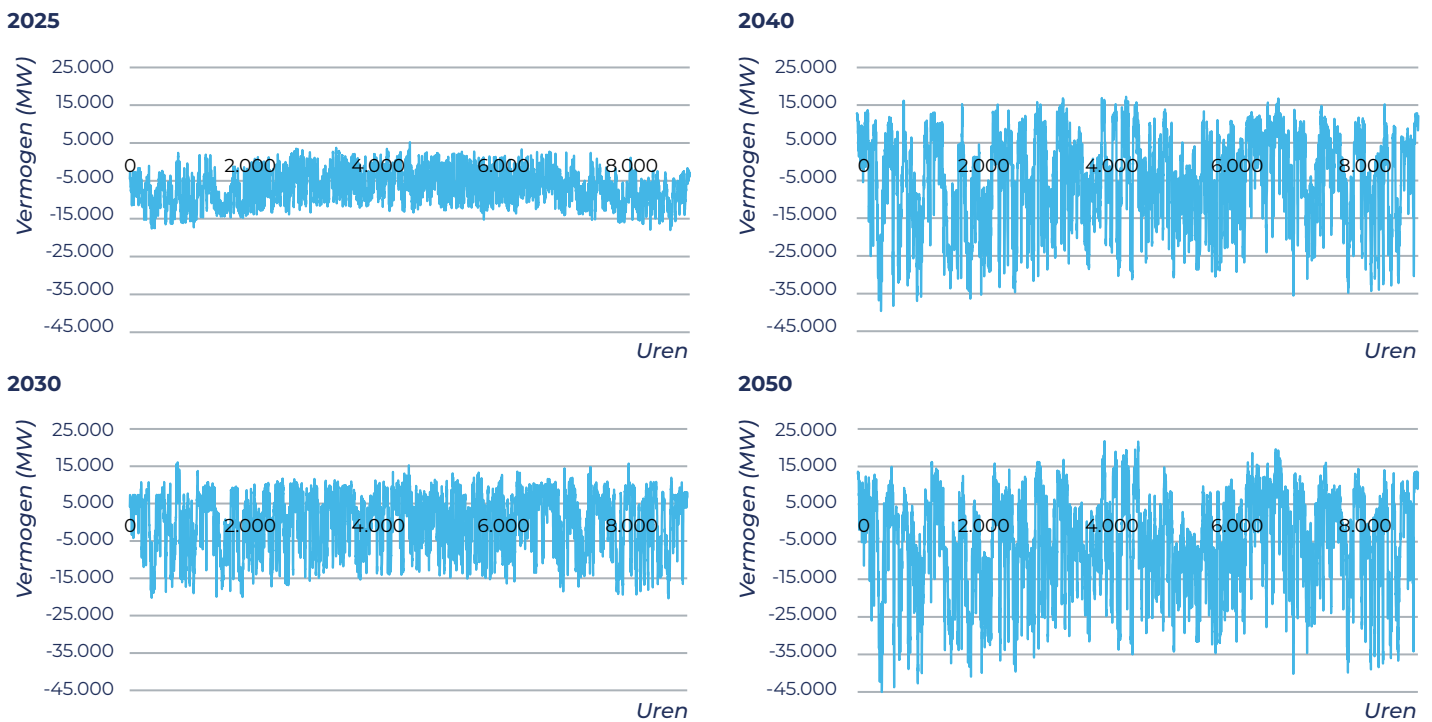
Om tot een duurzaam systeem te komen worden hernieuwbare energiebronnen, zoals zonne- en windenergie, in toenemende mate ingezet. In tegenstelling tot conventionele fossiele bronnen is hernieuwbare-elektriciteitsproductie intermitterend en beperkt regelbaar. Zodoende sluit het aanbod van elektriciteit lang niet altijd aan bij de vraag. De weersafhankelijkheid van hernieuwbare bronnen leidt tot structurele verschillen tussen vraag en aanbod zowel op korte termijn (dag-nachtfluctuaties) als op lange termijn (seizoensgebonden verschillen). Daarnaast zorgt de beperkte regelbaarheid en voorspelbaarheid voor een toenemende volatiliteit op de elektriciteitsnetten. Energieopslag kan een belangrijke rol spelen in het oplossen van deze uitdagingen. Immers, wanneer energie wordt opgeslagen op momenten van een elektriciteitsoverschot, kan deze later gebruikt worden in tijden van een elektriciteitstekort, waardoor vraag en aanbod bij elkaar gebracht kunnen worden. Daarnaast voorkomt dit, onder andere, dat duurzame elektriciteit verloren gaat door middel van het aftoppen van de energieproductie.

Figuur 1 laat zien dat de productie uit hernieuwbare bronnen de komende jaren nog veel verder zal toenemen. Tot 2050 neemt het bestaande duurzaam vermogen tot zeven keer toe vergeleken met de huidige vermogens. Met deze voorspelde groei van zonne- en windenergie in Nederland zal ook de discrepantie tussen vraag en aanbod van elektriciteit verder toenemen, zoals te zien is in figuur 2. Waar nu schommelingen plaatsvinden van 20 GW, kan dat in 2050 oplopen tot 50 GW.

Figuur 1. **Ingroei van zon en wind in het Nederlandse energiesysteem⁴.**



Figuur 2. De verwachte discrepantie tussen vraag en aanbod van elektriciteit neemt sterk toe tot 2050⁵.



Bijdrage van opslag in het systeem

Energieopslag kan voornamelijk op twee manieren een grote bijdragen leveren aan het verder doorzetten van de energietransitie en het terugdringen van fossiele energiebronnen. Deze bijdragen zijn het leveren van energie in tijden van tekort aan duurzame productie en het inpassen van duurzame energie die anders niet gebruikt zou worden.

1. Het leveren van energie in tijden van tekort

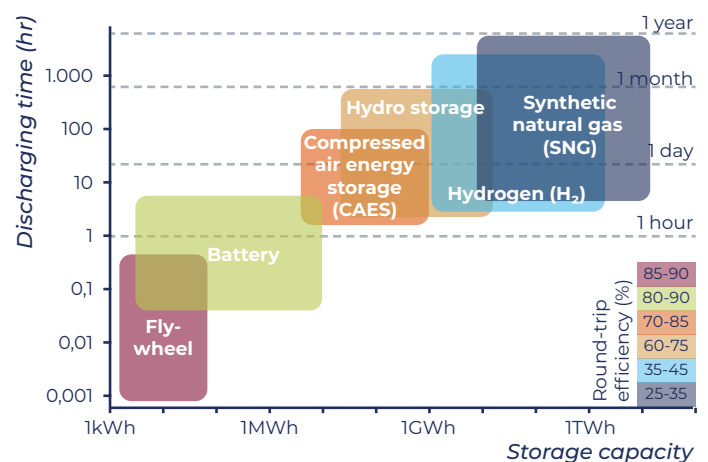
In de eerste plaats kan energieopslag de energie leveren op momenten van tekort. Denk bijvoorbeeld aan donkere winterdagen waarin het niet waait en er wel veel elektrische vraag is. Op dit moment worden de tekorten aan elektriciteit nog voornamelijk opgevangen door fossiele bronnen zoals gas- en kolencentrales. Dit is echter geen duurzame oplossing voor de lange termijn. Back-up-centrales op aardgas worden op de lange termijn uitgefaseerd. Opslag zorgt voor overbrugging van deze momenten.

2. Het inpassen van duurzame energie

Energieopslag kan vraag en aanbod op elkaar afstemmen door elektriciteit op te slaan op momenten van overschot. Deze duurzame energie zou anders verloren gaan doordat zonnepanelen afschakelen. Niet alleen zorgt dit voor meer duurzame energie in het systeem, maar dit kan ook de businesscase van duurzame energie verbeteren, omdat er waarde wordt gehaald uit energie die anders onbenut wordt gelaten.

Er zijn verschillende opslagmethoden beschikbaar. Daarbij hangt de functionaliteit van het opslagmedium af van de snelheid waarmee het opslagmedium kan reageren op een signaal en de capaciteit van de opslag. Voor verschillende toepassingen zijn dus verschillende opslagmedia geschikt. Dit is gevisualiseerd in figuur 3.

Figuur 3. Overzicht energieopslag methoden⁶.



Om de verschillen op lange termijn, ook wel 'seizoensgebonden verschillen' genoemd, te overbruggen, zijn grootschalige opslagmethoden zoals buffers voor duurzame gassen, warmtebuffers en waterkrachtopslag geschikt. Voor de korte termijn bieden technologieën zoals vliegwheels, batterijen, warmteopslag en compressed air storage mogelijkheden om de dag-nachtverschillen op te vangen.

5 Netbeheer Nederland (2024).

6 Gabrielle et al. (2024). The Role of Hydrogen Storage in an Electricity System with Large Hydropower resources.

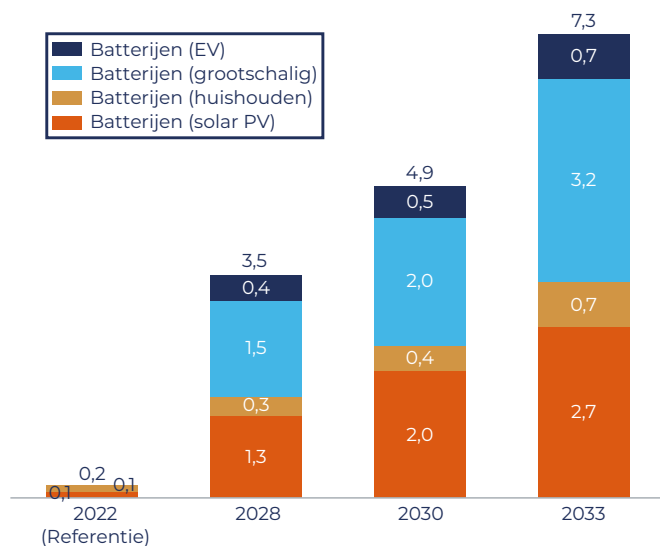
Batterijen zijn bijzonder geschikt voor deze toepassing vanwege hun relatief lage kosten, snelle reactietijd en hoge efficiëntie. Bovendien wordt batterijopslag op dit moment al volop geïmplementeerd en kan het op korte termijn relatief makkelijk worden opgeschaald.

In de tweede plaats kan energieopslag, en met name de batterij, een grote rol spelen in het opvangen van onbalans op het elektriciteitsnet. Vraag en aanbod van elektriciteit moeten altijd in evenwicht zijn in real time, om te voorkomen dat er bijvoorbeeld storingen op het hoogspanningsnet ontstaan. Toch kunnen er afwijkingen in zowel de vraag als het aanbod optreden ten opzichte van de voorspellingen, omdat er bijvoorbeeld meer productie vanuit zonne-energie is dan voorspeld. Deze afwijkingen worden opgevangen door actief of passief 'balanceringsvermogen' te activeren, als systeemdienst aan netbeheerders. Batterijen zijn bijzonder geschikt om balanceringsvermogen te leveren, omdat ze snel kunnen op- of afschakelen en daarmee snel en flexibel ingezet kunnen worden.

Batterijen in het toekomstige energiesysteem

In de komende jaren zal naar verwachting het aantal batterijen in Nederland sterk toenemen, wegens dalende investeringskosten en verwachte positieve rendementen door de toenemende vraag naar energieopslag en flexibel regelvermogen. In 2023 publiceerde TenneT de verwachting dat er in 2030 9 GW aan batterijcapaciteit is aangesloten op het hoogspanningsnet.⁷ Deze verwachting werd vorig jaar echter bijgesteld naar 4,9 GW aan vermogen⁸, zoals te zien is in figuur 4. De verwachting is dat vooral grootschalige batterijparken, zowel gecombineerd met zonneparken als los, een groot aandeel zullen hebben in het totale vermogen.

Figuur 4. Verwachting TenneT voor opgesteld batterijvermogen per type. EV= Electric Vehicle, PV = Photovoltaics).



In totaal verwacht TenneT dat er ongeveer 25 GW aan flexibel vermogen zal zijn, afkomstig uit batterijen, industriële vraagrespons, interconnectie, power-to-gas en power-to-heat.⁶

Naar verwachting zal er in 2033 10 GW aan flexibel vermogen nodig zijn om te kunnen blijven voldoen aan de eisen rondom leveringszekerheid in Nederland. Een deel van dit vermogen, ongeveer 2 GW, zal volgens TenneT worden ingezet als passieve onbalans.

Thuisbatterijen ten opzichte van grootschalige batterijen

De thuisbatterij speelt een specifieke rol binnen de energieopslag en heeft verschillende voordelen ten opzichte van grootschalige batterijen of buurtbatterijen:

Mogelijkheid voor burgers om te participeren in de energietransitie

Huishoudens kunnen participeren in de energietransitie door de toegankelijkheid van de thuisbatterij. Daarbij kunnen huishoudens ook profiteren van de voordelen die de transitie met zich meebrengt. Bij grootschalige- en buurtbatterijen is participeren ook zeker mogelijk maar gebeurt dit beperkt tot niet en is complexer te organiseren. Dit maakt thuisbatterijen veel toegankelijker voor consumenten dan andere typen batterijen.

Geen nieuwe netaansluiting vereist

Omdat thuisbatterijen bij huishoudens worden geïnstalleerd, is er geen nieuwe netaansluiting nodig. Dit is een belangrijk voordeel, omdat het steeds moeilijker is om een netaansluiting te krijgen bij de netbeheerder.

Hoge implementatiesnelheid

Installatie van thuisbatterijen vereist geen nieuwe netaansluiting. Daarentegen hebben grootschalige en buurtbatterijen een nieuwe netaansluiting nodig, zijn er vergunningen vereist voor plaatsing en moet er ruimte beschikbaar zijn in de (openbare) omgeving. De implementatie van grotere batterijen is dus complexer dan die van thuisbatterijen.

Ruimte-efficiëntie

Doordat thuisbatterijen in of rondom huishoudens geplaatst worden, is er geen specifieke bestemming voor de batterij nodig. Dit maakt de impact op de openbare ruimte klein. Aan de andere kant zitten er schaalvoordelen aan grootschalige batterijen. En, hoeven grootschalige batterijen niet in woonwijken te worden ingepast, waardoor deze grootschalige batterijen ook op een bepaalde manier ruimte-efficiënt zijn.

⁷ TenneT (2023). TenneT's position on Battery Energy Storage Systems (BESS).

⁸ TenneT (2024). Monitor Leveringszekerheid 2024.

Lage investeringsdrempel

Omdat thuisbatterijen relatief klein zijn en makkelijk implementeerbaar, is de drempel om te investeren in een thuisbatterij relatief laag, zeker ten opzichte van de buurt- of grootschalige batterijen.

Buurt- of grootschalige batterijen hebben echter het voordeel dat de investeringskosten relatief laag zijn, door schaalvoordelen. Verder wordt er beargumenteerd dat thuisbatterijen bij bepaald gebruik lokale congestie kunnen verergeren of veroorzaken. Grootschalige batterijen hebben dit risico minder, aangezien ze vaak direct aangesloten zijn op het middenspannings- of hoogspanningsnet. Dit betekent echter ook dat ze niet kunnen bijdragen aan het oplossen van lokale netcongestie. De impact op het net is voornamelijk afhankelijk van de afspraken die met netbeheerders worden gemaakt over de operationalisering van de batterij.

Vaak wordt beargumenteerd dat buurtbatterijen en grootschalige batterijen beter stuurbaar zijn en dat daarmee hun invloed op (congestie op) het lokale net beter te controleren is. Inmiddels kunnen thuisbatterijen goed aangestuurd worden en sluiten ze beter aan op de behoefte van de netbeheerder. Dit wordt verder toegelicht in hoofdstuk 3.

Thuisbatterijen kunnen bijdragen aan de vermindering van netbelasting en de optimalisatie van duurzame energieopwekking binnen Nederland. Dit hangt af van de manier waarop de batterij wordt aangestuurd. Hierbij heeft de thuisbatterij meerdere voordelen, waarvan implementatiesnelheid en burgerparticipatie erg belangrijk zijn. De genoemde voordelen van grotere opslag, op schaalvoordelen na, zijn grotendeels ook haalbaar bij thuisbatterijen zolang deze verantwoordelijk worden aangestuurd.

2.2 Rationale voor aanschaffen thuisbatterij

We zien drie mogelijke drijfveren voor een huishouden om een thuisbatterij aan te schaffen. Een huishouden kan uiteenlopende redenen hebben voor het aanschaffen van een thuisbatterij. Het belangrijkste rationale voor huishoudens om thuisbatterijen aan te schaffen zijn:

Autonomie en onafhankelijkheid

Thuisbatterijen vergroten de mate van zelfvoorziening, waardoor huishoudens minder afhankelijk zijn van energieleveranciers en fluctuerende energieprijzen. Daarnaast kan een thuisbatterij als back-up dienen bij voor bepaalde apparaten.

Financieel voordeel

Een thuisbatterij kan financieel voordeel opleveren. Door slimmer gebruik van energie kunnen huishoudens besparen op hun energierekening, maar de financiële winst zit met name in het verhandelen van elektriciteit of het leveren van systeemdiensten.

Duurzaamheid

Thuisbatterijen passen binnen een duurzaam huishouden in combinatie met zonnepanelen, een elektrische auto en een warmtepomp. Dit helpt huishoudens om hun ecologische voetafdruk te verkleinen.

Uit onderzoek blijkt dat het afschaffen van de salderingsregeling een belangrijke aanleiding is voor consumenten om zich te verdiepen in thuisbatterijen en deze al dan niet aan te schaffen.⁹ Verschillende instanties noemen duurzaamheid en onafhankelijkheid als belangrijke beweegredenen voor consumenten om de thuisbatterij aan te schaffen. Vereniging Eigen Huis waarschuwde consument dat ze alleen een thuisbatterij moeten aanschaffen wanneer ze onafhankelijker willen worden van het net en het leuk vinden om zelf aan de slag te gaan met de thuisbatterij.¹⁰

Op basis van de huidige terugverdientijd en de businesscase die in dit rapport wordt gepresenteerd, kunnen huishoudens echter wel degelijk ook de thuisbatterij aanschaffen als het financiële voordeel minstens net zo belangrijk voor hen is. Dit zal verder worden toegelicht in hoofdstuk 4.

⁹ Solar Magazine (2024). '2 op de 3 consumenten met zonnepanelen wil een thuisbatterij installeren'.

¹⁰ Vereniging Eigen Huis (z.d.). Thuisbatterij: belangrijke vragen.

2.3 Operationele strategieën voor een thuisbatterij

Thuisbatterijen kunnen op verschillende manieren worden ingezet. De manier van inzetten hangt samen met het rationale om een thuisbatterij te adopteren. Per strategie wordt er een ander financiële rendement behaald. Deze strategieën kunnen grofweg worden onderverdeeld in drie categorieën:

Besparing op energiekosten (huishoudniveau):

In deze categorie kan de thuisbatterij worden ingezet voor het optimaliseren van het eigen verbruik: de elektriciteit die overdag wordt opgewekt door eigen zonnepanelen wordt opgeslagen in de batterij en kan op een later moment worden gebruikt door het huishouden. Dit voorkomt terugleverkosten op zonnestroom en zorgt ervoor dat het huishouden minder elektriciteit hoeft in te kopen op dure piekmomenten.

Daarnaast kan de batterij gebruikt worden om slimmer stroom in te kopen op basis van elektriciteitsprijzen. Hierbij wordt goedkope stroom aangeschaft, die vervolgens wordt gebruikt op momenten dat de prijzen hoger zijn. Op deze manier kunnen ook huishoudens zonder zonnepanelen besparen op hun energierekening met een thuisbatterij.

Beloning via energiemarkten (handelen):

Met de thuisbatterij kan op verschillende energiemarkten gehandeld worden. Zo kan er gehandeld worden op de 'day-aheadmarkt', door in te kopen op goedkope momenten en te verkopen op dure momenten. Verder kunnen geaggregeerde thuisbatterijen handelen op de 'intraday-markt'. Hierbij wordt er actief ingespeeld op kortetermijn-fluctuaties in het elektriciteitsnet, door energie te kopen of verkopen. Het handelen op de intraday-markt wordt in ieder geval uitgevoerd door de aanbieder van de thuisbatterij of een andere externe partij, Omdat je als huishouden niet op de intraday kan handelen.

Verskillende balanceringsproducten om onbalans tegen te gaan

Onbalans op het hoogspanningsnet ontstaat door afwijkingen in vraag en aanbod ten opzichte van de vooraf gedane inkopen en verkopen. De netbeheerder TenneT is verantwoordelijk voor het handhaven van de balans op het Nederlandse hoogspanningsnet. Hiervoor werkt TenneT samen met marktpartijen die als BSP (balance service provider) zijn erkend. BSP's kunnen drie verschillende balanceringsproducten leveren: FCR (primaire reserve), aFRR (regelvermogen) en mFRR (reserve en noodvermogen). FCR wordt automatisch geactiveerd op basis van afwijkingen in de frequentie op het Europese hoogspanningsnet. Het activeren van aFRR of mFRR wordt gecoördineerd door de netbeheerder TenneT en herstelt de onbalans op het Nederlandse hoogspanningsnet. aFRR wordt geactiveerd op basis van de merit order van de vooraf ingestuurde biedingen, terwijl mFRR wordt geactiveerd op basis van capaciteitscontracten. Een BSP haalt hier een financieel voordeel uit. Geactiveerd regel- of noodvermogen wordt namelijk vergoed op basis van de inzetprijs. De inzetprijs staat bij opregelen gelijk aan de hoogste waarde en bij afregelen aan de laagste prijs.

Beloning via netbeheerders

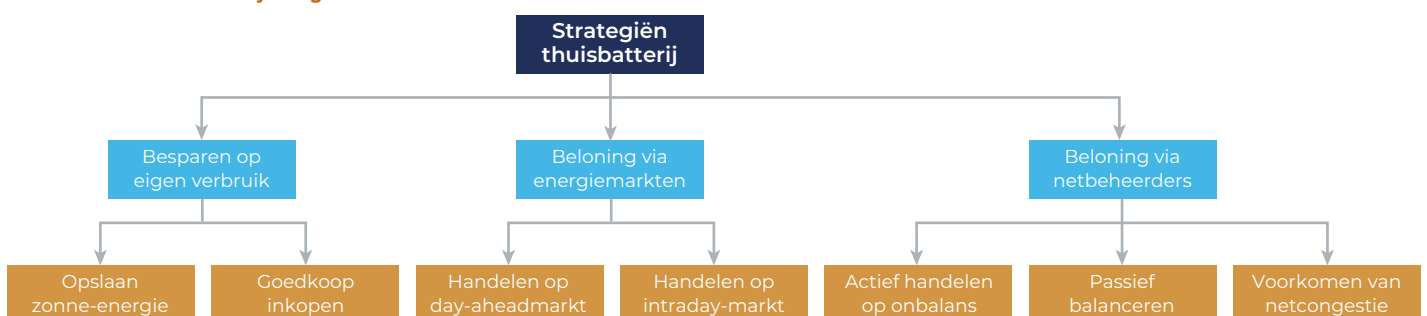
Met thuisbatterijen kan er, als deze juist worden aangestuurd, bijgedragen worden aan het oplossen van netcongestie. Door op te laden op momenten dat er veel aanbod is op het lokale net en te ontladen wanneer er veel vraag is op het lokale net, kan de druk op het laag- en middenspanningsnet worden verlaagd. Zo zijn er capaciteitsbeperkingscontracten (CBC's) waarbij gebruikers een vergoeding van de regionale netbeheerder krijgen om ofwel op afroep ofwel op vaste tijdstippen de vraag of aanbod te reduceren. Hoewel oplossingen als dit type contract niet gericht zijn op kleinverbruikers, is de verwachting dat huishoudens in de toekomst op een vergelijkbare manier betrokken kunnen worden bij congestiemanagement, bijvoorbeeld in de vorm van een korting op de netbeheerkosten bij congestiebeperkend gedrag. De exacte vergoeding of manier van vergoeden is nog onbekend.

Daarnaast kunnen thuisbatterijen, mits geaggregeerd, gebruikt worden voor 'actief balanceren', door het aanbieden van de balanceringsproducten FCR (frequency containment reserve) en FRR (frequency restoration reserves). Op dit moment worden er nog niet veel thuisbatterijen in Nederland ingezet om actief te balanceren, omdat de regels hiervoor redelijk streng zijn. Thuisbatterijen die als systeemdienst voor onbalans worden ingezet, worden voornamelijk ingezet voor 'passief balanceren', wat hieronder wordt toegelicht.

Tot slot kunnen thuisbatterijen ook meedoen met passief balanceren. Deze strategie wordt op dit moment veel gebruikt door aanbieders van thuisbatterijen, omdat het door de hoge onbalansprijzen veel winst kan opleveren. Bij deze strategie maken de thuisbatterijen gebruik van een BRP. Door (meer) te ontladen bij een systeemtekort of (meer) op te laden bij een systeemoverschot, draagt de thuisbatterij bij aan het herstellen van de onbalans en wordt er winst gemaakt.

Figuur 5 geeft een overzicht van de verschillende strategieën die ingezet kunnen worden om de thuisbatterij terug te verdienen.

Figuur 5. **Overzicht van de verschillende mogelijke strategieën om de thuisbatterij terug te verdienen.**



Passief balanceren op basis van onbalansprijzen

Iedere producent en leverancier van elektriciteit is ofwel zelf een erkende BRP of aangesloten bij een erkende BRP. 'BRP' staat voor balance responsible party, en alle BRP's zijn financieel verantwoordelijk voor het handhaven van de balans. Wanneer de BRP afwijkt van zijn energieprogramma, oftewel een out-of-balance-positie heeft, wordt dit verrekend met de TSO (Transmission system operator) tegen de onbalansprijs. De onbalansprijs is gelijk aan ofwel de inzetprijs voor geactiveerd vermogen in positieve richting ofwel de inzetprijs voor geactiveerd vermogen in negatieve richting. Hierbij gaat het om geactiveerd aFRR en mFRR.

Een out-of-balance-positie kan ontstaan door een onverwachte omstandigheid, bijvoorbeeld wanneer de BRP meer zonnestroom levert dan vooraf voorspeld. Maar het kan ook een bewuste afwijking zijn, waarbij de BRP probeert zijn marktpositie te optimaliseren om zijn winst te vergroten. Dit wordt ook wel passief balanceren genoemd.

Verrekening van de onbalans

Wanneer de out-of-balancepositie van de BRP in de 'juiste' richting is, wordt de BRP beloond met de onbalansprijs. Bij een positieve onbalansprijs wordt de BRP beloond om een overschot hebben, bij een negatieve onbalansprijs wordt de BRP beloond om juist een tekort hebben. De onbalansprijs is afhankelijk van het geactiveerde regelvermogen. Daardoor ben je niet zeker of je de juiste positie hebt gekozen. De BRP weet dus nooit zeker welke richting er gekozen moet worden voor de out-of-balancepositie. Is de out-of-balancepositie niet in de juiste richting na afloop van het kwartier, dan zal de BRP de onbalansprijs voor iedere MWh aan onbalans verrekenen. Dit zorgt ervoor dat passief balanceren risico's kent.

Combinatiestrategieën

Een combinatie van bovenstaande strategieën kan de financiële voordelen en de duurzaamheid van een thuisbatterij verbeteren. Zo kunnen huishoudens zowel hun eigen verbruik optimaliseren als actief deelnemen aan energiemarkten en systeemdiensten. Het handelen op meerdere energiemarkten tegelijkertijd wordt ook wel cross-market-optimalisatie genoemd en draagt bij aan het spreiden van risico's en stelt de batterij in staat om steeds opnieuw te bepalen wat de meest aantrekkelijke manier is om de batterij in te zetten. Dit maakt thuisbatterijen niet alleen een duurzame investering, maar zorgt er ook voor dat de batterij binnen een aantrekkelijke tijd wordt terugverdiend. Dit zal verder worden toegelicht in hoofdstuk 5.

Samenvattend

Het inzetten van een thuisbatterij gebeurt aan de hand van verschillende strategieën. De strategie kan wordt vaak gekozen op basis van de wensen van de consument, maar is ook afhankelijk van wat wordt aangeboden door de leverancier. In tabel 1 worden de voor- en nadelen van de verschillende strategieën samengevat.

2.4 Onzekerheden bij de verschillende strategieën

Er zijn verschillende risico's bij de verschillende strategieën, door de vele onzekerheden over de ontwikkelingen op de verschillende energiemarkten. In figuur 6 op de volgende pagina wordt een overzicht gegeven van de verschillende risico's, hun relatieve waarschijnlijkheid en de relatieve impact die ze kunnen hebben op de businesscase. Daarnaast wordt met de verschillende kleuren aangegeven op welke strategieën dit risico van toepassing is.

Figuur 6. **Verschillende onzekerheden van invloed op de businesscase van de thuisbatterij, uitgezet in de kans (waarschijnlijkheid) dat een risico zich voordoet en de negatieve impact op de businesscase en daarmee terugverdiendtijd wanneer dat het geval is.**

Risico's

Op de middellange termijn

1. Lagere volatiliteit day-aheadprijzen
2. Lagere volatiliteit intradayprijzen
3. Toename totaal flexibel vermogen in Nederland
4. Daling van de onbalansprijzen
5. Tijdsgebonden nettarieven
6. Dubbele energiebelasting



Legenda

Heeft effect op de volgende strategie:

- Besparing op energiekosten (a)
- Beloning via energiemarkten (b)
- Beloning via netbeheerders (c)
- Strategie a & b
- Strategie b & c
- Alle strategieën

Zo is er in de afgelopen jaren een toename in de volatiliteit van de elektriciteitsprijzen geweest op de day-ahead- en intradaymarkt, waardoor het handelen op verschillende energiemarkten aantrekkelijk is geworden (zie risico 1 en 2 in figuur 6). Deze volatiliteit zou weer kunnen afnemen, waardoor de mogelijke winsten ook dalen. Maar een afname in volatiliteit is niet erg waarschijnlijk, omdat de verdere integratie van zon en wind eerder zal leiden tot meer volatiliteit.

Tabel 1. **Overzicht van de voor- en nadelen van de verschillende strategieën.**

Strategie	Voordelen	Nadelen
a. Besparing op energiekosten	<ul style="list-style-type: none"> • Honderd procent duurzaam • Onafhankelijker van het net 	<ul style="list-style-type: none"> • Niet winstgevend
b. Beloning via markten	<ul style="list-style-type: none"> • Draagt bij aan het bij elkaar brengen van vraag en aanbod • Prijzen zijn vooraf bekend 	<ul style="list-style-type: none"> • Mogelijk dubbele energiebelasting (zie 'gevoeligheden', paragraaf 3.1.3.)
c. Beloning via netbeheerders	<ul style="list-style-type: none"> • Kan bijdragen aan oplossen lokale netcongestie door flexibiliteit op het laagspanningsnet 	<ul style="list-style-type: none"> • Passief balanceren brengt risico's met zich mee
Combinatiestrategie	<ul style="list-style-type: none"> • Speelt slimmer in op de markt • Spreidt risico's beter 	<ul style="list-style-type: none"> • Mogelijk dubbele energiebelasting (zie 'gevoeligheden', paragraaf 3.1.3.)

Daarnaast is de volatiliteit van de onbalansprijzen toegenomen in de afgelopen jaren (zie risico 4 in figuur 6). Aangezien de onbalansprijzen doorgaans al stevig hoger liggen dan de prijzen op de day-ahead- en intradaymarkt, heeft de toename in volatiliteit geleid tot een heel lucratieve businesscase bij actief en passief balanceren. Het risico bestaat echter dat onbalansprijzen dalen en de volatiliteit van de prijzen afneemt. Er is een grote waarschijnlijkheid dat dit effect optreedt wanneer er meer flexibel vermogen in de markt komt, zoals in 2.1 is toegelicht (zie risico 3 in figuur 6). Flexibel vermogen is niet alleen afkomstig vanuit batterijen, maar ook vanuit hernieuwbare bronnen en interconnectie. Door een toename van flexibel vermogen ontstaat er veel meer concurrentie, waardoor het moeilijker wordt om (hoge) winsten te behalen.

Daarnaast kan een grote stijging van passief balanceren leiden tot marktverzadiging, omdat er minder actief gebalanceerd hoeft te worden, waardoor de inzet- en onbalansprijzen dalen. De potentiële impact van prijsdalingen is hoog, omdat potentiële winsten met bijvoorbeeld passief balanceren dalen, terwijl het risico van passief balanceren relatief hoog blijft. Dit risico komt grotendeels voort uit de toenemende mate van kwartieren waarin regeltoestand 2 geldt, waarbij er twee onbalansprijzen worden gevormd en de BRP, en dus de thuisbatterij, minder gunstige prijzen betaalt of ontvangt voor een out-of-balance positie. Dit leidt tot een minder stabiele en minder lucratieve businesscase.

Tevens vormen ook eventuele tijdgebonden nettarieven (zie onderstaand kader) een onzekerheid (zie risico 5 in figuur 6). Bij deze tijdgebonden nettarieven wordt het duurder om elektriciteit van het net af te nemen in piekuren, en juist goedkoper in daluren. Dit heeft een positieve invloed op de besparingsstrategie, omdat de dure piekuren vermeden kunnen worden bij het gebruik van een thuisbatterij. Bij de beloningsstrategieën kan het echter een negatieve invloed hebben, omdat prijsverschillen kleiner kunnen worden wanneer er hogere nettarieven moeten worden betaald bij de inkoop van elektriciteit. Dit kan vooral impact hebben op handelen op de day-ahead- en intraday-markt, omdat de prijsverschillen op deze markten kleiner zijn.

Regeltoestand 2

De onbalansprijs wordt bepaald door ofwel de inzetprijs voor opwaarts regelen (balanceren in positieve richting) ofwel de inzetprijs voor neerwaarts regelen (balanceren in negatieve richting). Welke inzetprijs geldt, hangt af van de richting van het door TenneT geactiveerde regelvermogen tijdens de onbalansverrekeningsperiode (15 minuten). In de meeste gevallen wordt er één onbalansprijs vastgesteld per kwartier. Deze prijs wordt gebruikt de out-of-balancepositie te verrekenen met de BRP's. Maar wanneer TenneT binnen hetzelfde kwartier zowel moet opregelen als afregelen en de 'balans-delta's' zowel stijgend als dalend zijn, geldt regeltoestand 2. Deze situatie wordt vaak veroorzaakt doordat er te snel met te veel volume passief gebalanceerd wordt.

In regeltoestand 2 worden er twee onbalansprijzen vastgesteld. De inzetprijs voor opwaarts regelen bepaalt de onbalansprijs voor een BRP-tekort en de inzetprijs voor neerwaarts regelen bepaalt de onbalansprijs voor een BRP-overschot. Deze situatie is nadelig voor de BRP.

Door het toenemende volume aan flexibele vermogen, waarmee deels snel op- of afgeschakeld kan worden, en het intermitterende karakter van de toenemende hernieuwbare productie, komt het steeds vaker voor dat regeltoestand 2 geldt in een onbalansverrekeningsperiode. In 2024 was dit zelfs zo'n 15% van de tijd¹¹, terwijl ernaar wordt gestreefd om maximaal 10% van de tijd in regeltoestand 2 te zitten.¹² Deze ontwikkeling verhoogt het risico bij passief balanceren. Hoewel regeltoestand 2 nadelig is voor de BRP's, leidt dit slechts in enkele gevallen tot grote verliezen.

¹¹ Berekening op basis van: TenneT (z.d.). Verrekenprijzen.

¹² ACM (2022). Goedkeuring dubbele prijsstelling voor onbalansverrekening.

Tijdsgebonden nettarieven

Bij een tijdsgebonden kilowattuurtarief moeten consumenten betalen naargelang hun elektriciteitsverbruik. Hierbij varieert het tarief dat zij zullen betalen elk uur van de dag om zo verbruik tijdens ochtend- en avondpieken duurder te maken dan in de nacht of rond het middaguur. Daarmee moet het nettatarief een prikkel geven om het piekverbruik naar dalmomenten te verplaatsen. Netbeheer Nederland onderzoekt de werking en implementatie van tijdsgebonden nettarieven.¹³

Tot slot is er een grote kans dat er dubbele energiebelasting moet worden betaald vanaf 2027 (zie risico 6 in figuur 7). Hoewel het Ministerie van Financiën heeft aangegeven dat dubbele energiebelasting onwenselijk is heeft het Ministerie van Klimaat en Groene Groei aangekondigd dat er voorlopig geen oplossing komt.^{14, 15} Hierbij moet het huishouden energiebelasting betalen over alle elektriciteit die wordt opgeladen vanuit het net, ook wanneer de thuisbatterij wordt ingezet om te handelen met deze elektriciteit in plaats van deze elektriciteit te consumeren. Door het wegvallen van de salderingsregeling krijgt het huishouden deze energiebelasting niet terug wanneer er wordt teruggeleverd aan het net door de thuisbatterij te ontladen. Hierdoor wordt het moeilijker om winsten te behalen met het handelen op de energiemarkten. De verwachting is dat hier een oplossing wordt gevonden voor het betalen van dubbele energiebelasting.

Impact van thuisbatterijen

De impact van batterijen op het milieu en op de CO₂-uitstoot wordt vaak gebruikt als argument waarom batterijen niet zouden bijdragen aan de verduurzaming in Nederland. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van alle negatieve en positieve effecten van thuisbatterijen op zowel het milieu als de CO₂-uitstoot.

2.5 Impact op milieu

Veel thuisbatterijen zijn lithium-ijzerfosfaatbatterijen (LFP-batterijen). De LFP-technologie wordt in toenemende mate toegepast voor verschillende typen batterijen, waaronder thuisbatterijen en elektrische auto's. Ze bieden een aantrekkelijk alternatief voor andere batterijtechnologieën, mede doordat ze gebruikmaken van de goedkopere en minder schaarse grondstoffen ijzer en fosfaat.¹⁶ Daarnaast bevatten LFP-batterijen geen kobalt, dat op slechts enkele plekken ter wereld voorkomt en waarvan de winning vaak plaatsvindt onder slechte arbeidsomstandigheden.¹⁷ Het vermijden van het gebruik van kobalt is dus een positief aspect aan de LFP-batterij.

Hoewel lithium niet tot de zeldzame aardmetalen behoort, staat het wel op de lijst van de strategische kritieke grondstoffen van de Europese Commissie.¹⁸ Daarnaast gaat de winning ervan gepaard met significante milieueffecten, zoals een hoge energie-intensiteit en de uitstoot van verontreinigende stoffen. Toch geven meerdere onderzoeken aan dat de milieu-impact van LFP-batterijen minder groot is dan van andere typen batterijen, doordat er andere materialen worden gebruikt en de CO₂-uitstoot bij productie beperkt is.^{6,19}

Naast de winning van grondstoffen zijn ook de verwerking en recyclemogelijkheden van thuisbatterijen van groot belang voor de milieu-impact. LFP-batterijen hebben hierbij een voordeel, omdat deze minder problematische stoffen bevatten in vergelijking met andere batterijtypen, zoals batterijen met kobalt. Lithium is goed recyclebaar, maar het huidige recyclingproces is nog niet economisch rendabel. De Europese Raad heeft echter in 2023 een verordening aangenomen die zorgt voor strengere regelgeving rondom de recycling van batterijen.

Zo moet in 2027 50% van het lithium worden teruggewonnen uit afgedankte batterijen; in 2021 stijgt dit zelfs naar 80%.^{20,21} Dankzij deze gedwongen recycling verbetert de milieu-impact van LFP-batterijen.

¹⁶ Evro et al. (2024). Navigating battery choices: A comparative study of lithium iron phosphate and nickel manganese cobalt battery technologies.

¹⁷ Natuur en Milieu. Elektrische auto's en accu's: hoe duurzaam zijn ze?

¹⁸ Europese Raad. Een verordening kritieke grondstoffen voor de toekomst van de Europese toeleveringsketens.

¹⁹ Roland Berger (2023). Battery Monitor 2022: Battery materials.

²⁰ Rabobank (2025). Een thuisbatterij, is dat iets voor mij?

²¹ Europese Raad (2023). Raad neemt verordening batterijen en afgedankte batterijen aan.

¹³ Bron: Berenschot (2024). Verkenning alternatief nettariestelsel kleinverbruik.

¹⁴ Energieia (2025). Geen oplossing voor dubbele energiebelasting thuisbatterij.

¹⁵ Ministerie van Financiën (2024). Naar een toekomstbestendige energiebelasting.

2.6 Impact op totale (CO₂-)uitstoot

Thuisbatterijen kunnen een belangrijke rol spelen in de vermindering van CO₂-uitstoot, maar hun productieproces brengt wel een CO₂-uitstoot met zich mee. In deze paragraaf gaan we in op de CO₂-uitstoot en de CO₂-reductie van thuisbatterijen.

2.6.1 CO₂-uitstoot bij productie van thuisbatterijen

Zoals bij de productie van alle batterijen komt er ook bij de productie van thuisbatterijen CO₂ vrij. De winning en verwerking van de grondstoffen voor de batterijen vereisen energie-intensieve processen, waarbij de elektriciteit over het algemeen grotendeels uit fossiele brandstoffen wordt opgewekt. Doorgaans wordt uitgegaan van 80 kilogram CO₂ per kilowattuur capaciteit.²² Producenten gaan soms zelf uit van 21 kilogram CO₂ per kilowattuur capaciteit in hun duurzaamheidsrapportage²³. In dit rapport gaan we uit van 80 kilogram CO₂ per kilowattuur capaciteit.

Daarnaast brengen de productie van batterijen en de uiteindelijke recycling of verwerking ervan extra emissies met zich mee. Wanneer de batterijen (bijna) volledig gerecycled zouden worden, zou de CO₂-uitstoot over de gehele cyclus gezien verminderen, omdat de grondstoffen niet opnieuw gewonnen hoeven te worden. De CO₂-uitstoot van een thuisbatterij is dus niet verwaarloosbaar; het is belangrijk om te zorgen voor duurzame en efficiënte productie- en recyclingsystemen om de totale impact te minimaliseren.

CO₂-reductie bij het gebruik van thuisbatterijen

Allereerst kunnen huishoudens hun zelf opgewekte zonne-energie opslaan met behulp van de thuisbatterij om deze later zelf weer te gebruiken, bijvoorbeeld in de avonden wanneer er relatief veel vraag en relatief weinig aanbod van groene elektriciteit in het systeem is. Op deze manier vermindert het huishouden zijn afhankelijkheid van het elektriciteitsnet en daarmee ook de vraag naar fossiele energiebronnen. Door de thuisbatterij in te zetten voor eigen verbruik draagt de thuisbatterij dus bij aan CO₂-reductie.

De toegevoegde waarde van de batterij is echter afhankelijk van de bestemming van de stroom die anders teruggeleverd zou worden. Als er elektriciteit wordt opgeslagen die anders bij een consument zonder zonnepanelen terecht zou komen, is het opslaan van deze stroom niet per definitie nuttig voor de landelijke CO₂-uitstoot. Er zijn echter momenten dat teruggeleverde stroom niet nuttig gebruikt kan worden, ofwel door lokale congestie ofwel door een landelijk overschot aan duurzame productie. Op deze momenten is opslag wél van toegevoegde waarde voor CO₂-reductie. Er is aangenomen dat dit het geval is wanneer de stroomprijzen negatief zijn.

Ook bij het handelen op de energiemarkten en op de passieve onbalans kan de thuisbatterij CO₂-reductie bewerkstelligen. Wanneer er wordt gehandeld op de energiemarkten, laadt de batterij op bij lage prijzen en ontladend hij bij hoge prijzen. Aangezien fossiele energie een hogere marginale prijs heeft dan groene energie, zal de elektriciteitsmix gemiddeld groener zijn tijdens het opladen dan bij het ontladen. Bij passieve onbalans geldt dat er wordt opgeladen om onverwachte overschotten op te vangen. Dit kan ervoor zorgen dat er minder duurzame stroom gecurtaild wordt. Ontladen gebeurt bij onverwachte tekorten, die anders met flexibele productie zoals gascentrales zouden worden opgevangen.

Het opladen met stroom die gemiddeld groener is dan de stroom die wordt vervangen tijdens de ontladmomenten, levert de volgende jaarlijkse CO₂-reducties op per strategie²⁴:

- Beloning via netbeheerders: 266 tot 3.529 kilogram CO₂-reductie per jaar
- Beloning via handel: 598 tot 3.310 kilogram CO₂-reductie per jaar
- Besparen: 29 tot 52 kilogram CO₂-reductie per jaar (bij een batterij van 2 kilowattuur)
- Combinatie: 369 tot 4.400 kilogram CO₂-reductie per jaar

Voor alle strategieën geldt dat de range erg groot is en dat de bovenkant van de range waarschijnlijk een grote overschatting is. De exacte reductie is lastig te bepalen, zoals uitgelegd in paragraaf 5.2. Maar zelfs wanneer de onderkant van de range wordt aangehouden, kan er met elke strategie meer CO₂ gereduceerd worden tijdens de levensduur (vijftien jaar of 7.000 cycli) dan is uitgestoten tijdens de productie van de batterij. Daarmee kan geconcludeerd worden dat de thuisbatterij netto gezien leidt tot een CO₂-reductie.

²² Roland Berger (2022). Battery Monitor 2022: Battery materials.

²³ Pylontech (2023). Sustainability and ESG Report.

²⁴ Dit geldt bij een batterij van 20 kWh die de strategie volgt zoals beschreven in de methodesectie in paragraaf 4.1. Voor deze berekening is uitgegaan van het jaar 2025, waarin er nog geen energiebelasting wordt betaald over energiehandel. Dit is relevant aangezien energiebelasting invloed heeft op de laadstrategie (hierover meer in paragraaf 4.2), en daarmee ook op de CO₂-reductie.

2.7 Impact op het elektriciteitsnet

Wanneer een thuisbatterij wordt gebruikt voor eigen verbruik, heeft dit vaak een positieve impact op het elektriciteitsnet. De opgewekte elektriciteit blijft namelijk achter de meter en maakt geen gebruik van het lokale net. Dit verlaagt de belasting op het elektriciteitsnet en vermindert de druk tijdens piekmomenten. Bij een simpele laadstrategie is deze impact echter klein. Het zal namelijk vaak voorkomen dat de batterij al leeg is tijdens de grootste afnamepieken en al vol is tijdens de grootste terugleverpieken.

Mede hierom wordt vaak geargumenteed dat thuisbatterijen geen positieve invloed hebben op netcongestie. Het klopt dat thuisbatterijen reageren op nationale prijsprikkels en dat deze prijzen in sommige situaties niet de lokale netcongestie weerspiegelen. Er zijn situaties waarbij er bijvoorbeeld lage prijzen ontstaan door veel wind op zee, waardoor de thuisbatterijen gaan opladen. Wanneer deze thuisbatterij in het oosten van het land staat, kan er lokale netcongestie ontstaan door het opladen van de batterijen. Hierdoor kunnen thuisbatterijen, net als andere installaties die reageren op prijsprikkels, soms onbedoeld bijdragen aan lokale netcongestie in plaats van deze te verminderen.

Inmiddels zijn er echter verschillende samenwerkingen gestart met netbeheerders om te voorkomen dat de thuisbatterij in sommige situaties netcongesties veroorzaakt. De ontwikkelde systemen zorgen ervoor dat thuisbatterijen niet alleen reageren op prijsprikkels, maar ook rekening houden met lokale netomstandigheden. Daarmee laadt de thuisbatterij niet op tijdens de piekuren op het lokale net, en ontladit deze niet wanneer er een overschot is op het lokale net. Hiermee is er dus een extra zekerheid dat thuisbatterijen nooit netcongestie versterken. Er kan dan gesproken worden van een minstens 'net-neutrale' thuisbatterij, die geen negatieve effecten en eventueel wel positieve effecten heeft op het laag- en middenspanningsnet.

HOOFDSTUK 3

De businesscase van de thuisbatterij

Het doel van de businesscase is het bepalen van de terugverdientijd en de netto contante waarde van een thuisbatterij in verschillende situaties. Hiervoor is een cashflowmodel gebruikt waarbij een discontovoet van 2,5% is aangehouden. Dit is de risico-gewogen discontovoet voor bezittingen van huishoudens²⁵. Huishoudens waarderen een toekomstige euro dus 2,5% lager per jaar uitstel dan een euro die nu in bezit is. Deze euro kan namelijk voor andere doeleinden gebruikt worden, waaronder investeren of het aflossen van schuld.

Wanneer, ondanks een lagere waardering van toekomstig geld, de netto constante waarde (NCW) positief uitvalt, is de investering dus rendabel voor de consument. De terugverdientijd in deze analyse is het aantal jaren (afgerond naar boven tot hele jaren) dat het duurt totdat de NCW positief wordt.

De businesscase van de thuisbatterij is berekend op basis van de vier verschillende strategieën zoals gepresenteerd in hoofdstuk 2:

1. Besparing op energiekosten
2. Beloning via energiemarkten
3. Beloning via netbeheerders
4. Combinatiestrategie (een combinatie van bovenstaande strategieën).

In dit hoofdstuk wordt eerst uitgelegd hoe deze strategieën gemodelleerd zijn om tot een businesscase te komen. Daarna worden de resultaten van de businesscase gepresenteerd.

3.1 Methode

3.1.1 Invoerdata

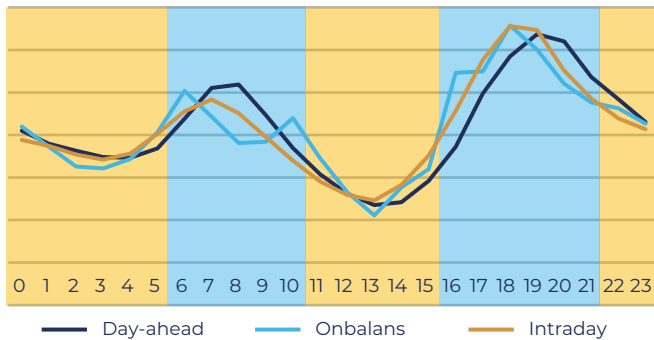
Per strategie wordt een inschatting gemaakt van de kosten en de inkomsten die gepaard gaan met de thuisbatterij. Hiervoor zijn er gemiddelde prijsreeksen per uur gemaakt van het jaar 2024 van de intradaymarkt en de onbalansprijzen. Verder zijn de day-aheadprijzen van 2024 gebruikt, die al per uur worden weergegeven. Voor de terugverdientijd op basis van het verhogen van eigen gebruik is uitgegaan van een jaarlijks verbruik van 3.500 kilowattuur met tien zonnepanelen, wat, met 400 wattpiek per paneel en 0,875 kilowattuur per wattpiek per jaar, ook 3.500 kilowattuur opbrengt. De vraag per uur wordt bepaald door een standaardprofiel te schalen naar deze 3.500 kilowattuur; voor de opwek is dit gedaan op basis van KNMI-data van de zon in 2024.

3.1.2 Batterijmodellering

Om een schatting te kunnen maken van de inkomsten van een batterij moeten er aannames worden gedaan over de strategie van de batterij. Voor alle strategieën (behalve de bespaarstrategie) is een vergelijkbare methode gebruikt, maar met verschillende prijsreeksen. In eerste instantie worden er per dag twee tijdsblokken als potentieel laadmoment en twee tijdsblokken als potentieel ontladmoment gedefinieerd. Dat is gedaan aan de hand van de gemiddelde prijscurves van de drie prijsreeksen (intraday, day-ahead, onbalans). In figuur 8 is te zien dat gemiddeld gezien alle drie de markten een vergelijkbaar prijsverloop hebben over een gemiddelde dag, al verschillen de curves in hoogte en zullen er per dag of per uur grote verschillen zijn.

25 [Discontovoet voor de Nederlandse economie.](#)

Figuur 8. Gemiddeld, genormaliseerd prijsverloop over een dag van drie energiemarkten.



In de basis is de strategie om elke dag, in de goedkoopste twee uur van elk geel vlak (van 22.00 tot 6.00 en van 11.00 tot 16.00 uur) op maximaal vermogen te laden en in de duurste twee uur van elk blauw vlak (van 6.00 tot 11.00 en van 16.00 tot 22.00 uur) op maximaal vermogen te ontladen. Deze strategie zorgt er ook voor dat congestie vrijwel zeker niet erger wordt door het laadgedrag van de batterij, aangezien afnamepieken tussen 16.00 en 21.00 uur liggen²⁶.

Het is echter niet altijd verstandig om te laden en ontladen in de geselecteerde uren, namelijk wanneer het prijsverschil tussen laden en ontladen klein is. Wanneer het prijsverschil tussen het laadmoment in het gele blok en de ontladmomenten in het eerstvolgende blauwe blok niet minstens € 0,05 per kilowattuur is, wordt er niet geladen. De afschrijving van de batterij zou anders groter zijn dan de inkomsten. Er wordt namelijk uitgegaan van een 20 kilowattuurbatterij met 8.000 cycli die € 7.200 kost. De afschrijving van elke cycle is dan ongeveer € 1, wat betekent dat elk kilowattuur door de batterij voor ongeveer € 0,05 afschrijving zorgt.

Hierbij is er een uitzondering. Wanneer de prijs negatief is, wordt er namelijk alsnog geladen; als de prijzen in het eerstvolgende blauwe blok te laag zijn, wordt het ontladen uitgesteld tot in een later blauw tijdvlak.

Beloning via netbeheerders

Beloning via netbeheerders wordt ingevuld door passieve onbalanshandel. Deze prijzen veranderen per kwartier en kunnen ook buiten het patroon uit figuur 8 grote pieken en dalen hebben. De strategie zoals hierboven beschreven is dus versimpeld en suboptimaal. Aan de andere kant: wanneer er passief op onbalansprijzen wordt ingespeeld, zijn de tarieven niet van tevoren bekend. De partijen moeten dus zelf inschatten wat gunstige laad- en ontladmomenten zijn.

In de beschreven modellering waren de prijzen wel vooraf bekend. Hierdoor vallen de inkomsten toch hoger uit dan in de werkelijkheid. Met deze modellering lijkt er € 2.754 per jaar te worden verdiend, terwijl partijen als Zonneplan en FrankEnergie in 2024 opbrengsten van zo'n € 2.150 wisten te realiseren, uitgaande van onbalanshandel met een batterij van 20 kilowattuur.²⁷ Om dit verschil op te heffen is een correctiefactor van 0,78 toegepast.

Beloning via energiemarkten^{28,29}.

Voor beloning via de energiemarkten is eerst een prijsreeks van de intradaymarkt gemaakt. Dit is de volume weighted average price (VWAP) van alle transacties binnen een uur. De transacties kunnen in prijs echter allemaal verschillen; het is dus mogelijk om gunstigere, maar ook minder gunstige transacties te doen. Binnen deze strategie wordt op zowel de intraday- als de day-aheadmarkt gehandeld; om die reden zijn de prijsreeksen samengevoegd. Volgens de reeksen in figuur 8, wordt in gele uren de laagste prijs van de twee reeksen gekozen, en in blauwe uren de hoogste van de twee. Day-aheadprijzen zijn vooraf bekend; die kunnen dus daadwerkelijk gerealiseerd worden. De intradayprijzen staan niet van tevoren vast. De intraday is echter een vrije markt waar je als aanbieder zelf kunt bepalen tegen welke prijs je bereid bent te verkopen. De vraag en het overige aanbod bepaalt echter of je bieding door een andere partij geaccepteerd zal worden.

Besparen

Voor de strategie 'besparen' wordt een kleinere batterij gebruikt, een van 2 kilowattuur. Voor een woning met 3.500 kilowattuur en tien zonnepanelen kan een grotere batterij wel voor een grotere besparing zorgen, maar de toegevoegde waarde van meer capaciteit neemt af, terwijl de investeringskosten vrijwel lineair stijgen. Deze strategie doet niet aan actieve handel. De batterij slaat simpelweg overschotten van eigen productie op in plaats van dat die wordt teruggeleverd aan het net. Wanneer de vraag van het huishouden weer groter is dan de eigen opwek, ontladde de batterij. Hierdoor kan er door het jaar heen 464 kilowattuur meer zelf worden gebruikt.

26 Oproep om minder stroom te gebruiken tijdens avondpiek geldt ook voor jou: 'Helpt echt'.

27 Thuisbatterij maandresultaten - Onbalansmarkt

28 Klimaat en Groene Groei (2024). Kamerbrief Netcongestie

29 ACM (2024). ACM waarschuwt voor onduidelijke reclames over thuisbatterijen

In deze businesscase wordt iets selectiever opgeladen, om een hoger rendement te behalen, en wordt het eigen gebruik met 384 kilowattuur verhoogd. Er wordt namelijk enkel opgeladen in de vijf uur van de dag dat de day-aheadprijs het laagst is. Wanneer de prijs hoger is, wordt de stroom aan het net geleverd. Hierdoor wordt er ruimte in de batterij vrijgehouden voor momenten dat de prijzen het laagst zijn en de overschotten het grootst. Dit is niet alleen beter voor de portemonnee, maar ook voor de CO₂-reductie. Anders komt het op zonnige dagen voor dat de batterij al volgeladen is voor de grootste opwekpiek van die dag. Dan laad je dus op als de stroom duurder is en die ook nog ergens anders in het systeem goed gebruikt kan worden.

Combinatiestrategie

De combinatiestrategie reserveert 2 kilowattuur voor besparen en doet dit exact als in de bespaarstrategie. De overige 18 kilowattuur wordt gebruikt voor handel op day-ahead, intraday en onbalans. Hiertoe zijn de drie prijsreeksen samengevoegd zoals eerder al met de day-ahead- en intradayprijzen werd gedaan. Voor de onbalansprijzen is dezelfde correctiefactor gebruikt als bij 'beloning via netbeheerders', namelijk 0,78, om de overschatting wegens voorkennis te compenseren.

3.1.3 Gevoeligheden

Investeringskosten

In de gevoeligheidsanalyse is rekening gehouden met een stijging en daling van de investeringskosten van 10%. In theorie kan deze kostendaling groter zijn, maar omdat de businesscase over een investeringsmoment in de nabije toekomst gaat, zullen de investeringskosten maar beperkt afwijken.

Tijdgebonden kilowattuur-nettarieven

Tijdgebonden kilowattuur-nettarieven³⁰ zorgen voor een verhoging van de inkoopprijs terwijl de verkoopprijs gelijk blijft. Deze verhogen de inkoopprijs maar niet de verkoopprijs, waardoor de eigenaar van de batterij minder zal handelen. Deze tijdgebonden nettarieven zijn in ontwikkeling en de exacte invulling, als het systeem geïmplementeerd wordt, staat nog niet vast. Aangezien dit in ontwikkeling is, kunnen deze tarieven nog afwijken van de aangenomen waarden.

Volatiliteit onbalansprijzen

Er is veel onzekerheid over de ontwikkeling van de volatiliteit van de onbalansprijzen. De passieve onbalansvolumes namen de afgelopen jaren af, terwijl de prijsverschillen wel groter werden. Daarom wordt onderzocht wat dit doet met de businesscase van de thuisbatterij. Om te bepalen wat de gevolgen zijn van meer of minder volatiele onbalansprijzen dan in 2024, is de prijsreeks bewerkt. Hierbij betekenen de percentages een vergroting of verkleining van de afwijking van de gemiddelde prijs.

Investeringsjaar

Het jaar van investeren is relevant voor de energiebelasting. Deze verandert per jaar en voor 2027 is salderen nog niet afgeschafte en krijg je energiebelasting terug over stroom die weer terug het net op gaat. De basisaanname is een investering in 2025; in de gevoeligheidsanalyse wordt rekening gehouden met aanschaf in 2027, zodat er helemaal niet meer van saldering geprofiteerd wordt.

Dubbele energiebelasting

Om rekening te houden met de mogelijk dubbele energiebelasting op elektriciteit die door batterijen wordt verhandeld, wordt de inkoopprijs verhoogd met de energiebelasting van het desbetreffende jaar op basis van het Wetsvoorstel Belastingplan 2025.³¹ De verkoopprijs blijft ongewijzigd. De batterijen zullen hierdoor minder vaak opladen en ontladen wegens het minimale prijsverschil tussen inkoop en verkoop van € 0,05 per kilowattuur. Voor de bespaarstrategie zorgt het juist voor een grotere besparing.

Dubbele energiebelasting

Wanneer elektriciteit wordt ingekocht voor handel, hoeft hier doorgaans geen energiebelasting over betaald te worden. Thuisbatterijen lijken hier een uitzondering op te gaan worden zodra de salderingsregeling vervalt. Zonder nieuw beleid lijkt voor thuisbatterijen energiebelasting betaald te moeten gaan worden vanaf 2027, ook wanneer deze batterijen voor handel worden ingezet.

Het Ministerie van Financiën geeft aan dat deze dubbele energiebelasting onwenselijk is. Zij zien op dit moment echter nog geen passende oplossing voor het omzeilen van deze dubbele belasting.³² In dit onderzoek worden daarom steeds twee configuraties getoond.

30 Verkenning alternatief nettariestelsel kleinverbruik.

31 Belastingplanstukken | Prinsjesdag: Belastingplan 2025 | Rijksoverheid.nl.

32 Ministerie van Financiën (2024). Naar een toekomstbestendige energiebelasting

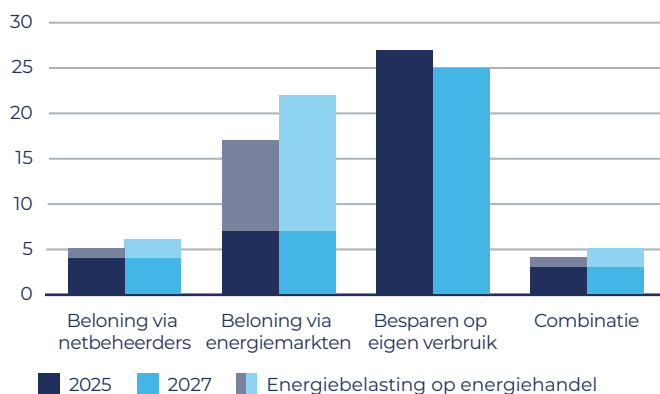
Robuustheidsanalyse combinatiestrategie

In de gevoeligheidsanalyse is ook rekening gehouden met een combinatie van tegenvallende omstandigheden. In dit scenario wordt er geïnvesteerd in 2027, zijn de onbalansprijzen 50% minder volatiel, wordt er dubbele energiebelasting gerekend én zijn er tijdgebonden kilowattuur-nettarieven die wel voor inkoop maar niet voor verkoop gelden.

3.2 Resultaten businesscase

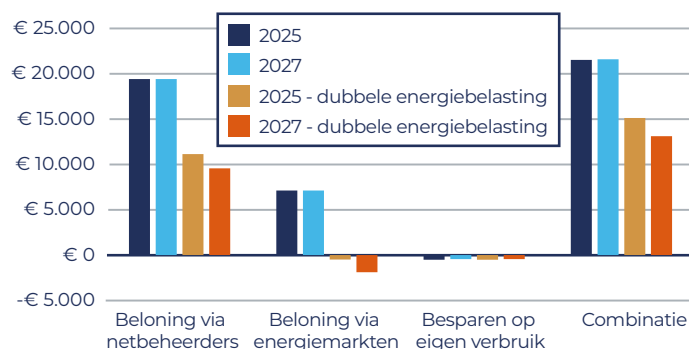
De terugverdientijd van ieder van de strategieën is te zien in figuur 9. In deze figuur zijn verschillende scenario's zichtbaar, gebaseerd op twee verschillende variabelen: het jaar van aankoop en de vraag of de batterij onderhevig is aan energiebelasting op energiehandel. Dit zijn twee variabelen die een grote impact hebben op de terugverdientijd. De besparingsstrategie is de enige strategie die een kortere terugverdientijd heeft wanneer er wordt geïnvesteerd in 2027. Dit komt doordat wanneer de salderingsregeling is afgeschaft, het minder loont om elektriciteit terug te leveren. Voor de andere strategieën zorgt dubbele energiebelasting na saldering voor een langere terugverdientijd; dit wordt verder toegelicht in het tekstvlak onderaan deze sectie.

Figuur 9. Terugverdientijden van de vier verschillende strategieën.



De resultaten laten zien dat de combinatiestrategie de kortste terugverdientijd heeft, kort gevolgd door beloning via netbeheerders. In figuur 10 is te zien dat de NCW na vijftien jaar ook vergelijkbaar is. Dit komt doordat de combinatiestrategie grotendeels verdient op de onbalans. Wel is te zien dat de combinatiestrategie iets meer oplevert en minder gevoelig is voor dubbele energiebelasting.

Figuur 10. NCW van de batterij na vijftien jaar voor de vier strategieën.



Het effect van dubbele energiebelasting op de businesscase

Dubbele energiebelasting heeft grote gevolgen voor de businesscase van thuisbatterijen, zoals te zien is in figuur 9 en figuur 10. In figuur 9 is te zien hoeveel langer de terugverdientijd wordt door de dubbele belasting, en in figuur 10 is te zien hoe de NCW erdoor verandert. Het verschil tussen 2025 en 2027 komt doordat batterijen aangeschaft in 2025 nog twee jaar van de salderingsregeling profiteren.

Door de hogere inkoopprijs maakt de batterij minder winst per cycle en daalt het aantal cycli per jaar. Bij handelen op onbalans daalt het aantal cycli van 556 naar 327 per jaar, en de nettowinst van € 2.375 naar € 1.420. De combinatiestrategie vertoont een vergelijkbaar effect, met een daling van 693 naar 375 cycli, en de netto winst daalt van € 2.921 naar € 1.597. Bij handel op de energiemarkten is het effect groter, door de kleinere prijsverschillen. Het aantal cycli daalt van 521 naar 178 per jaar, en de netto winst van € 1.158 naar € 370. Na 2027 stijgen het aantal cycli en de winsten weer langzaam door dalende energiebelasting.

Dubbele energiebelasting heeft een groot effect op de winst, maar figuur 10 laat zien dat hoge rendementen mogelijk blijven met een aangepaste strategie, vooral bij gebruik van een gecombineerde strategie.

3.2.1 Gevoeligheidsanalyse

In de onderstaande paragrafen wordt de verandering in de terugverdientijd toegelicht bij verschillende aanpassingen. In de gevoeligheidsanalyse zijn de volgende variabelen getoetst: 1) investeringskosten, 2) tijdgebonden nettarieven, 3) volatiliteit van de onbalansprijzen, 4) investeringsjaar, en 5) dubbele energiebelasting. De keuze voor deze variabelen en de veranderingen van de inputwaarden zijn toegelicht in bijlage II.

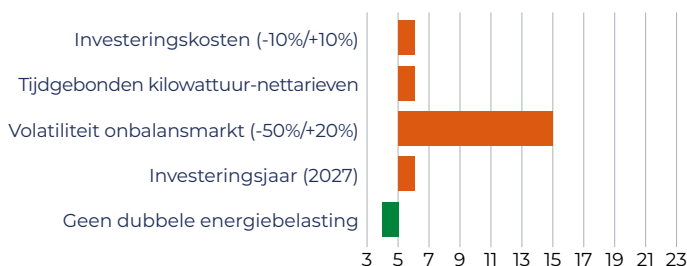
De veranderingen die worden weergegeven, zijn ten opzichte van de basisaannames: investeringskosten zoals gepresenteerd in 5.1, geen tijdgebonden nettarieven, onbalansprijzen van het jaar 2024, investeringsjaar 2025 en dubbele energiebelasting vanaf 2027.

3.2.2 Beloning via netbeheerders

Op basis van de onbalansprijzen uit 2024 heeft de thuisbatterij een heel aantrekkelijke businesscase met deze strategie. De onbalansprijzen waren in 2022, 2023 en 2024 hoog en volatiel genoeg om het effect van een mogelijke dubbele energiebelasting op te kunnen vangen. Eerdere jaren zijn niet meegenomen in dit onderzoek. De volatiliteit bij de onbalansprijzen vormt echter een cruciale factor in deze strategie. Wanneer deze afneemt, neemt de terugverdientijd toe.

Zoals te zien is in figuur 11, stijgt de terugverdientijd aanzienlijk wanneer de prijsvolatiliteit afneemt. Zo kan de terugverdientijd verdrievoudigen tot vijftien jaar, als de volatiliteit van de onbalansprijzen halveert. Aangezien het volume van deze markt ook nog eens beperkt is, is het risicovol om hierop te blijven inzetten. Als de markt verandert, zullen de inkomsten niet direct wegvallen maar op de langere termijn (vijf tot tien jaar) wordt deze strategie minder zeker.

Figuur 11. Gevoeligheidsanalyse 'beloning via netbeheerders'-strategie. Groen betekent een positief effect op de businesscase, rood betekent een negatief effect op de businesscase.



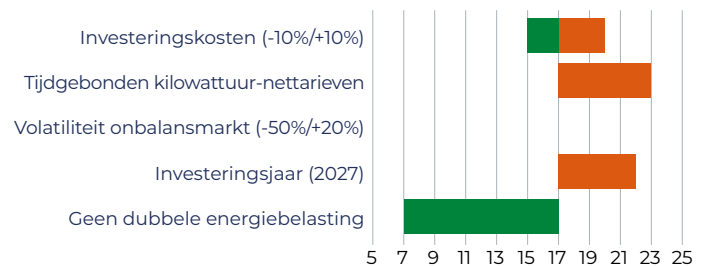
3.2.3 Beloning via energiemarkten

Handel op de day-ahead- en intradaymarkten kan een goede businesscase opleveren zolang er geen dubbele energiebelasting wordt geheven. In figuur 12 is te zien dat de terugverdientijd zeven jaar is zonder dubbele energiebelasting, maar wel zeventien jaar met dubbele energiebelasting.

Daarnaast is de mogelijke invoer van tijdgebonden nettarieven een groot risico voor deze strategie. Dit zorgt namelijk, net als dubbele energiebelasting, voor hogere inkoopprijzen terwijl de verkoopprijzen gelijk blijven.

Bovendien is het investeringsmoment belangrijk: als in 2025 wordt geïnvesteerd, kan er nog twee jaar worden geprofiteerd van de salderingsregeling, waarin er geen rekening gehouden hoeft te worden met de dubbele energiebelasting. Dit verkort de terugverdientijd aanzienlijk door de dubbele energiebelasting vanaf 2027.

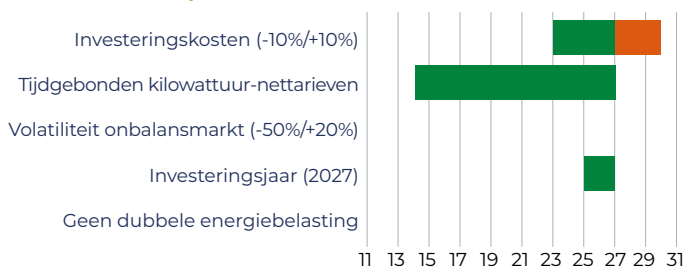
Figuur 12. Gevoeligheidsanalyse op de businesscase van de strategie 'beloning via energiehandel'. Groen betekent een positief effect op de businesscase, rood betekent een negatief effect op de businesscase.



3.2.4 Besparen op energiekosten

De strategie 'besparen op energiekosten' levert in principe te weinig op om de thuisbatterij terug te kunnen verdienen binnen de levensduur. De terugverdientijd kan wel aanzienlijk verkort worden als de tijdsafhankelijke nettarieven worden ingevoerd, zoals te zien is in figuur 13. Door de batterij op te laden met eigen zonne-energie of in de daluren, kunnen hoge nettarieven worden voorkomen, waardoor de terugverdientijd met dertien jaar kan dalen. In dit scenario zou een thuisbatterij met een kleine capaciteit wel terugverdiend kunnen worden. Ook zorgt de afschaffing van de salderingsregeling voor deze strategie juist voor een extra besparingsmogelijkheid. Als beide maatregelen doorgevoerd zijn, zou dit weer een haalbare strategie kunnen worden.

Figuur 13. Gevoeligheidsanalyse op de businesscase van besparen (eigen verbruik verhogen). Groen betekent een positief effect op de businesscase, rood betekent een negatief effect op de businesscase.

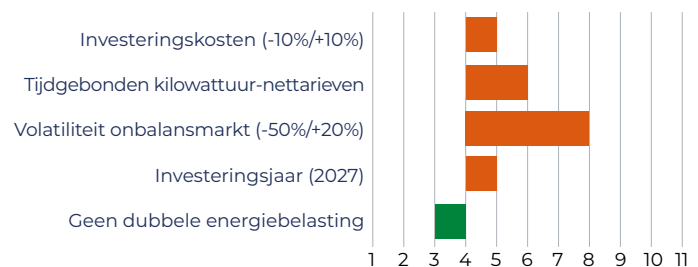


3.2.5 Combinatiestrategie

De terugverdientijd en NCW van de combinatiestrategie zijn vrijwel gelijk aan die van de strategie 'beloning via netbeheerders', aangezien de grootste winsten in deze strategie ook op onbalans worden behaald. Deze strategie is echter minder vatbaar voor gevoeligheden, doordat de beste momenten van verschillende markten worden samengevoegd in een strategie.

Hierdoor stijgt de terugverdientijd bij een tegenvallende onbalansprijs naar slechts acht jaar, tegenover vijftien jaar bij de strategie 'beloning via netbeheerders'. De terugverdientijd ligt bij dit scenario met deze strategie nog steeds binnen de levensduur van de thuisbatterij.

Figuur 14. Gevoeligheidsanalyse op de businesscase van de combinatiestrategie. Groen betekent een positief effect op de businesscase, rood betekent een negatief effect op de businesscase.



Robuustheidsanalyse combinatiestrategie

Voor de combinatiestrategie is ook een robuustheidsanalyse doorgerekend waarin meerdere geanalyseerde omstandigheden tegenvallen. Hiermee kan de robuustheid van de strategie getest worden. Hoewel de terugverdientijd een stuk hoger ligt dan in het initiële scenario, behaalt de combinatiestrategie een positief rendement. De terugverdientijd is, rekening houdend met een discontovoet, namelijk twaalf jaar en de NCW met een tijdshorizon van vijftien jaar is € 1.733. Dit maakt de combinatiestrategie robuust. Het laat zien dat er een mogelijkheid blijft om winsten te behalen bij zeer tegenvallende omstandigheden, zolang er ingespeeld wordt op deze veranderingen.

HOOFDSTUK 4

Conclusies

Batterijen hebben een plaats in het toekomstige energiesysteem

Omdat deze assets vraag en aanbod bij elkaar kunnen brengen in de loop van de tijd, door elektriciteit vanuit hernieuwbare bronnen op te slaan in dalmomenten met veel aanbod, en te ontladen op piekmomenten met veel vraag. Daarnaast zullen hernieuwbare bronnen, zoals zon en wind, en andere technologieën een toenemend flexibel vermogen gaan leveren in het Nederlandse energiesysteem. Thuisbatterijen concurreren daarnaast (deels) op dezelfde waardegebieden als grootschalige batterijparken, buurtbatterijen en in de toekomst elektrische voertuigen. Dit kan zorgen voor een snel veranderende businesscase.

Veel thuisbatterijen verdienen nu voornamelijk aan passieve balancerings.

Als het passief balanceren bijdraagt aan het balanceren van het hoogspanningsnet, staat hier een vergoeding vanuit de netbeheerder TenneT tegenover op basis van de onbalansprijs. Wanneer de reeds behaalde inkomsten uit passief balanceren in 2024 worden doorgetrokken, leidt dit tot een terugverdientijd van ongeveer vijf jaar. Bij deze strategie bestaat er echter een grote afhankelijkheid van de onbalansprijzen en zijn er verschillende risico's. Allereerst vormt regeltoestand 2 een risico, omdat hierdoor de onzekerheid toeneemt. De businesscase is op dit moment afhankelijk van de volatiliteit in onbalans prijzen. Dit betekent dat de businesscase kan verslechteren wanneer de volatiliteit van de onbalansprijzen afneemt, het prijsniveau daalt of wanneer deze markt verzadigd raakt. De terugverdientijd van de thuisbatterij kan hierdoor verdubbelen.

Uit de businesscase blijkt echter dat bij een afname van de volatiliteit op de onbalansprijzen de thuisbatterij alsnog terug te verdienen is binnen de levensduur, mits een combinatie van strategieën wordt gebruikt.

Een combinatiestrategie spreidt namelijk de risico's en zorgt voor een optimale benutting van elke batterijcyclus. Dit wordt ook wel de cross-market-optimalisatiestrategie genoemd. Hiermee wordt de businesscase minder afhankelijk van één inkomstenbron en dit maakt de businesscase robuuster. Er is in dit onderzoek gekeken naar een gemixte strategie van passieve onbalans, handel op de spotmarkt (day-ahead en intraday) en eigen verbruik.

Naast een afnemende volatiliteit in onbalansprijzen kunnen een dubbele energiebelasting en tijdgebonden nettarieven een grote impact op de businesscase hebben, en de handelsstrategie moet hierop aangepast worden.

Deze factoren hebben met name veel impact op het handelen op de spotmarkt, omdat hier de prijsverschillen kleiner zijn. Maar zelfs in een scenario waarin alle parameters tegenvallen, wordt een terugverdientijd van twaalf jaar gehaald bij een gemixte strategie. Zelfs in dit uiterste scenario wordt de thuisbatterij dus terugverdiend binnen de levensduur.

Het is niet mogelijk om een thuisbatterij met een relatief grote capaciteit terug te verdienen met alleen het opslaan van eigen zonnestroom, hoewel deze strategie wel een door de consument vaak genoemde reden is om de thuisbatterij aan te schaffen.

Consumenten die de thuisbatterij aankopen omwille van meer autarkie en de batterij enkel willen inzetten voor het opslaan van eigen zonnestroom kunnen beter kiezen voor een kleine batterij. In deze businesscase is uitgegaan van een 2kWh-1kW-batterij, omdat dit met de gebruikte inputdata en aannames voor een voorbeeldhuishouden tot de kortste terugverdientijd leidde. Welk formaat optimaal is zal afhangen van de exacte situatie en toegepaste laadstrategie, maar dit zal kleiner zijn dan een batterij die ingezet wordt voor handelen. In de toekomst kan deze businesscase beter worden als de salderingsregeling vervalt en er mogelijk tijdgebonden nettarieven ingevoerd worden. Echter zal een grotere batterij met een combinatie strategie financieel voordeliger zijn én kan er aan de wens voor autarkie worden voldaan.

Wat betreft de duurzaamheid van de thuisbatterij is er in dit rapport gekeken naar de milieu-impact en de CO₂-uitstoot.

De productie van de batterij heeft een negatieve milieu-impact, door het gebruik van kritieke grondstoffen en de CO₂ die erbij vrijkomt. De LFP-batterij, het type batterij dat vaak wordt gebruikt bij thuisbatterijen, heeft wel een lagere milieu-impact dan andere batterijtypen. Daarnaast komt er CO₂ vrij bij de productie van de thuisbatterij. Over de hele levensduur gezien zal de batterij echter hoogstwaarschijnlijk tot een CO₂-reductie leiden. Door de thuisbatterij op te laden met groene stroom en deze stroom weer te ontladen op piekmomenten, zodat het gebruik van fossiele brandstoffen vermeden wordt, draagt de thuisbatterij bij aan het verminderen van de CO₂-uitstoot.

Het laadgedrag van de batterij bij elke strategie die in dit rapport is besproken, zorgt voor een grote reductie van CO₂, al is de exacte CO₂-reductie lastig vast te stellen.

Op basis van de geschatte CO₂-reducties bij de verschillende strategieën kan er geconcludeerd worden dat de thuisbatterij netto gezien voor CO₂-reductie zorgt gedurende de gehele levensduur.

Eerdere onderzoeken naar thuisbatterijen beschreven de zorg dat thuisbatterijen voor toenemende congestie kunnen zorgen.

Hoewel het mogelijk is congestie te verergeren bij onverantwoord gebruik van de batterij, biedt de thuisbatterij ook juist mogelijkheden om congestie te verminderen of minstens congestieneutraal te opereren. Alle laadstrategieën in deze studie volgen een patroon dat buiten de piekuren oplaadt en juist ontlaaft tijdens deze uren. Dit patroon komt grotendeels overeen met de meest winstgevende strategie.

Ondanks de toekomstige onzekerheden over de markt en het beleid is de businesscase voor de thuisbatterij toekomstbestendig

Zolang er ingezet wordt op cross-marketoptimalisatie en het laadgedrag van de batterij wordt aangepast op veranderende marktomstandigheden. Zolang de onbalans vergelijkbaar blijft met de prijzen uit het jaar 2024, is de businesscase zelfs zeer goed. Daarnaast kan de thuisbatterij mogelijk bijdragen aan het verminderen van congestie, mits de batterij verantwoord wordt ingezet, en zorgt een thuisbatterij voor een netto-CO₂-reductie over de hele levensduur.

BIJLAGE I

Aanvulling op de methode

Aannames batterij

Aannames die over de batterij zijn gedaan maar niet in de methode in de tekst zijn genoemd, zijn hieronder te vinden:

Variabele	Waarde	Eenheid	Bron
Batterijcapaciteit	20	kWh	
Batterijvermogen	10	kW	
Roundtrip efficiency	88%		
One-way efficiency	93,8%		
Depth of discharge	95%		
Aanschafprijs exclusief btw, voorbeeld 1	6.990	€	Zonneplan Nexus configureren
Aanschafprijs exclusief btw, voorbeeld 2	7.150	€	Thuisbatterij 20 kWh Vanaf € 4.950 Bolk Energy Solutions
Aanschafprijs exclusief btw, voorbeeld 3	7.895	€	19kWh-AlphaESS-thuisbatterij met 10kW-omvormer – Frank Energie
Aanname aanschafprijs	7.200	€	
Btw-forfait	300	€	Zonneplan Nexus configureren
Cycli in lifetime	6.000- 10.000	#	Zonneplan Nexus 22,8-AlphaESS-thuisbatterij met 10 kW omvormer - Frank Energie
Prijs 20kWh-10kW-batterij	7.500	€	

Voor kleinere batterijen is voor de investering uitgegaan van een schaalfactor van $b=0,8$. Daarbij geldt: $\text{investeringskosten} = \text{investeringskosten}_{20\text{kWh_batterij}} * (\text{batterijcapaciteit}/20)^b$

Berekeningen CO₂-uitstoot

In de wetenschap is er een internationaal erkende onderzoeksmethode om de milieu-impact van een product of proces uit te rekenen. Dit wordt een life cycle assessment (LCA) genoemd.³³ Hierbij worden alle inputs en outputs in termen van energie, grondstoffen, emissies en afval verzameld.

Binnen elke LCA-stap zijn er meerdere ontwerpkeuzes die invloed hebben op de resultaten. Binnen een LCA zijn er twee hoofdbenaderingen, de 'attributional' en de 'consequential' LCA.³⁴ Het belangrijkste verschil is wat als referentiesituatie wordt aangenomen. Bij een attributional LCA worden de directe impacten toegewezen aan een product of proces. Bij een consequential LCA worden verdere gevolgen meegenomen door het product of het proces te vergelijken met de situatie zonder dit proces of product.

Voor het berekenen van CO₂-reductie door het laden en ontladen van batterijen zit dit verschil voornamelijk in de aannames voor de emissiefactor. Hoeveel CO₂-reductie gerealiseerd kan worden hangt namelijk niet alleen af van de laad- en ontladmomenten, maar ook van de reactie van het energiesysteem op het laadgedrag. De consequential-methodiek houdt meer expliciet rekening met deze gevolgen. Volgens de attributional-methode wordt namelijk de gemiddelde emissiefactor van het (landelijke) energiesysteem gebruikt. Elke gebruiker van het Nederlandse elektriciteitsysteem draagt dan evenveel verantwoordelijkheid voor CO₂-uitstoot, evenredig aan de afname.

De consequential-aanpak is complexer maar biedt een gedetailleerder beeld van CO₂-reductie. In plaats van uitstoot toe te wijzen, kijkt deze methode naar de gevolgen van een product of proces. Bijvoorbeeld: als 80% van de stroom uit wind en zon komt en 20% uit gas, kan een ontladende batterij de gascentrale afschakelen. Deze besparing ligt volledig op het gebied van fossiele opwek, terwijl de attributional-methode dit als een mix van 80% hernieuwbare energie en 20% gas zou beschouwen.

De impact van laadgedrag is lastig te bepalen, maar vaak reageren gascentrales op veranderingen doordat ze variabel inzetbaar zijn en, ten opzichte van duurzame energie, hoge marginale kosten hebben. Toch zorgt niet elk ontladen kilowattuur gegarandeerd voor minder gasverbranding, omdat zelfs bij een overschot aan hernieuwbare energie gas kan worden ingezet om technische, geografische of balansredenen.

Daarom geven we de CO₂-reductie als een range. Het minimum is gebaseerd op de attributional-aanpak met landelijke emissiefactoren per uur (2024). Het maximum veronderstelt opladen met wind of zon (0 kilogram CO₂ per kilowattuur) en ontladen met afschakeling van een gascentrale (0,38 kg CO₂ per kilowattuur).³⁵ Dit zorgt echter voor een grote overschatting van de reductie. Het zal namelijk niet altijd zo zijn dat er volledig duurzaam wordt opgeladen en ontladen zorgt niet altijd voor de afschakeling van een gascentrale. De werkelijke reductie zal hoogstwaarschijnlijk wel binnen deze range vallen.

33 [What is LCA? | RIVM](#).

34 [Microsoft Word – 20200820 EUCAR Attributional vs Consequential updated 2.0](#).

35 [Emissiefactoren van elektriciteit uit steenkool en aardgas, 2000-2021 | CBS](#).



‘WIJ ZIJN BERENSCHOT, GRONDLEGGER VAN VOORUITGANG’

Nederland is continu in ontwikkeling. Maatschappelijk, economisch en organisatorisch verandert er veel. Al ruim 85 jaar volgen wij als adviesbureau deze ontwikkelingen op de voet en werken we aan een vooruitstrevende samenleving. De behoefte om iets fundamenteels te betekenen voor mens en maatschappij zit in onze genen. Met onze adviezen en oplossingen hebben we dan ook actief meegebouwd aan het Nederland van vandaag. Altijd op zoek naar duurzame vooruitgang.

Alles wat we doen is onderzocht, onderbouwd en vanuit meerdere invalshoeken bekeken. Zo komen we tot gefundeerde adviezen en slimme oplossingen. Die zijn op het eerste gezicht misschien niet altijd de meest voor de hand liggende. Juist deze eigenzinnigheid maakt ons uniek. Daarbij zijn we niet van symptoombestrijding. En gaan pas naar huis als het is opgelost.

Berenschot Groep B.V.

Van Deventerlaan 31-51, 3528 AG Utrecht

Postbus 8039, 3503 RA Utrecht

030 2 916 916

www.berenschot.nl