



Thuis- en buurtbatterijen

Kansen, knelpunten en
beleidsaanbevelingen



Thuis- en buurtbatterijen

Kansen, knelpunten en beleidsaanbevelingen

Dit rapport is geschreven door:

Lucas van Cappellen, Heleen Groenewegen en Michiel Bongaerts (CE Delft)

Rob Colenbrander, Casper Hügél en Casper Berkhout (Witteveen+Bos)

Delft, CE Delft, december 2023

Publicatienummer: 23.230315.183

Opdrachtgever: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Uw kenmerk: 202306098

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

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

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al meer dan 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	6
	1.1 Aanleiding studie	6
	1.2 Definitie thuis- en buurtbatterijen	6
	1.3 Rollen in energiesysteem	8
	1.4 Beleidscontext en -ontwikkelingen	9
	1.5 Vooruitblik: batterijen in het energiesysteem	11
2	Kansen en knelpunten	14
	2.1 Belangrijkste/onbekende knelpunten	14
	2.2 Kansen voor thuis- en buurtbatterijen	15
3	Randvoorwaarden: Inpassing en realisatie thuis- en buurtbatterijen	16
	3.1 Brandveiligheid	16
	3.2 Ruimtelijke inpassing buurtbatterijen	18
	3.3 Productie-, installatie- en recyclingcapaciteit	21
	3.4 Conclusie productie-, installatie- en recyclingcapaciteit	23
	3.5 Cybersecurity	24
4	Businesscase: zonne-energie en energiehandel	25
	4.1 Configuraties batterijen en kosten(ontwikkeling)	25
	4.2 Verdienmodellen	26
	4.3 Resultaten businesscase	27
	4.4 CO ₂ -reductie met thuis- en buurtbatterijen	38
	4.5 Vergelijking met andere bronnen van flexibiliteit	43
5	Netcongestie: technisch, organisatorisch, businesscase	48
	5.1 Mogelijke relatie met netcongestie	48
	5.2 Huidig beleid: Bijdragen aan netcongestie	50
	5.3 Congestieneutraal aansluiten thuis- en buurtbatterijen	54
	5.4 Congestie oplossen met thuis- en buurtbatterijen - technisch potentieel	56
	5.5 Organisatorisch en financieel (businesscase) potentieel voor congestie oplossen en congestieneutraal aansluiten	60
	5.6 Conclusie thuis- en buurtbatterijen en netcongestie	66
6	Beleidsaanbevelingen	68
	6.1 Bevindingen over knelpunten en kansen	68
	6.2 Potentiële beleidsmaatregelen	71
	6.3 Aanbevelingen (reflectie op potentiële beleidsmaatregelen)	74
7	Referenties	77

A	Bijlage kansen en knelpunten thuis en buurtbatterijen	80
	A.1 Algemeen	80
B	Businesscase: methode, aannames en detailresultaten	86
	B.1 Methode en aannames	86
C	Regelgeving en beleid aansluiting elektriciteitsnet	89

Samenvatting

Aanleiding studie

Deze studie is uitgevoerd naar aanleiding van een motie van lid Erkens c.s. (35 594 Nr. 38) en een actie uit de Routekaart Energieopslag met betrekking tot thuis- en buurtbatterijen. In deze studie zijn de belangrijkste knelpunten en kansen voor thuis- en buurtbatterijen in kaart gebracht, inclusief beleidsadvies. De resultaten zijn afgestemd met een klankbordgroep bestaande uit vertegenwoordigers van de batterijen- en zonnesector, het ministerie van Economische Zaken en Klimaat en regionale netbeheerders.

Knelpunten voor thuis- en buurtbatterijen

Als **randvoorwaarden** voor de inpassing van thuis- en buurtbatterijen vormen *ruimtelijke inpassing* en *brandveiligheid* de belangrijkste knelpunten. Voor thuisbatterijen ontbreken veiligheidsvoorschriften met betrekking tot ruimtelijke inpassing, en voor buurtbatterijen ontbreekt wettelijke verankering van de voorschriften voor ruimtelijke inpassing en standaardisering van risicobeoordeling. Daarnaast concluderen we dat cyberveiligheid, circulariteit en recycling, en productie- en installatiecapaciteit aandachtspunten zijn, maar geen onoverkomelijke knelpunten.

Over het thema **netcongestie** concluderen we dat thuis- en buurtbatterijen met het huidige beleid de piekbelasting op het elektriciteitsnet verhogen, dit is onwenselijk aangezien dit netcongestie in gebieden kan verergeren. De verhoogde piekbelasting is het gevolg van handel op de energiemarkten ten behoeve van leveringszekerheid. Uit deze studie blijkt dat er een zeer reële kans is op grote toename in de netbelasting door thuis- en buurtbatterijen, en een kleine kans op een beperkt piekverlagend effect. De focus zou dus moeten liggen op het congestieneutraal aansluiten van deze batterijen.

Voor de **businesscases voor thuis- en buurtbatterijen** concluderen we:

- Voor *buurtbatterijen* geldt dat het lokaal opslaan en leveren van zonne-energie niet rendabel is richting 2030. Wel blijkt dat handelen op bepaalde balanceringsmarkten mogelijk rendabel is, maar deze markten zullen waarschijnlijk snel verzadigd raken door andere grootschalige batterijen. Voor energiedelen tussen buurtbatterij en huishoudens zijn nog juridische en fiscale knelpunten.
- Ook voor *thuisbatterijen* geldt dat er geen rendabele businesscase is met het huidige beleid. Uit onze analyses blijkt dat ook zonder salderingsregeling en met afschaffing van dubbele energiebelasting de terugverdientijd minstens gelijk is aan de technische levensduur.

Mogelijke kansen van thuis- en buurtbatterijen

Er zijn twee mogelijke kansen voor de inzet van thuis- en buurtbatterijen onderzocht:

1. CO₂-reductie door (realisatie van extra zon-pv en) het opslaan van zonne-energie.
2. Het mogelijk maken van nieuwbouwontwikkelingen met een buurtbatterij in gebieden met netcongestie (fysiek achter een aansluiting of contractueel).

Het is technisch mogelijk om de CO₂-uitstoot in de elektriciteitssector in Nederland te reduceren met een thuis- of buurtbatterijen door zonne-energie op te slaan, opgeslagen

energie te gebruiken en energiehandel. Uit deze studie volgt dat hier binnen het huidige beleid echter geen positieve businesscase voor is. Een subsidie om deze CO₂-reductie mogelijk te maken kent een zeer hoge onrendabele top per ton CO₂-reductie en verschillende knelpunten. Een additioneel effect is dat er door productie, gebruik en einde levensduur ook emissies plaatsvinden, veelal buiten Nederland. Naar verwachting zijn de wereldwijde emissies voor de batterij daarmee groter dan de CO₂-reductie in de Nederlandse elektriciteitssector.

In gebiedsontwikkeling die op slot zit door netcongestie kunnen (buurt)batterijen mogelijk een uitkomst bieden. Batterijen kunnen onderdeel worden van een lokaal energiesysteem en extra elektriciteitsverbruik mogelijk maken. Wel is hiervoor een bepaalde hoeveelheid transportvermogen en energiedelen (via bijvoorbeeld een groepscontract) als contractvorm vereist. De batterij zou ingezet kunnen worden door een energiecoöperatie of een gebiedsontwikkelaar, om bijvoorbeeld alsnog woningen te realiseren. We concluderen dat (buurt)batterijen een deel van een oplossing kunnen vormen voor gebiedsontwikkelingen.

Beleidsaanbevelingen op basis van knelpunten en kansen

We voorzien dat thuis- en buurtbatterijen ontwikkeld worden op kleine schaal en adviseren de Rijksoverheid om te zorgen dat thuis- en buurtbatterijen veilig, efficiënt en congestie-neutraal ingepast worden. Naar aanleiding van de onderzoeksvragen en de onderzochte kansen en knelpunten komen we tot de volgende conclusies en aanbevelingen:

- Ontwikkel prikkels om thuis- en buurtbatterijen congestieneutraal aan te sluiten: momenteel ontbreken de juiste beleidskaders om reductie van piekbelasting te stimuleren en zullen deze batterijen significant bijdragen aan hogere pieken op het laagspanningsnet. De netbeheerders zijn de partij om hiervoor prikkels te ontwikkelen.
- Schaf de salderingsregeling af en onderzoek methoden voor afschaffing van dubbele energiebelasting: Het afschaffen van de salderingsregeling zorgt voor een prikkel om eigen zonne-energie direct te gebruiken of op te slaan en voor een betere verdeling van de energierekening over huishoudens. De dubbele energiebelasting is een knelpunt als de salderingsregeling wordt afgeschaft en maakt energiehandel minder aantrekkelijk. Deze dubbele energiebelasting afschaffen is wenselijk, maar ook complex, en zou onderdeel kunnen zijn van de bredere evaluatie van de energiebelasting.
- Stel geen subsidie in op thuis- en buurtbatterijen voor CO₂-reductie en voor het tegengaan van netcongestie: CO₂-reductie in de elektriciteitssector wordt gezien als meest waarschijnlijke argument voor subsidie. Om hiervoor tot een positieve businesscase te komen is een aanschafsubsidie nodig ter hoogte van 40 tot 80% van het aankoopbedrag van de batterijen. Op basis van deze studie zien wij geen argumenten die zo'n subsidie rechtvaardigen: er is een beperkte CO₂-reductie ten opzichte van de CO₂-emissie gedurende productie en een hoge subsidie-intensiteit (€ per vermeden ton CO₂). Gezien de beperkte rol voor het oplossen van netcongestie is hier ook geen reden gevonden voor extra stimulering. Mocht een tekort aan flexibiliteit blijken in het energiesysteem dan is een bredere discussie vereist over flexibiliteitsbronnen en beleid voor de ondersteuning van flexibiliteit.
- Ontwikkel en implementeer kaders voor ruimtelijke inpassing en brandveiligheid: er is nog onvoldoende regulering en standaardisering op dit onderwerp. Voor thuisbatterijen gaat dit om onder andere plaatsing in het huis en brandpreventie, voor buurtbatterijen vooral om wettelijke kaders voor veilige ruimtelijke inpassing. Ondanks de veiligheidsrisico's zal dit met de juiste inpassing geen onoverkomelijk knelpunt vormen.
- Buurtbatterijen dienen gefaciliteerd te worden als ze een oplossing bieden voor netcongestie als oplossing achter-de-meter voor gebiedsontwikkeling, door te voorzien in randvoorwaarden op de thema's brandveiligheid en vergunningsverlening.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding studie

Deze studie is een uitwerking van een motie van lid Erkens c.s. (35 594 Nr. 38). De motie omschrijft dat thuis- en buurtopslag nog nauwelijks van de grond is gekomen in Nederland en opslag de komende jaren steeds aantrekkelijker wordt voor de consument en kan helpen om de netcongestie te verminderen. Dit onderzoek behandelt de volgende onderzoeksvragen uit de motie:

- Wat is het effect van thuis- en buurtbatterijen op netcongestie en de potentie om netcongestie te verminderen?
- Welke (juridische) knelpunten zijn er voor thuis- en buurtbatterijen en welke beleidsvoorstellen zijn er om deze knelpunten weg te nemen?
- Welke stappen zijn er nodig op het gebied van veiligheid, innovatie, recycling, ruimtelijke inpassing en opschaling van de productie- en installatiecapaciteit voor realisatie van thuis- en buurtbatterijen?
- Wat zijn de financiële implicaties van dit beleid?

In dit hoofdstuk gaan we in op wat een thuis- of buurtbatterij is, de rol in het energiesysteem en het huidige beleid. In Hoofdstuk 2 worden kansen en knelpunten voor thuis- en buurtbatterijen in kaart gebracht. Deze bepalen mede de mogelijke businesscase, belemmeringen en beleidsmaatregelen. Hoofdstuk 3 omvat de randvoorwaarden voor integratie van thuis- en buurtbatterijen. In Hoofdstuk 4 omvat de inzet van thuis- en buurtbatterijen voor energiebalanceren door de inzet op energiemarkten, de eerste rol van batterijen. Hoofdstuk 5 beschrijft het thema netcongestie, de tweede potentiële rol in het energiesysteem. Dit resulteert tot onze beleidsaanbevelingen in Hoofdstuk 6 gebaseerd op de knelpunten, kansen en inzichten uit deze studie.

Deze studie is medemogelijk gemaakt door een klankbordgroep bestaande uit het ministerie van Economische Zaken, ESNL, Netbeheer Nederland, Energie Samen, NVDE en Hager.

1.2 Definitie thuis- en buurtbatterijen

Definitie thuisbatterij

De thuisbatterij is een batterij die typisch wordt geplaatst bij huishoudens of kleine bedrijven. Thuisbatterijen worden achter de elektriciteitsmeter geplaatst en zijn onderdeel van het elektriciteitssysteem. De focus van dit kennisdocument is de lithium-ion-batterij, aangezien dit momenteel de standaard is voor commerciële thuisbatterij.

Een thuisbatterij kan voor verschillende functies ingezet worden: overtollige zonne-elektriciteit opslaan, handelen op energiemarkten of de piekbelasting op het elektriciteitsnetwerk verlagen. Het opslaan van eigen zonne-elektriciteit leidt tot lagere energiekosten voor het huishouden, doordat er minder energie via de energieleverancier gekocht hoeft te worden. Daarnaast kunnen gebruikers die een dynamisch energiecontract hebben (waarbij de prijzen fluctueren gedurende de dag) elektriciteit inkopen tegen gunstige tarieven en deze opslaan, zodat op momenten van ongunstige tarieven er geen stroom van het net gekocht hoeft te worden. Daarbij biedt het voor veel huishoudens een extra gevoel van

onafhankelijkheid, ook al blijft met een thuisbatterij een aansluiting op het elektriciteitsnetwerk vereist. In Nederland zijn er nu nog weinig thuisbatterijen geïnstalleerd, onder andere omdat de terugverdiëntijd nu nog lang is.

Thuisbatterijen bestaan vanaf 2 tot ongeveer 25 kWh. De meeste commerciële systemen hebben een vermogen van zo'n 5 tot 10 kWh (CE Delft, 2023d). Deze studie richt zich op de batterijen die de komende periode voornamelijk gerealiseerd worden en gaat dus uit van thuisbatterijen in de range van 5 tot 10 kWh. Grotere systemen zullen voor sommige huishoudens mogelijk aantrekkelijk zijn, nu en in toenemende mate in de toekomst, maar naar verwachting niet het grootste deel vormen.

Definitie buurtbatterij

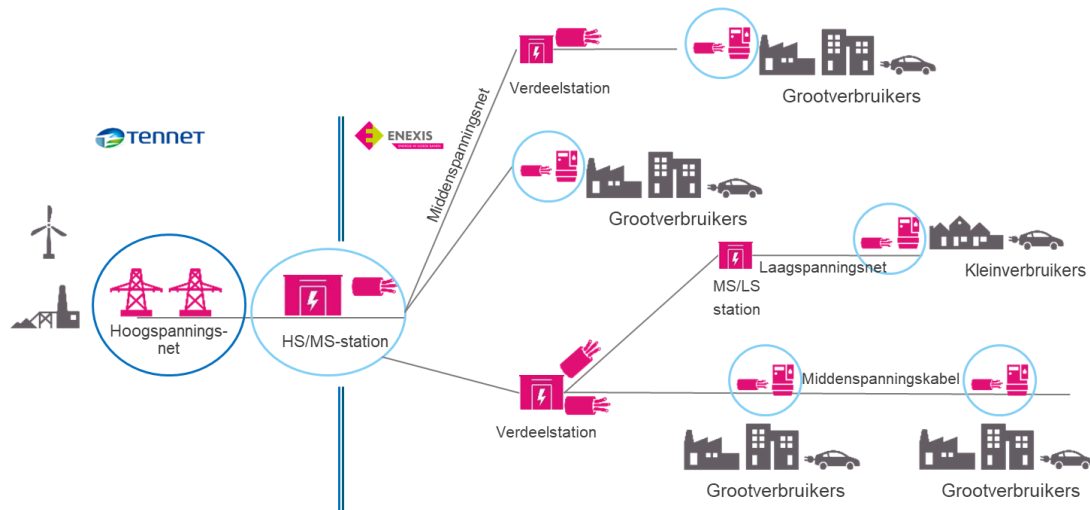
Een buurtbatterij is een batterijsysteem dat in de eerste plaats tot doel heeft lokale baten te creëren (zoals opslaan van zonne-energie) of lokale netproblemen op te lossen (zoals een overbelasting van het elektriciteitsnetwerk, oftewel netcongestie). Een buurtbatterij is een installatie die de aansluiting op het elektriciteitsnet niet deelt met andere installaties of gebruikers. Met andere woorden, de buurtbatterij heeft een eigen netaansluiting met eigen 'elektriciteitsmeter'. Dit in tegenstelling tot een thuisbatterij die achter de elektriciteitsmeter in een woning is aangesloten en de netaansluiting deelt met alle andere 'installaties' in de woning. Het vermogen van de buurtbatterij is afhankelijk van de locatie:

- voor een woonwijk is het vermogen beperkt tot een middenspanningskabel (< 2.000-5.000 kW) en/of MS/LS-station (max. 1.500 kW) en/of laagspanningskabel (<100 kW);
- voor een bedrijventerrein is het vermogen beperkt tot een middenspanningsverdeelstation (<50 MW) en/of middenspanningskabel (<5 MW).

Voor het vermogen van de buurtbatterij worden twee formaten aangenomen: 200 kW en 2 MW. Deze zijn representatief voor plaatsing bij respectievelijk een MS/LS-station en op een MS-kabel. Het maximale vermogen van de buurtbatterij is daarmee groter dan in eerder onderzoek is vastgesteld (Witteveen & Bos, 2023). De reden hiervoor is dat een MS-kabel nog past binnen het lokale karakter van een buurtbatterij, omdat de meeste buurten meerdere MS/LS-stations kennen die door één MS-kabel worden gevoed.

Buurtbatterijen op bedrijventerreinen vallen buiten de scope van dit onderzoek. Buurtbatterijen die ingezet worden voor een wijk (eventueel ook met een beperkt aantal grootverbruikers) vallen wel binnen scope van dit onderzoek.

Figuur 1 - Opbouw van het elektriciteitsnet



Bron: (Witteveen & Bos, 2023).

Voorbeeld buurtbatterij Rijssenhout

Vermogen: 55 kW

Capaciteit: 128 kWh

Operationeel: 2017-2021

Doel: De buurtbatterij slaat de overschotten zonne-energie op van 35 woningen in de buurt en geeft deze weer terug wanneer buurtbewoners die nodig hebben.

Probleem: Door de overschotten zon liep de spanning soms op tot 253 volt, hierdoor dreigde omvormers aan het einde van de laagspanningskabel af te slaan. Met de buurtbatterij is die piekspanning gedaald tot 245 volt.

Investeerder: Liander, € 140.000,-.

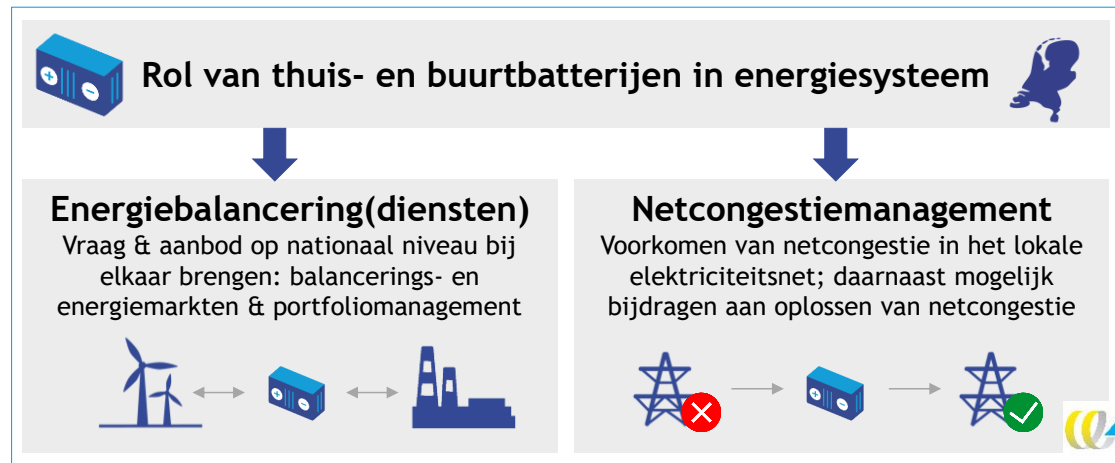


1.3 Rollen in energiesysteem

Voor thuis- en buurtbatterijen zijn er twee mogelijke rollen die in deze studie verder onderzocht worden. Deze zijn weergegeven in Figuur 2 en hierna verder toegelicht:

1. **Energiehandel & balancering:** Het bij elkaar brengen van vraag en aanbod van elektriciteit. Dit gebeurt per seconde, kwartier en uur gedurende het hele jaar. Hiervoor bestaan verschillende markten die gezamenlijk de nationale elektriciteitsbalans handhaven. De belangrijkste markten zijn de day-aheadmarkt, de intradaymarkt, de onbalansmarkt, aFRR-markt en FCR-markt. In deze studie worden de relevante markten onderzocht voor thuis- en buurtbatterijen.
2. **Netcongestiemanagement:** Batterijen kunnen ingezet worden om lokaal netcongestie op te lossen door op de juist momenten te laden of ontladen. Dit kan op het stuk van elektriciteitsinfrastructuur waar batterijen op zijn aangesloten of hogere netvlakken.

Figuur 2 - Potentiële rollen van thuis- en buurtbatterijen in het energiesysteem



Bron: (CE Delft, 2023a).

Maatschappelijke waarde

De inzet van thuis- en buurtbatterijen kan resulteren in verschillende maatschappelijke waarde, die in deze studie verder worden onderzocht. Dit zijn:

- Toename leveringszekerheid: Additionele energieopslag resulteert in een betrouwbaarder elektriciteitssysteem door het altijd matchen van vraag en aanbod.
- CO₂-reductie: Als batterijen op de juiste manier ingezet worden kan er fossiele elektriciteitsproductie vervangen worden door duurzame energie op te slaan en later te gebruiken of in te voeden.
- Voorkomen curtailment: In lijn met CO₂-reductie kunnen batterijen duurzame energie opslaan en zo curtailment voorkomen. Dit speelt extra bij woningen met spanningsklachten waardoor omvormers worden afgeschakeld, zie hierna.
- Netverzwaring uitstellen of wellicht voorkomen: Met batterijen kan, onder strikte voorwaarden om de juiste inzet te waarborgen, gezorgd worden dat de piekbelasting op het net verlaagd worden zodat er later geïnvesteerd wordt. In specifieke gevallen kan netverzwaring wellicht voorkomen worden.
- Spanningsproblematiek oplossen: Er ontstaan spanningsproblemen door veel zonnepanelen op huishoudelijke daken. Door elektriciteit op te slaan met batterijen kan dat voorkomen worden.

Een gedeelte van de maatschappelijke waarde komt terug in de businesscase van thuis- en buurtbatterijen, bijvoorbeeld door inkomsten via de energiemarkten. Deze studie onderzoekt de bijdragen van thuis- en buurtbatterijen voor deze maatschappelijke waarden.

1.4 Beleidscontext en -ontwikkelingen

In deze paragraaf is voor thuis- en buurtbatterijen de algemene beleidscontext toegelicht. Specifiek beleid, wet- en regelgeving rondom zaken zoals ruimtelijke inpassing en brandveiligheid is toegelicht in de hoofdstukken gericht op deze thema's.

1.4.1 Routekaart Energieopslag ministerie van Economische Zaken en Klimaat

In het voorjaar van 2023 heeft het ministerie van EZK de Routekaart Energieopslag gepubliceerd (Ministerie van EZK, 2023b). In deze routekaart heeft het ministerie in kaart gebracht welke acties ondernomen moeten worden om energieopslag te bevorderen, passend bij de verwachte rol ervan in het toekomstige energiesysteem. De routekaart kijkt naar verschillende vormen van energieopslag; elektriciteitsopslag, opslag van moleculen en opslag van warmte.

De Routekaart schetst onder andere stimuleringsbeleid vanuit het rijk voor elektriciteitsopslag (en dus ook thuis- en buurtbatterijen). Samengevat zijn er een aantal instrumenten gericht op het aanjagen van innovatie bij elektriciteitsopslag (bijvoorbeeld via MOOI-subsidies) en gericht op investeringen in deze sector (nationaal groeifonds en investeringen via Invest-NL en Regionale Ontwikkelingsmaatschappijen). Ontwikkelaars van batterij-systemen kunnen aanspraak maken op deze instrumenten. Er zijn geen instrumenten zoals subsidies beschikbaar bedoeld voor de aanschaf en inzet van thuis- en buurtbatterijen. Deze studie naar (de inzet van) thuis- en buurtbatterijen is opgemerkt in de routekaart energieopslag en zal worden meegenomen in ontwikkeling van toekomstig beleid voor thuis- en buurtbatterijen.

Nationaal Plan Energiesysteem 2050

In 2023 is het concept Nationaal Programma Energiesysteem 2050 opgesteld (concept NPE) (Rijksoverheid, 2023a). Dit plan op nationaal niveau krijgt doorwerking op regionaal niveau via de PMIEK's, regionale energievisies en de RES'sen. De volgende punten uit het NPE hebben direct of indirect invloed op de inzet van thuis- en buurtbatterijen:

- Het kabinet erkent energieopslag als belangrijk innovatiethema, maar richt zich daarbij in de eerste plaats op midden- en langetermijnopslag waarvoor innovatiebeleid in het concept NPE is aangekondigd.
- In het definitieve NPE zal een plan worden opgenomen over hoe de verduurzaming van de elektriciteitssector in 2035 vorm krijgt. Eventueel instrumentarium gericht op flexibiliteit wordt onderdeel van dit plan. Ook wordt in dit plan bezien of het marktontwerp moet worden aangepast om prikkels voor ontwikkeling en inzet van flexibiliteit te borgen. Tot slot streeft het kabinet ernaar om richtwaarden voor de verschillende flexibiliteitstoepassingen op te nemen om zo richting te geven aan verdere beleidsontwikkeling en marktinvesteringen.
- Flexibiliteit in de gebouwde omgeving ziet het kabinet bij (hybride) warmtepompen en batterijen van elektrische voertuigen.
- Om netcongestie op het LS-net tegen te gaan, kijkt het concept NPE onder andere naar het realiseren van lokale energiesystemen en optimale inzet van flexibiliteitsopties. Daarbij wordt onder andere gekeken naar normering voor optimaler gebruik van elektriciteitsinfrastructuur.
- Specifiek voor de ontwikkeling van energiehubs op lokale en regionale schaal heeft het kabinet € 166 miljoen vrijgemaakt. Het richt zich primair op het tegengaan van netcongestie, maar in een breder perspectief is het ook gericht op de ontwikkeling van een meer decentraal energiesysteem. Het kabinet wil de komende jaren actief samenwerken met decentrale overheden, netbeheerders en marktpartijen aan de verdere uitwerking van decentrale energiesystemen, onder andere met doorontwikkeling van het integraal programmeren. Als blijkt dat (bepaalde) energiehubs maatschappelijke waarde hebben, maar voor deelnemende partijen geen voldoende sluitende economische businesscase bieden, kan dit aanleiding zijn voor overheden om financieel te participeren in de oprichting en wellicht in de realisatiefase.

- In het definitieve NPE zal verder worden ingegaan op beleidsinstrumenten voor het stimuleren en faciliteren van energieweekcollectieven, onder meer door belemmeringen weg te nemen.

Provinciale Energievisies en pMIEK

In 2024 wordt in alle Nederlandse provincies een Energievisie en een pMIEK opgesteld. Dit is een nieuw provinciaal instrument in het Nederlandse energie- en klimaatbeleid gericht op het samenbrengen van ruimtelijke ordening (bijvoorbeeld ontwikkeling van nieuwbouwwijken, uitbreiding van industrie en locatiebepaling voor elektrische voertuigen) en de ontwikkeling van het energiesysteem. Provincies, gemeentes, netbeheerders en andere partijen werken samen bij het opstellen van een Energievisie. In een Energievisie kunnen keuzes worden gemaakt over de inzet van thuis- en buurtbatterijen binnen een provincie. Mogelijk kan het ontwikkelen en aansluiten van buurtbatterijen worden geprioriteerd via de pMIEK.

Salderingsregeling

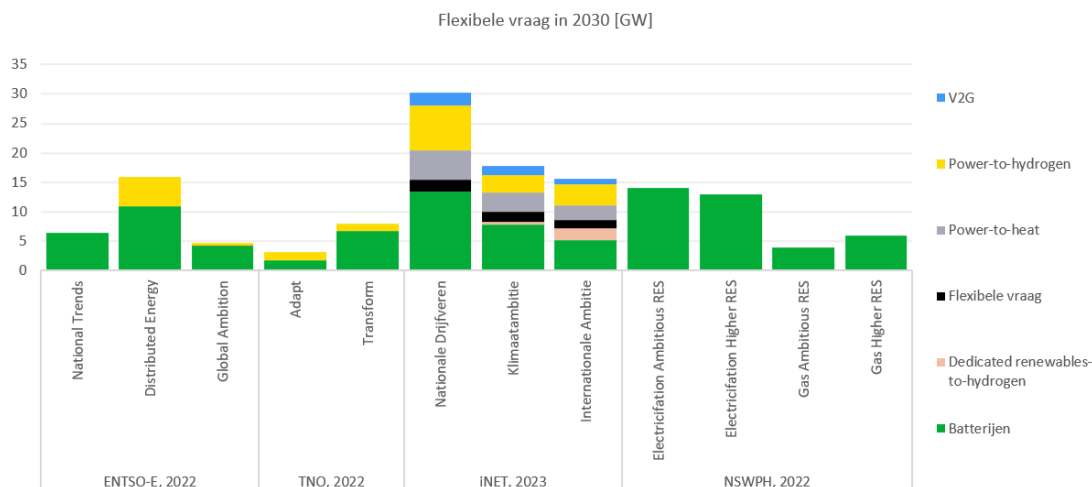
Kleinverbruikers met zon op dak maken in Nederland gebruik van de salderingsregeling. Een deel van elektriciteit uit zon-pv wordt direct gebruikt. De rest wordt via het elektriciteitsnet terug geleverd. De elektriciteit dat vanuit de zon-pv-installatie wordt geleverd aan het net, wordt (tegen dezelfde prijs) afgetrokken van de elektriciteit dat op dezelfde netaansluiting wordt geleverd, zogeheten salderen. Hierdoor functioneert het elektriciteitsnet als het ware als een grote batterij voor kleinverbruikers. De Eerste Kamer heeft een wetsvoorstel in behandeling om de salderingsregeling stapsgewijs af te bouwen. Wanneer dit voorstel wordt doorgevoerd, kunnen kleinverbruikers vanaf 2025 stapsgewijs minder salderen. Binnen dit voorstel kan vanaf 2031 niet meer gesaldeerd worden waardoor zelfconsumptie van zonenergie wordt gestimuleerd (Rijksoverheid, 2023b). Hierdoor ontstaat mogelijk meer behoefte aan thuis- en buurtbatterijen om daarmee zelfconsumptie van zonenergie te bevorderen.

1.5 Vooruitblik: batterijen in het energiesysteem

Flexibiliteit in duurzaam elektriciteitssysteem

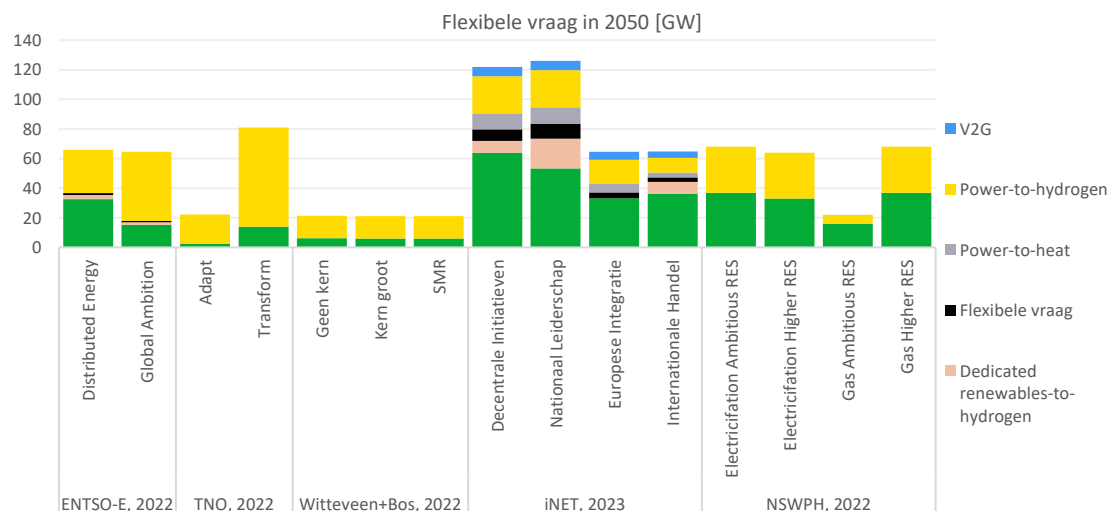
Richting 2050 ontwikkelt het energiesysteem zich van een energiesysteem gedomineerd door moleculen (huidige situatie) naar een energiesysteem gedomineerd door elektronen (van momenteel circa 20/80 naar 50/50 tot wel 70/30). Scenario's uit energiesysteemstudies (geanalyseerd in een Metastudie door Quintel en Witteveen+Bos (Witteveen & Bos & Quintel, 2023)), laten een elektriciteitsmix zien in 2050 die wordt gedomineerd door windenergie en zonenergie. Met de verschuiving naar duurzame elektronen, ontstaat een groeiende vraag naar flexibiliteit in het energiesysteem. Deze behoefte aan flexibiliteit kan worden ingevuld met regelbare opwek (aanbod) en/of flexibele vraag, weergegeven in Figuur 3 en Figuur 4. Er is eensgezindheid over de behoefte aan flexibiliteit die richting 2050 ontstaat. Echter, er is minder eensgezindheid over welke vormen van flexibiliteit, hoeveel vermogen van welke vorm in het energiesysteem zal worden ingezet en waar dit in het energiesysteem wordt ingezet.

Figuur 3 - Flexibele vraag (GW) in Nederland in 2030 in verschillende scenario's uit energiesysteemstudies



Bron: (Witteveen & Bos & Quintel, 2023).

Figuur 4 - Flexibele vraag (GW) in Nederland in 2050 in verschillende scenario's uit energiesysteemstudies



Bron: (Witteveen & Bos & Quintel, 2023).

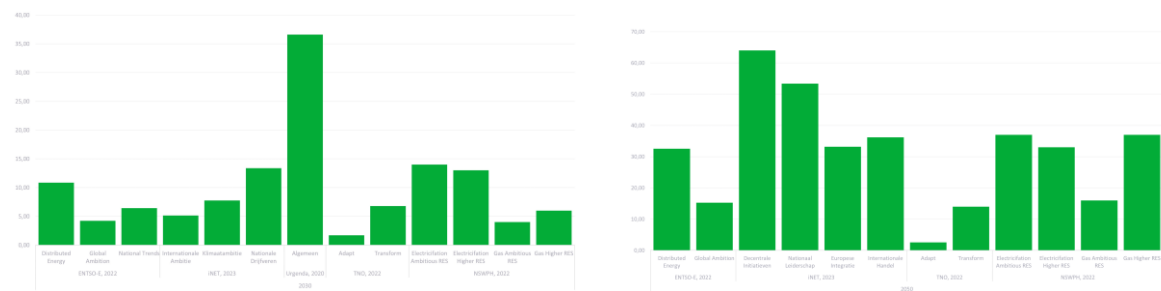
Rol van batterijen in toekomstig energiesysteem

Batterijen kunnen meerdere rollen in het systeem invullen (acteren op tijdelijke overschotten door energie uit het systeem te onttrekken, energie leveren bij tekorten door te ontladen, etc.). Zoals in Figuur 6 te zien is loopt het vermogen aan batterijopslag in Nederland in 2030 en in 2050 per studie en per scenario behoorlijk uiteen. In 2030 ligt het geïnstalleerd vermogen aan batterijopslag tussen circa 2 GW-36 GW en in 2050 tussen circa 2 GW-circa 64 GW. De scenario's van Netbeheer Nederland voorzien richting 2050 40-70 GW aan batterijopslag (Netbeheer Nederland, 2023a), weergegeven in Figuur 5.

Batterijen in het LS-net (waar thuis- en buurtbatterijen op zijn aangesloten) zijn onderdeel van de elektriciteitsmix in de verschillende toekomstscenario's van Netbeheer Nederland. Hoe groot de rol is van batterijen in het LS-net is en hoe dit zich vertaalt in aantallen thuis- en buurtbatterijen, lijkt op basis van de Integrale infrastructuurverkenning 2030-2050 (I13050-2) niet duidelijk (Netbeheer Nederland, 2023a). Wel wordt door Netbeheer Nederland opgemerkt dat 60 tot 70% van de flexibiliteit op koppelstations van regionale netbeheerders van flexmiddelen in het laagspanningsnet komt. Deze 60 tot 70% wordt vervolgens ingevuld met ongeveer 50% thuisbatterijen en 50% batterijen uit elektrische voertuigen.

Netbeheer Nederland schrijft in de I13050-2 2030-2050 dat flexibiliteit al voor 2030 nodig is en dat de ontwikkeling van flexibiliteit op alle spanningsniveaus met beleid moet worden gestimuleerd. Dit beleid om flexmiddelen zoals batterijen op de juiste locatie, op het juiste netvlak en op een net-efficiënte manier in te zetten ontbreekt momenteel. Niet tijdige beschikbaarheid van voldoende flexibiliteitsmiddelen kan leiden tot onrendabele hernieuwbare elektriciteit en het vergroten van het 'maakbaarheidsgat' van netbeheerders. Hierbij wordt geconstateerd dat batterijen zowel een positief als een negatief effect op de piekbelasting kunnen hebben; met puur een inzet op energiemarkten zullen batterijen de pieken op momenten verhogen en daarmee bijdragen aan netcongestie. Met een juiste inzet kunnen batterijen netcongestieneutraal worden aangesloten en bijdragen aan het oplossen van netcongestie.

Figuur 5 - Geprognosticeerd geïnstalleerd vermogen batterijopslag (GW) in Nederland in 2030 (links) en in 2050 (rechts) in verschillende scenario's uit energiesysteemstudies



Bron: (Witteveen & Bos & Quintel, 2023).

2 Kansen en knelpunten

Deze studie is gestart met het in kaart brengen van kansen en knelpunten voor thuis- en buurtbatterijen. Alle geïdentificeerde knelpunten en kansen zijn opgenomen in Bijlage A. De kansen en knelpunten zijn in kaart gebracht omdat er al veel studies uitgevoerd zijn op dit onderwerp. Het doel is om in deze studie inzicht te bieden in kansen en knelpunten waar nog informatie over ontbreekt en/of met een grote impact. De selectie van de knelpunten en kansen is afgestemd met de opdrachtgever en klankbordgroep.

2.1 Belangrijkste/onbekende knelpunten

De belangrijkste knelpunten zijn onderverdeeld in drie thema's: randvoorwaarden, elektriciteitsnet en businesscase energiebalancering. Per knelpunt is toegelicht waarom het geselecteerd is voor verder onderzoek in deze studie.

Randvoorwaarden

- Ruimtelijke inpassing buurtbatterijen: Ruimte vereist voor buurtbatterij en vergunningverlening voor ruimtelijke inpassing is een belangrijke randvoorwaarde om deze systemen te kunnen realiseren.
- Recycling en circulariteit: Ontwerp van thuis- en buurtbatterijen voor recycling/circulariteit en opzetten van recyclingcapaciteit is randvoorwaardelijk voor opschaling van de systemen.
- Cybersecurity en brandveiligheid: Wet- en regelgeving op deze twee onderwerpen is nu nog onvoldoende ontwikkeld en geïmplementeerd.
- Productie- en installatiecapaciteit: Dit is ook randvoorwaardelijk voor de realisatie van de systemen.

Elektriciteitsnet

- Inzicht in wanneer en hoeveel thuis- en buurtbatterijen een oplossing voor netcongestie bieden en in welke netvlakken. En daarbij hoe dit dan financieel en contractueel geregeld wordt tussen netbeheerder en eigenaar van de batterij.
- Inzicht in effect op maakbaarheidsgat als thuis- en buurtbatterijen een netcongestieprobleem kunnen oplossen: Het is onzeker wat de inzet van (technisch) personeel is bij de netbeheerder en in de keten om deze systemen te realiseren en of dit concurreert met netverzwaringen. Het is een mogelijk tegenargument als de technieken congestie wel kunnen oplossen en dient daarom extra onderzocht te worden.
- Contractvormen met netbeheerder voor netcongestieneutraal: Er zijn nu nog geen financiële drijfveren of contractuele afspraken om thuis- en kleinere buurtbatterijen netneutraal (of netpositief) in te passen.

Businesscase elektriciteitsmarkten

- Salderingsregeling: Belemmering voor voordelig maken van zonne-energie opslaan.
- Fiscaal (energiebelasting en btw): Knelpunt voor energiehandel als de salderingsregeling wordt afgeschaft en grote impact op businesscase.
- Nettarieven: Het capaciteitstarief drukt zwaar in de businesscase van een buurtbatterij, wat mogelijk ongewenst is als deze wordt ingezet om netcongestie te helpen voorkomen.
- Energie delen: Energie delen is relevant voor thuisbatterijen maar specifiek voor buurtbatterijen. Het bestaat dan zowel uit energie delen mogelijk maken juridisch/fiscaal en voor de netbeheerder.

2.2 Kansen voor thuis- en buurtbatterijen

De inzet van buurt- en thuisbatterijen biedt tenminste vijf kansen die een bijdrage leveren aan het realiseren van maatschappelijke doelen en/of het toekomstige energiesysteem. Bij de inventarisatie van kansen is gekeken naar opties die relevant zijn voor het merendeel van de gebouwde omgeving. In overleg met de klankbordgroep zijn er twee geselecteerd die als meest belangrijk worden gezien en in deze studie verder zijn onderzocht.

1. Opwek op dak met thuis- en buurtbatterijen verhogen ten behoeve van een fossielvrij elektriciteitssysteem

Overschotten zon op dak kunnen met thuis- en buurtbatterijen (gedeeltelijk) worden opgeslagen voor later gebruik. Hiermee kan in principe het aandeel duurzame elektriciteit in de elektriciteitsmix worden verhoogd, wat (in theorie) bijdraagt aan een fossielvrij elektriciteitssysteem. Let op: Om CO₂-emissies daadwerkelijk te beperken dienen de vrijkomende ETS-rechten van fossiele energiecentrales, die hierdoor deels uit de energiemix worden gedrukt, ook opgekocht te worden.

2. Nieuwbouw ontwikkelingen mogelijk maken met batterij achter-de-meter

Klein of grootverbruikersaansluitingen toch realiseren door achter-de-meter een batterij te koppelen om de piekvraag op te vangen. En/of gebiedsontwikkelingen mogelijk maken met een groeps-TO en buurtbatterij, waarmee wordt geborgd dat de piekvraag van de woningen en (maatschappelijke) voorzieningen in de gebiedsontwikkeling binnen het gecontracteerde groepsvermogen blijft.

Kansen buiten scope

Daarnaast zijn er nog drie kansen voor thuis- en buurtbatterijen die in overleg met opdrachtgever en klankbordgroep niet binnen de scope van dit onderzoek vallen.

1. Flexibiliteit toevoegen ten behoeve van semi autonome energiesystemen

Buurt- en thuisbatterijen kunnen energie flexibiliteit toevoegen aan de gebouwde omgeving. De extra flexibiliteit kan een bijdrage leveren aan het realiseren van een semi-autonoom energiesysteem. Semi-autonome energiesystemen kunnen netverzwaring helpen voorkomen/uitstellen en de match tussen vraag en aanbod verbeteren.

2. Extra flexibiliteit voor leveringszekerheid

Buurt- en thuisbatterijen kunnen een bijdrage leveren aan de leveringszekerheid door flexibiliteit in te zetten in landelijke energie- en onbalansmarkten. Bij een tekort aan flexibiliteit op landelijke schaal is er extra waarde voor thuis- en buurtbatterijen.

3. Leveringszekerheid voor specifieke woningen

Er is mogelijk extra potentieel voor thuis- en buurtbatterijen voor woningen met essentiële apparatuur: bijvoorbeeld medische toestellen of ICT-voorzieningen. Door hoge kosten/effecten van stroomuitval wordt een batterij financieel aantrekkelijker. Deze situatie wordt niet in detail onderzocht omdat het over een beperkt aantal woningen gaat en de eigenschappen zeer specifiek zijn.

3 Randvoorwaarden: Inpassing en realisatie thuis- en buurtbatterijen

Dit hoofdstuk omvat een beschouwing op belangrijkste knelpunten en oplossing voor knelpunten op het thema 'Randvoorwaarden'. Knelpunten voor businesscase en netcongestie zijn onderdeel van Hoofdstuk 4 en 5.

3.1 Brandveiligheid

Algemeen

De lithium-ion-batterij is een volwassen technologie met ingebouwde veiligheidssystemen. Desondanks kent de batterij wel veiligheidsrisico's: er kan een zogenaamde thermal runaway ontstaan, waarbij er te veel warmte in de batterijcellen ontstaat, met oververhitting en een brand die zichzelf in stand houdt tot gevolg (PGS team, 2022). Dit leidt tot een felle, lastig te bestrijden brand, het vrijkomen van giftige stoffen en mogelijk een explosie. Bij het blussen ontstaat vervolgens verontreinigd bluswater, wat schadelijk kan zijn voor de brandweer en andere omstanders (Veiligheidsregio Haaglanden et al., 2019).

Als eenmaal een thermal runaway plaatsvindt bij een batterij, is de situatie moeilijk te stabiliseren, vanwege de zeer snelle toename van de temperatuur en druk, door de uiterst brandbare bestanddelen van een lithium-ion-batterij. Bij een thermal runaway zal de lithium-ion-energiedrager zeker tot ontbranding komen. Brandbestrijding van zowel thuis- als buurtbatterijen kan lastig zijn, aangezien de batterij een afgesloten geheel is waarbij normaal gesproken geen vocht kan komen. Hierdoor kan het bluswater de batterijcellen slecht bereiken, waardoor de brand zich kan verspreiden naar naastgelegen batterijcellen binnenin de batterij, waardoor de brand heviger wordt. Koeling en blussen kan alleen verdere uitbreiding van de brand beperken als het bluswater op enige wijze de batterijcellen kan bereiken.

Tegenwoordig worden voor stationaire batterijen zoals thuis- en buurtbatterijen door de meeste fabrikanten de zogenaamde lithium-ijzerfosfaatbatterij (LFP) gebruikt. Een LFP-batterij heeft een betere weerstand tegen hoge temperaturen dan andere type batterijen (NMC of NCA), waardoor ze veiliger zijn. Desondanks kan alsnog thermal runaway voorkomen en het is lastig in te schatten hoe vaak dit gebeurt, aangezien de kans op brand ook bepaald wordt door menselijke interactie. Onvakkundige installatie, overbelasting van de batterij en fysieke beschadiging spelen een rol spelen in het mogelijk ontstaan van thermal runaway. Deze factoren zijn echter lastig te voorspellen. Bewustwording en voorlichting kunnen hierin een rol spelen.

Thuisbatterijen

Hoewel de kans op calamiteiten klein is, is de impact bij brand van een thuisbatterij in een huishouden groot. Het ontbreekt momenteel aan (aankomende) regelgeving op het gebied van brandveiligheid voor kleinere batterijsystemen zoals de thuisbatterij. Regelgeving voor thuisbatterijen zou kunnen voortborduren op de PGS 37-1 voor grotere lithium-ion-energie dragers (> 20 kWh), maar kent mogelijk andere maatregelen door de kleinere omvang van thuisbatterijen. Hiervoor is aanvullend werk nodig, dat zich nu in een beginstadium bevindt. Staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat, Vivianne Heijnen, heeft aangekondigd nader onderzoek te willen laten doen naar risicoprofielen van thuisbatterijen (Staatssecretaris van I&W, 2022).

Plaatsing in huishouden

Een randvoorwaarde voor de inpassing van thuisbatterijen zijn richtlijnen voor veilige plaatsing in huishoudens, aangezien hiermee risico's kunnen worden verkleind. Regelgeving en algemene kennisuitbreiding over brandgevaar en plaatsing van thuisbatterijen kan het bewustzijn bij consumenten vergroten wat risico's kan verkleinen. Voor thuisbatterijen geldt dat de plek van plaatsing en de installatie cruciaal zijn voor veiligheid.

In eerste instantie is het belangrijk dat de thuisbatterij niet op een plek staat waar deze makkelijk beschadigd kan raken door stoten, aangezien dit de interne batterijcellen ernstig kan schaden, wat tot brand kan leiden. Ook zijn een brandvrije ondergrond en een ruimte met voldoende ventilatie en een rookmelder aan te bevelen. Daarnaast gaat de voorkeur uit naar een locatie die voor hulpdiensten goed bereikbaar is en die niet in de vluchtroute staat voor bewoners.

Momenteel heeft de brandweer geen inzicht in welke huishoudens beschikken over thuisbatterijen. Inzicht in deze data is van belang voor de veilige inzet van de brandweer, bijvoorbeeld als er een brand ontstaat elders in het huis en deze kan overspringen op de thuisbatterij. Momenteel wordt er gekeken of de brandweer inzicht kan krijgen in de data van de netbeheerder over huishoudens met thuisbatterijen. Daarnaast zijn huishoudens ook niet verplicht om kenbaar te maken dat er een thuisbatterij aanwezig is door middel van een veiligheidssticker op de deur, terwijl dit wel geldt als er een zuurstoftank aanwezig is voor medische toepassingen in een huis. Een veiligheidssticker geldt wel voor grotere batterijen.

Buurtbatterijen

Voor buurtbatterijen geldt een ander risicoprofiel dan voor thuisbatterijen, aangezien ze buiten staan en een onderlinge afstand hebben tot andere objecten om de veiligheid en de bereikbaarheid voor de brandweer te garanderen. Deze onderlinge afstanden, samen met andere veiligheidsvoorschriften, zijn vastgelegd in de PGS-richtlijn voor batterijsystemen en NEN 4288 (PGS team, 2022), maar deze richtlijn is momenteel nog niet wettelijk verankerd. Deze veiligheidsvoorschriften zorgen ervoor dat de risico's geminimaliseerd worden. Desondanks zullen bij een brand giftige stoffen in de lucht vrijkomen, waarop adequaat gereageerd zal moeten worden om de veiligheid van omwonenden te beschermen.

In augustus 2024 gaat de nieuwe Europese Batterijenverordening in die voorschrijft dat grootschalige batterijopslagsystemen een aantal veiligheidstesten succesvol doorlopen en dit documenteren. Dit gaat onder andere over thermische, elektrische en mechanische overbelasting van de batterij, brandtesten en gasemissietesten (EU, 2023).

Conclusie brandveiligheid

Lithium-ion-batterijen lopen het risico, hoewel klein, op volledige ontbranding, als gevolg van overbelasting, foutieve lading, korstsluiting of beschadiging. Aangezien brandbestrijding lastig is bij batterijen, is preventie belangrijk. Ruimtelijke inpassing en voorlichting speelt hierbij een belangrijke rol. Voor buurtbatterijen gelden verschillende veiligheidsvoorschriften met betrekking tot ruimtelijke inpassing, waardoor het risico geminimaliseerd wordt. Voor thuisbatterijen zijn er geen veiligheidsvoorschriften rondom plaatsing, waardoor de thuisbatterij mogelijk geïnstalleerd kan worden op ongunstige plekken met het oog op brandveiligheid. Hierdoor kan de impact van een brand groter zijn. Daarnaast is de brandweer niet op de hoogte van de aanwezigheid en locatie van een thuisbatterij in een huishouden, wat voor onveilige situaties kan zorgen. Als thuis- en buurtbatterijen met voldoende zorg geïnstalleerd worden en met inachtneming van veilige ruimtelijke inpassing, dan is het brandveiligheidsrisico minimaal.

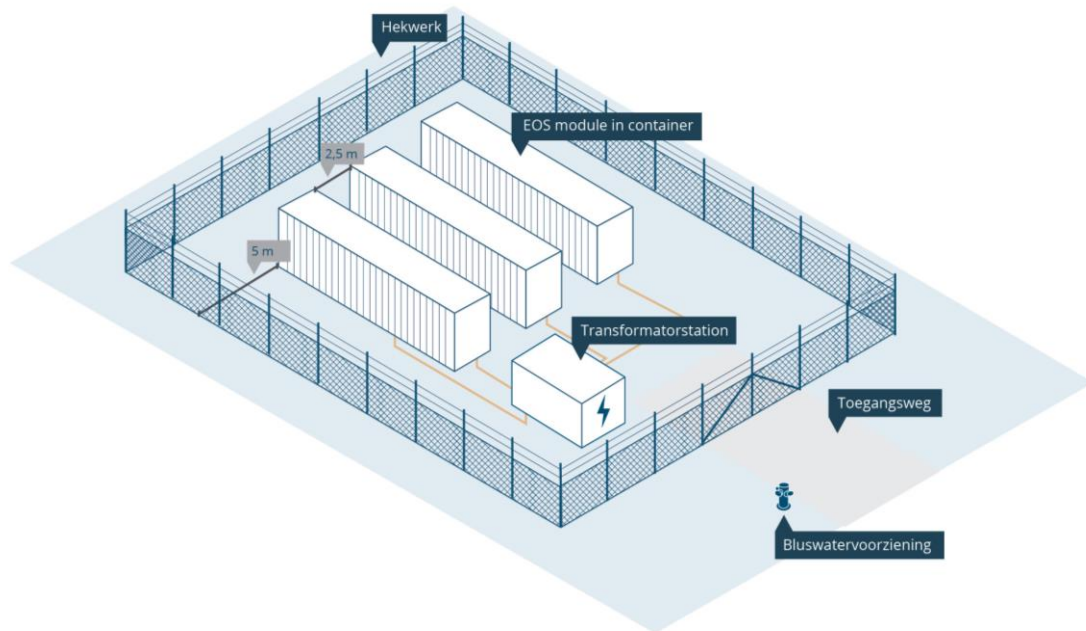
3.2 Ruimtelijke inpassing buurtbatterijen

Wanneer batterijen, zoals buurtbatterijen, in de openbare ruimte geplaatst worden moet er aandacht besteed worden aan de ruimtelijke inpassing. Hierin zijn twee componenten te onderscheiden: het directe ruimtegebruik door de omvang van het systeem, en het indirecte ruimtegebruik. Hier worden de twee formaten zoals gedefinieerd in Hoofdstuk 1 bekeken: 200 kW en 2 MW.

Direct ruimtegebruik

Direct ruimtegebruik wordt vooral bepaald door de fysieke afmetingen van de systeemcomponenten en eventuele onderlinge afstanden tussen deze componenten. In Figuur 6 is voor een groter systeem weergegeven hoe dit er typisch uitziet. Dit ruimtegebruik is representatief voor het 2 MW-systeem, deze zal waarschijnlijk uit meerdere modules bestaan. Naast de batterijmodules zelf, die het formaat hebben van een zeecontainer, is er vaak nog een transformatorstation benodigd en een onderlinge afstand tussen de componenten om bijvoorbeeld de bereikbaarheid voor de brandweer te garanderen. Deze onderlinge afstanden, samen met andere veiligheidsvoorschriften, zijn vastgelegd in de PGS-richtlijn voor batterijsystemen (PGS team, 2022).

Figuur 6 - Ruimtelijke inpassing batterijsysteem



Bron: (Witteveen & Bos, 2023).

In Rijsenhout staat een voorbeeld van een kleine buurtbatterij waarbij niet speciaal een transformatorstation is aangelegd, weergegeven in Figuur 7. Deze batterij is geplaatst nabij een MS/LS-station (te zien op de achtergrond van de foto). Dit systeem bestaat uit slechts één module met relatief kleine capaciteit (128 kWh), wat de ruimtelijk impact beperkt houdt. Kleinere buurtbatterijen (200 kW) die bij een MS/LS-station geplaatst zijn passen doorgaans in één container.

Figuur 7 - Voorbeeld van ruimtelijke inpassing van een buurtbatterij, Rijsenhout 2017



Voor enkele bestaande projecten en producten zijn voorbeelden opgenomen van het ruimtegebruik in Tabel 1, dit betreft het directe ruimtegebruik en houdt nog geen rekening met externe veiligheidscontouren.

Tabel 1 - Oppervlakte buurtbatterij voor verschillende voorbeeldprojecten

Batterijcapaciteit (MWh)	Fysieke ruimte (m ²)	Grondoppervlak incl. onderlinge afstand (m ²)	Ratio incl. onderlinge afstand m ² /MWh	Project/product voorbeeld
0,1	7,5	7,5	75	Buurtbatterij Rijssenhout
0,4	7,5	N.v.t.	19	Alfen mobile
0,6	45	100	166	Zonnepark Altweerderheide
3,7	30	N.v.t.	8	Alfen highdense
10	178	350	35	Greenchoice Hartelkanaal

Indirect ruimtegebruik

Indirect ruimtegebruik wordt beïnvloed door de aangehouden afstand of risicocontour tot gevoelige objecten, bijvoorbeeld woningen. In de PGS-richtlijn is 5-10 meter aangehouden (afhankelijk van mate van brandwerendheid) tot objecten die geen deel uitmaken van het batterijsysteem. Deze afstand is bepaald voor brandwerendheid en om het risico op overslaande brand te beperken. Deze afstand is in een woonwijk uitvoerbaar, zie ook het voorbeeldproject in Rijssenhout. In het geval van een batterijbrand is er kans op ontwikkeling van een giftige gaswolk, hierover heeft het NIPV een scenariokaart uitgebracht met mogelijke effecten (NIPV, 2023). Andere aandachtspunten voor de ruimtelijke inpassing zijn, zoals ook in de PGS-37-richtlijn besproken, de aanwezigheid van een bluswatervoorziening en voldoende toegangswegen in geval van calamiteiten.

In de toekomst wordt in de Wet Besluit Activiteiten Leegomgeving (BAL) verwezen naar de PGS-37-richtlijnen voor batterijen (Kenniscentrum InfoMil, 2023). Hiermee wordt de PGS-37-richtlijn wettelijk verankerd. Goede ruimtelijke inpassing blijft maatwerk, waarbij situatie afhankelijk veiligheidsafstanden tot andere objecten vastgesteld worden. Dit blijkt ook uit gesprekken met omgevingsdiensten: er is geen wettelijk bindende regelgeving, om toch tot een zorgvuldig advies te komen betrekken zij vaak de brandweer en bekijken zij zelf de risico's. De wetgeving en rekenmethodiek voor het in kaart brengen van risicobeheersing lopen achter. Met aandacht voor een goede bereikbaarheid en bestrijdbaarheid in het geval van calamiteiten is een deel van de risico's goed te mitigeren.

Aandachtspunten: geluid en uitvoeringscapaciteit vergunningverlening

De koeling van een batterij veroorzaakt geluid. Dit geluid neemt toe wanneer er meer warmte ontstaat, zoals bij volledig functioneren of op warme dagen. Dit is daarom ook een aandachtspunt met betrekking tot ruimtelijke inpassing, aangezien geluidsoverlast voor omwonenden zoveel mogelijk voorkomen dient te worden. Een suskast kan hiervoor een oplossing zijn, dit is een ventilatierooster met verhoogde geluidwering.

Vanuit de batterijbranche zijn er daarnaast ook zorgen over voldoende uitvoeringscapaciteit bij bevoegd gezag en vergunningverleners met het oog op het groeiende aantal batterijprojecten. De onduidelijkheid in wetgeving over ruimtelijke inpassing en risicobeheersing kan de vergunning beoordeling vertragen.

Conclusie ruimtelijke inpassing

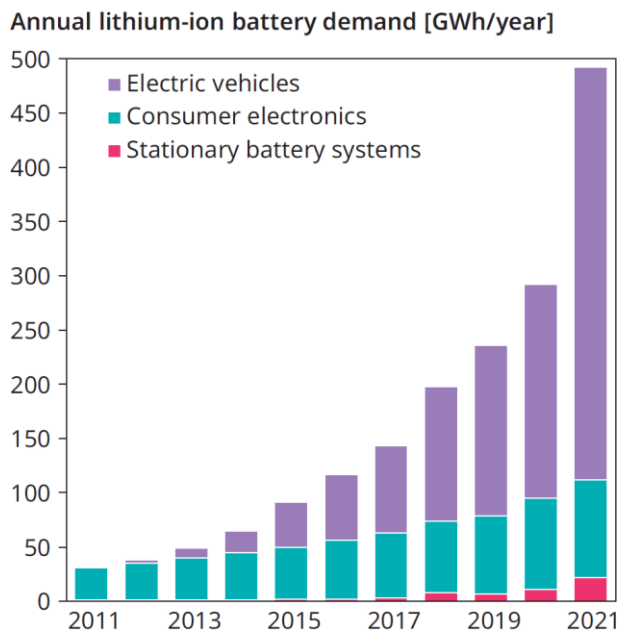
De ruimtelijke impact van een voorgenomen buurtbatterij van 200 kW kan qua omvang vergeleken worden met een typische MSR (elektriciteitshuisje). Dit is op basis van bestaande regelgeving in te passen in woonwijken. Voor de grotere systemen van 2 MW is een grote hoeveelheid ruimte nodig, dit is in bebouwd gebied lastig in te passen. Ruimte in woonwijken is schaars en ook voor MSR's is het soms lastig ruimte te vinden. Of een buurtbatterij in de praktijk ook ingepast kan worden is lastig te zeggen zonder kennis van een specifieke buurt. Een advies is hier om wet- en regelgeving en rekenmethodieken zo in te richten dat risicobeoordeling vergemakkelijkt wordt.

3.3 Productie-, installatie- en recyclingcapaciteit

Productiecapaciteit

De markt voor batterijcellen is afgelopen tien jaar sterk gestegen, vooral door grote vraag naar elektrische auto's, waarvoor veel batterijen nodig zijn. Producenten hebben afgelopen jaren met het oog op de groeiende EV-markt hun productiecapaciteit uitgebreid en zullen dit naar verwachting blijven doen komende jaren. Zoals te zien in Figuur 8 is stationaire opslag nog slechts een kleine, maar wel groeiende, markt voor batterijen.

Figuur 8 - Vraag naar batterijen



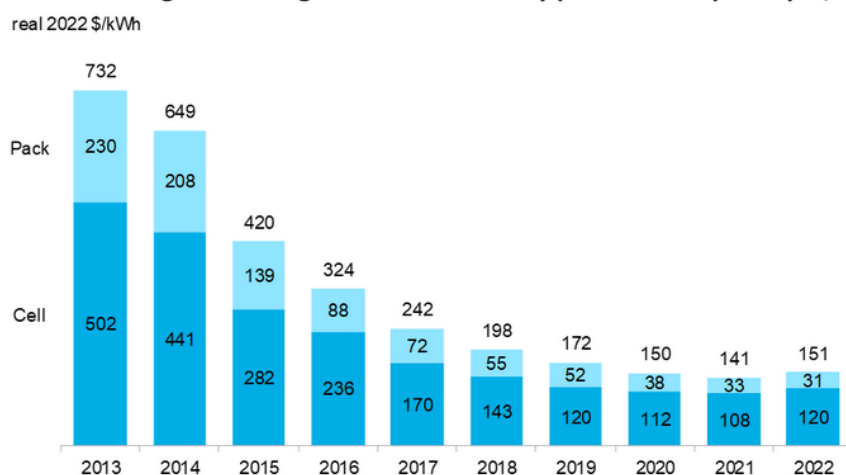
Bron: (Schmidt & Staffel, 2023).

De productiecapaciteit is onder te verdelen in productie van batterijcellen, de daadwerkelijke energiedragers, en de opslagsystemen (de thuis- en buurtbatterijen). In de systemen zijn de cellen samen met een battery management system, omvormer en transformator samengebracht tot een functioneel opslagsysteem.

China is wereldwijd de grootste producent van batterijcellen, met een marktaandeel van ongeveer 75% (Schmidt & Staffel, 2023). De rest van de markt is verdeeld onder Europa, de VS, Zuid-Korea en Japan. Naast geografische concentratie is er ook een beperkt aantal fabrikanten voor batterijcellen. 80% van de markt is in handen van vier bedrijven. Samen met de groei van de markt is ook de prijs van cellen scherp gedaald afgelopen tien jaar. Onderzoekers van onder andere NREL (NREL, 2023), en BloombergNEF (BloombergNEF, 2022) verwachten een verdere daling van de prijzen voor batterijen, wat duidt op voldoende aanbod om aan de vraag te voldoen.

Figuur 9 - Prijs van batterijen (cellen en packs)

Figure 1: Volume-weighted average lithium-ion battery pack and cell price split, 2013-2022



Bron: (BloombergNEF, 2022).

Navraag bij (leden van) Energy Storage NL duidt er op dat Nederlandse fabrikanten geen schaarste verwachten op het gebied van batterijcellen door de grote groei (ook in Europa) van het aantal batterijfabrieken. Wel constateren zij een grote afhankelijkheid van vermogens elektronica welke nauwelijks in Europa geproduceerd wordt. Er is dus een aanzienlijke afhankelijkheid van import van buiten Europa voor de fabricage van batterijsystemen.

Tot nu toe kon voldaan worden aan de groeiende vraag naar batterijcellen door het bijbouwen van fabrieken en het verhogen van de productie van bestaande fabrieken. Het is niet zeker of dit in de toekomst zo blijft. De markt voor batterijen kan krappere worden als de markt voor elektrische voertuigen sneller groeit dan dat batterijfabrikanten de productie kunnen opschalen. Omdat stationaire batterijsystemen van dezelfde fabrikanten afhankelijk zijn als autobouwers, heeft deze ontwikkeling op de markt van elektrische voertuigen invloed op de beschikbaarheid van thuis- en buurtbatterijen.

Installatie

Capaciteit bij installateurs is een mogelijk knelpunt voor de opschaling van batterijopslag in Nederland. Thuisbatterijen moeten in principe door een erkend installateur geïnstalleerd worden, echter is hier geen toezicht op. Consumenten kunnen daardoor zelf ook de installatie uitvoeren, wat mogelijk leidt tot onveilige elektrotechnische situaties of onwenselijke plaatsing vanuit brandveiligheidsoogpunt. Voor grotere (buurt)batterijen is

een partij nodig die de installatie uitvoert, dit kan ook door de fabrikant gedaan worden in sommige gevallen.

Uit onderzoek van ABN AMRO blijkt dat er een groot personeelstekort in de energietransitie is (ABN Amro, 2023). Of de hoeveelheid vakpersoneel specifiek voor het installeren van thuis- en buurtbatterijen toereikend is, is lastig te bepalen. Wel kan er gekeken worden naar de beschikbaarheid van installateurs van bijvoorbeeld zonnepanelen en laadpalen, omdat hier sprake is van een soortgelijke expertise. Voor het installeren van zonnepanelen is een aantal jaren een tekort geweest aan personeel door de grote groei in de vraag naar zonnepanelen van huishoudens, aldus de branche zelf. Voor laadpalen wordt nog geen tekort geconstateerd, maar bijvoorbeeld Techniek Nederland wijst er op dat dit wel kan ontstaan door de benodigde groei van het aantal laadpalen en het reeds bestaande gebrek aan installateurs (Techniek Nederland, 2021). Er lijkt momenteel niet een acuut groot tekort te zijn, maar verschillende partijen onderschrijven dat tekort aan installatiepersoneel een aandachtspunt is. Elektrotechnisch installateurs hebben specifieke vakkennis nodig voor het installeren van batterijsystemen, er is echter niet voorzien dat dit een knelpunt vormt.

Een ander aandachtspunt is dat met name buurtbatterijen voor de ingebruikname ook een inspanning van de netbeheerder vragen. Het is onduidelijk of hier voldoende capaciteit voor is bij de netbeheerders en of batterijen resulteren in een reductie van het werkpakket.

Recycling

Thuis- en buurtbatterijen hebben een levensduur van ongeveer vijftien jaar. Momenteel is er nog geen infrastructuur voor de recycling van thuis- en buurtbatterijen, mede aangezien er nog weinig aanbod is van end-of-life-batterijen van dit formaat. De nieuwe Europese Batterijenverordening en de European Critical Raw Materials Act bevatten diverse verplichtingen die de circulariteit en recycling moeten bevorderen. De Batterijenverordening beoogt een circulaire economie voor de batterijsector door zich te richten op alle fasen van de levenscyclus van batterijen. Dit loopt van circulaire ontwerpprincipes, zoals langere levensduur, tot hergebruik en afvalverwerking. Voorbeelden zijn eisen op het gebied van inzameling, het stimuleren van de reparerbaarheid en hergebruik, recycling en op de verplichting om gerecycled materiaal toe te passen in nieuwe lithiumbatterijen (Raad van de Europese Unie, 2023). Door meer gebruik te maken van gerecyclede materialen in nieuwe batterijen kan de CO₂-footprint van een nieuwe batterijen sterk worden verlaagd.

3.4 Conclusie productie-, installatie- en recyclingcapaciteit

Productiecapaciteit is momenteel geen knelpunt voor de ontwikkelingen van thuis- en buurtbatterijen. Veel partijen zijn optimistisch over de toekomstige beschikbaarheid van onderdelen, de grote internationale afhankelijkheid voor met name vermogenslektronica zorgt wel voor onzekerheid in de toeleveringsketen.

Installatiecapaciteit van batterijsystemen is en wordt waarschijnlijk geen knelpunt in Nederland. Wel dient er opgemerkt te worden dat de gehele installatiebranche met een krappe arbeidsmarkt kampt.

Recycling is momenteel nog onvoldoende uitgebouwd in Europa, maar dit is geen knelpunt voor de verdere ontwikkeling van de batterijbranche. De recyclingcapaciteit zal komende jaren, mede door EU-wetgeving, waarschijnlijk toenemen.

3.5 Cybersecurity

Algemeen

Energieopslag en zijn verschillende onderdelen, zoals de batterij zelf, software, verbinding met het elektriciteitsnet, etc., zijn vaak afkomstig van verschillende producenten en aanbieders en zijn mogelijk ook door verschillende installatiebedrijven geïnstalleerd. Aangezien al deze verschillende apparaten wel met elkaar verbonden zijn en met het internet, geldt dat het systeem zo sterk is als de zwakste schakel. Het is daarom belangrijk dat voor alle partijen, zowel leveranciers als installateurs, duidelijk is wat ieders rol is binnen cybersecurity, wie toegang heeft tot de data en wie verantwoordelijk is voor software-updates (CE Delft, 2023c).

Regelgeving

Op dit moment ontbreekt het aan regelgeving over cybersecurity voor thuis- en buurtbatterijen en energiemanagementsystemen en komt deze cybercrime als risico voor batterijen ook niet aan bod in de nieuwe Europese Batterijenverordening (Royal HaskoningDHV, 2021). Strikt genomen is er daarom (nog) geen juridische basis om de naleving op cyberveiligheid te handhaven. Europees beleid zoals de Network and Information Security Directive 2 (NIS2), Cyber Resilience Act (CRA) en Radio Equipment Directive (RED) wordt momenteel geïmplementeerd in de Nederlandse wet- en regelgeving en zal naar verwachting in 2024 van kracht worden. Het is hierbij van belang dat dit beleid direct toepasbaar is voor producenten en installateurs en verifieerbaar is voor inspecties. Concrete regelgeving over afspraken, standaardisering en certificering of bijvoorbeeld standaardcontracten tussen verschillende partijen, kunnen hiervoor handvaten bieden. Daarnaast zou eventueel nieuwe regelgeving met terugwerkende kracht kunnen gelden, voor apparaten die al op de markt zijn.

4 Businesscase: zonne-energie en energiehandel

De businesscase voor thuis- en buurtbatterijen is in eerste instantie onderzocht voor het opslaan van zonne-energie en het acteren op verschillende energiemarkten. In Hoofdstuk 5 analyseren we het potentieel en de businesscase voor netcongestie, één van de mogelijke andere rollen van thuisbatterijen. De businesscase is gemodelleerd voor 2030 met de verwachte ontwikkeling van de energieprijzen naar 2030 in een laag en hoog scenario. Deze scenario's representeren de volgens ons realistische prijzen, spread, en dus inkomsten. De uurlijkse energieprijzen zijn bepaald om de verwachte inkomsten te bepalen door inzet op onder andere de energiemarkten.

4.1 Configuraties batterijen en kosten(ontwikkeling)

De businesscase is gemodelleerd voor vier type batterijsystemen. De belangrijkste eigenschappen zijn opgenomen in Tabel 2. In Paragraaf 1.2 lichten we de keuzes en onze definitie voor thuis- en buurtbatterijen toe. Er is gekozen voor een realistische range in vermogen van de systemen die de komende jaren het meeste gerealiseerd zullen worden.

Tabel 2 - Eigenschappen twee thuisbatterijen voor businesscaseanalyse

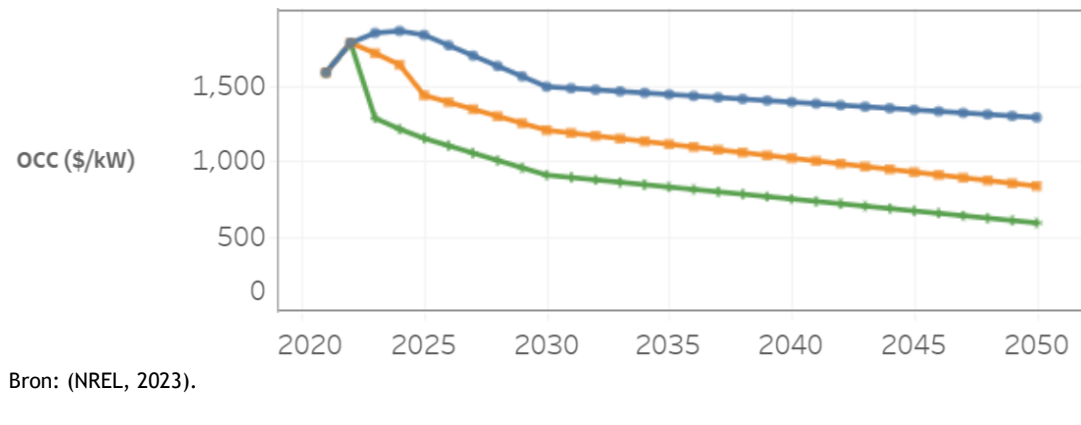
Eigenschappen batterij	Eenheid	Kleine thuisbatterij	Grote thuisbatterij	Kleine buurtbatterij	Grote buurtbatterij
Energie	kWh	5	10	800	8.000
Vermogen	kW	2,5	5	200	2.000
Capaciteitsfactor	kWh/kW	2	2	4	4
Economische levensduur	Jaren	15	15	15	15
Investeringskosten	€	€ 4.000	€ 7.000	€ 350.000 ¹	€ 3.200.000
Installatie kosten en ondersteunende hardware	€	€ 1.000	€ 1.000	-	-
Jaarlijkse operationele kosten	€/jaar	€ 40	€ 70	€ 8.600 (2,5%)	€ 80.000 (2,5%)

Ontwikkeling prijzen batterijen

In deze studie gaan we uit van een investering in een batterij in 2024. Dan zijn dit reële prijzen afgestemd met leveranciers. In de toekomst wordt een prijsdaling verwacht van batterijen door opschaling en door techniekontwikkeling. De NREL verwacht tot 2025 een stijging van de batterijprijzen door vooral hoge lithiumprijzen (NREL, 2023), maar na 2025 een daling van de batterijkosten. Voor batterijen kunnen de kosten ook nog verder dalen door opschaling van de markt. Daarmee kunnen kosten van componenten en installatie dalen. Het is dus mogelijk dat de prijzen richting 2030 en 2035 van batterijen gaan dalen, maar dit is afhankelijk van veel factoren met grote invloed van de lithium beschikbaarheid en prijs.

¹ Bron: NREL. (2023). *Utility-Scale Battery Storage*. NREL. https://atb.nrel.gov/electricity/2023/utility-scale_battery_storage

Figuur 10 - Verwachte ontwikkeling kosten 4-uurs batterij van 60 MW



4.2 Verdienmodellen

Elektriciteit wordt in Nederland op verschillende markten verhandeld zodat vraag en aanbod altijd met elkaar in balans zijn. Deze verschillende markten vertegenwoordigen mogelijke verdienmodellen voor thuis- en buurtbatterijen. Deze markten verschillen qua type contract en ook met de tijdschaal waarop vraag en aanbod met elkaar in balans gebracht wordt.

Voor de inzet van thuis- en buurtbatterijen en in de inzet op verschillende markten concluderen we:

- Langetermijnmarkten: Thuis- en buurtbatterijen zullen geen onderdeel zijn van langetermijnmarkten en -contracten, aangezien energielevering meer in die contracten wordt geregeld. Balanshandhaving vindt plaats op de andere markten.
- Day-aheadmarkt: Deze markt kennen een relatief groot volume. De day-aheadmarkt kan makkelijk aan deelgenomen worden via een dynamisch energiecontract. Thuis- en buurtbatterijen kunnen hier goed op acteren.
- Intraday- en onbalansmarkt: Tussen de day-aheadmarkt en de gecontracteerde diensten van TenneT (FCR, aFRR en mFRR) liggen de intraday- en onbalansmarkt. Via een normaal energiecontract kan hier niet op deelgenomen worden, maar via bijvoorbeeld een energieleverancier kunnen partijen wel acteren op deze markten. De markten kennen een kleiner volume dan de day-aheadmarkt maar ook hogere inkomsten. De verwachting is dat met de uitrol van thuis- en buurtbatterijen partijen algoritmes en proposities gaan ontwikkelen om thuis- en buurtbatterijen in te zetten op de intraday- en onbalansmarkt.
- FCR, aFRR en mFRR: De inzet van thuis- en buurtbatterijen op de mFRR-markt is niet waarschijnlijk, omdat deze units het hele jaar door beschikbaar moeten zijn. De FCR- en aFRR-markt vereisen een relatief snelle reactietijd om mee te doen. Dit maakt batterijen specifiek interessant voor deze markten. De komende jaren zullen deze markten echter grotendeels verzadigd raken omdat deze een kleine omvang kennen. De FCR-markt is 100 MW groot en al verzadigd. De aFRR-markt is ongeveer 500 MW en zal ook snel verzadigd raken. Een andere belemmering is dat voor deelname op de FCR en aFRR een minimumvermogen van 1 MW vereist is. Thuisbatterijen en een deel van de buurtbatterijen kan dus alleen in een gezamenlijke groep deelnemen.

De komende jaren is het meeste potentieel voor thuis- en buurtbatterijen dus op de day-ahead-, onbalans- en intradaymarkt. De businesscase op deze markten is daarom in detail gemodelleerd voor verschillende typen batterijen en scenario's. Al deze aannames zijn toegelicht in Bijlage B.

Andere mogelijke inkomsten is het voorkomen van curtailment door spanningsproblemen, het voorkomen van een heffing voor invoeding van elektriciteit door de energieleverancier en het oplossen van fase-onbalans.

4.3 Resultaten businesscase

4.3.1 Businesscase thuisbatterijen

De resultaten van deze paragraaf zijn grotendeels gebaseerd op de studie 'Thuisbatterijen in de energietransitie' (CE Delft, 2023d). Er is gerekend met twee type huishoudens: een huishouden met zon-pv en standaard huishoudelijk verbruik en een huishouden met zon-pv, huishoudelijk verbruik, elektrische auto en warmtepomp. De businesscase is bepaald voor verschillende scenario's:

- opslaan van zelf opgewerkte zonne-energie en later gebruiken van deze elektriciteit;
- de businesscase voor puur de handel op de energiemarkten;
- de businesscase voor handel op de onbalansmarkt;
- de optimale businesscase met een dynamisch contract met opslaan van eigen zonne-energie;
- gevoeligheidsanalyses met verschillende prijsscenario's van de energieprijzen;
- gevoeligheidsanalyses met en zonder salderingsregeling en dubbele energiebelasting;
- gevoeligheidsanalyses met een heffing van de energieleverancier voor invoeding en analyse van effect van afschakelende omvormers door spanningsproblemen.

Businesscase thuisbatterij: Opslaan zonne-energie

De batterij kan gebruikt worden voor alleen het opslaan van de zonne-energie die niet direct gebruikt kan worden. Tabel 3 en

Tabel 4 tonen de zelfconsumptie van de zon-pv met en zonder thuisbatterij en het overzicht van de energie-uitwisseling met het net. Met een kleine batterij kan de zelfconsumptie voor dit gemiddelde huishouden toenemen met ongeveer 1.000 kWh, oftewel 25 procentpunt. Met een grote batterij is dit 35 procentpunt, oftewel 1.300 kWh. Hierdoor hoeft er ook minder stroom ingevoerd en afgenomen te worden van het net. De netto hoeveelheid afname van het net blijft echter ongeveer gelijk.

Tabel 3 - Hoeveelheid elektriciteit van zon-pv wordt gebruikt zonder en met thuisbatterij van totale productie van 3.500 kWh

Zelfconsumptie zon-pv	Geen batterij		Kleine thuisbatterij		Grote thuisbatterij	
Huishouden met zon-pv	890 kWh	25%	1.930 kWh	50%	2.080 kWh	60%
Huishouden met zon-pv, WP en EV	1.770 kWh	54%	2.730 kWh	77%	3.210 kWh	90%

Tabel 4 - Overzicht energie-uitwisseling met het elektriciteitsnetwerk

	Afname elektriciteit van het net	Invoeding elektriciteit naar het net	Netto energie-uitwisseling met elektriciteitsnet
Huishouden met zon-pv, geen batterij	2.110 kWh	2.660 kWh	-550 kWh
Huishouden met zon-pv, kleine batterij	1.120 kWh	1.570 kWh	-450 kWh
Huishouden met zon-pv, grote batterij	1.030 kWh	1.470 kWh	-440 kWh
Huishouden met zon-pv, WP en EV, geen batterij	8.420 kWh	1.780 kWh	6.640 kWh
Huishouden met zon-pv, WP en EV, kleine batterij	7.560 kWh	830 kWh	6.730 kWh
Huishouden met zon-pv, WP en EV, grote batterij	7.120 kWh	340 kWh	6.780 kWh

Het is mogelijk dat de eigenschappen afwijken voor specifieke huishoudens of wijken. Het opgesteld vermogen zon-pv en elektriciteitsverbruik is gebaseerd op gemiddeldes die we nu zien en in de toekomst verwachten.

De businesscase voor het opslaan van eigen zonne-energie wordt grotendeels bepaald door de salderingsregeling en of het huishouden een vast of dynamisch energiecontract heeft. De resultaten voor de businesscase voor het opslaan van zonne-energie is weergegeven in Tabel 5. Uit de modellering van alle verschillende varianten blijkt dat de inkomsten veel lager zijn dan de totale kosten. Er is dus geen rendabele businesscase voor alleen het opslaan van zonne-energie. De businesscase inclusief energiehandel wordt in de volgende paragrafen onderzocht.

Tabel 5 - Overzicht businesscase voor opslaan eigen zonne-energie

Scenario en huishouden		Batterij	Totale kosten 15 jaar	Totale inkomsten inschatting over 15 jaar	Terug-verdientijd
Vast energie-contract, met salderingsregeling	Huishouden met zon-pv	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 820	> 15 jaar
		Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 890	> 15 jaar
	Huishouden met zon-pv, WP en EV	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 620	> 15 jaar
		Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 940	> 15 jaar
Vast energie-contract, geen salderingsregeling	Huishouden met zon-pv	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 1.810	> 15 jaar
		Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 1.970	> 15 jaar
	Huishouden met zon-pv, WP en EV	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 1.580	> 15 jaar
		Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 2.380	> 15 jaar
Dynamisch energiecontract, geen salderings-regeling	Huishouden met zon-pv	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 2.200	> 15 jaar
		Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 2.400	> 15 jaar
	Huishouden met zon-pv, WP en EV	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 1.980	> 15 jaar
		Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 3.020	> 15 jaar

In bovenstaande tabel is gerekend met energieprijzen die we verwachten voor 2030, berekend per uur. Deze modellering resulteert voor het midden-scenario in 2030 in een gemiddeld maximaal prijsverschil binnen één dag van 118 €/MWh, oftewel 0,118 €/kWh. We kijken hierbij naar het verschil tussen de laagste en hoogste prijs binnen één dag. Zonder salderingsregeling dient er ook belasting en btw betaald te worden over die

elektriciteitsprijs bij elektriciteitshandel. De spread binnen één dag is dan nog maar 34 €/MWh, oftewel 0,33 €/kWh.

Businesscase thuisbatterij: onbalansmarkt

De onbalansmarkt is een interessante markt voor batterijen, omdat de prijzen veel hoger zijn. Dit komt doordat er minder technieken zijn die goed kunnen acteren op de onbalansmarkten. Hierdoor kan er meer geld verdiend worden. Een belemmering voor thuisbatterijen is dat ze niet met een normaal energiecontract kunnen deelnemen op onder andere de onbalansmarkten. Potentieel kunnen ze dat wel via een energieleverancier of andere aggregator². We hebben de inkomsten op de onbalansmarkt gemodelleerd op dezelfde manier als in de eerdere batterijenstudies (CE Delft, 2023a). Vervolgens is een correctie uitgevoerd voor energiebelasting en btw die betaald dient te worden door huishoudens.

Als de salderingsregeling er is, dan heeft dit een beperkt effect op de inkomsten. Zonder salderingsregeling is het effect van de energiebelasting en btw hoger. We gaan er daarnaast van uit dat een thuisbatterij 10% lagere inkomsten heeft, onder andere vanwege kosten voor de aggregator. Dit resulteert in de totale inkomsten in Tabel 6. Hieruit blijkt dat met de salderingsregeling er voor de grote batterij een terugverdientijd van veertien jaar is. Zonder salderingsregeling is er geen rendabele businesscase voor het acteren op de onbalansmarkt.

Tabel 6 - Resultaat businesscase thuisbatterijen voor handel op onbalansmarkt

Wel/geen salderingsregeling	Batterij	Totale kosten over 15 jaar	Totale inkomsten inschatting over 15 jaar	Terugverdientijd
Salderingsregeling tot 2030	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 4.700	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 9.410	14 jaar
Zonder salderingsregeling	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 3.885	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 7.770	> 15 jaar

Een belangrijk aandachtspunt is of de thuisbatterij deze inkomsten kan realiseren. De vraag is namelijk of thuisbatterijen kunnen concurreren op deze markten met andere flexibiliteitsbronnen, zoals grootschalige batterijen. Het is onzeker hoe partijen zullen inbieden en of thuisbatterijen kunnen concurreren met andere typen batterijen en flexibiliteitsbronnen. Dit is afhankelijk van de totale kosten en vereiste winst.

Businesscase thuisbatterij: optimale inzet day-aheadmarkt en opslaan zonne-energie

De thuisbatterij kan dus nu niet zomaar deelnemen op de onbalansmarkt (wellicht in de toekomst wel), maar wel op de andere markten. Daarom is hier gemodelleerd wat de optimale inzet is met een dynamisch energiecontract én zonder handel op de onbalansmarkt. De meeste inkomsten zijn te behalen door op te laden op momenten met lage elektriciteitsprijzen en zelf de energie te gebruiken. Het leveren van de elektriciteit levert

² Een aggregator is een partij die contracten heeft met meerdere huishoudens en voor hun flexibele applicaties zoals thuisbatterijen aanstuurt. Daardoor kunnen thuisbatterijen wel deelnemen aan bepaalde markten, zoals de onbalansmarkt.

de meeste dagen minder op en dan is het gunstiger om de elektriciteit zelf te gebruiken. De thuisbatterij kent optimale inkomsten als het:

- Eigen zonne-energie zo veel mogelijk opslaat. Dit kan ook voordeel kennen voor een eventuele heffing van de energieleverancier voor invoeding, wat verder wordt toegelicht eerder in Paragraaf 4.3.1.
- Oplaaft op maximaal vermogen tijdens de momenten met zeer goedkope stroom. Deze elektriciteit vervolgens gebruikt voor eigen gebruik op momenten met de duurste stroom.
- Op uren dat de batterij niet (volledig) actief hoeft te zijn nog extra handelt op de day-aheadmarkt door te laden en ontladen. We concluderen dat de thuisbatterij nog ongeveer 30 tot 40% van de inkomsten middels day-aheadhandel kan realiseren naast de inzet om de energiekosten te verlagen. Dit hangt af van het type huishouden en grootte batterij.

De inkomsten door het plaatsen van een thuisbatterij met deze inzet, is weergegeven in Tabel 7. Ook met deze inzet is de terugverdiëntijd langer dan vijftien jaar. De onrendabele top voor de kleine thuisbatterij is tussen de € 2.000 (huishouden met zon-pv, WP en EV) en € 2.500 (huishouden met zon-pv) over vijftien jaar. De onrendabele top voor de groot-schalige batterij is € 5.000 voor het huidige huishouden en € 3.500 voor een huishouden met zon-pv, WP en EV.

Tabel 7 - Businesscase voor optimaal verlagen energiekosten en terugleveren elektriciteit via day-aheadmarkt

	Batterij	Totale kosten 15 jaar	Lagere energie- kosten 15 jaar	Handel day- aheadmarkt 15 jaar	Totale inkomsten inschatting 15 jaar	Terug- verdiëntijd
Huishouden met zon-pv	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 2.390	€ 620	€ 3.010	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 2.850	€ 1.200	€ 4.050	14 jaar
Huishouden met zon-pv, WP en EV	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 3.130	€ 420	€ 3.540	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 4.350	€ 1.060	€ 5.410	> 15 jaar

Deze markten kunnen eventueel nog verder gecombineerd worden met de onbalansmarkt om de inkomsten verder te vergroten.

Tekstkader 1 - Additionele baten

- Er zijn nog twee mogelijke additionele baten die in specifieke situaties gelden voor thuisbatterijen. Dit zijn:
- Voorkomen heffing energieleverancier: Verschillende energieleveranciers hebben een extra heffing geïntroduceerd voor huishoudens met zonnepanelen en/of het invoeden van elektriciteit. Met een thuisbatterij kan er minder elektriciteit ingevoerd worden. Met de aangekondigde heffing van Van de bron kan met een thuisbatterij een gedeelte van de heffing voorkomen worden, uit berekeningen blijkt dat dit € 102 per jaar is. Deze heffing verschilt per energieleverancier en zal mogelijk veranderen als de salderingsregeling wordt afgeschaft.
 - Uitvallen omvormer door spanningskwaliteit: Als er teveel zonne-energie wordt ingevoerd op een lokaal netvlak, zoals een LS-kabel, kan de spanning teveel toenemen. Dit betekent dat omvormers automatisch afschakelen als veiligheidsmaatregel en huishoudens geen geld kunnen verdienen aan het invoeden van elektriciteit. De netbeheerders geven aan dat volgens hun metingen maximaal 10% van de zonne-energie niet ingevoerd kan worden door spanningsproblemen. De gemiste inkomsten zijn € 80 per jaar met de salderingsregeling en ongeveer € 25 zonder salderingsregeling. Dit is dus een maximum en het bedrag is afhankelijk van de lokale situatie in de wijk.

Resultaten businesscase thuisbatterijen

De resultaten van de businesscase zijn grafisch weergegeven in Figuur 11 voor een huishouden met zon-pv, WP en EV (warmtepomp en elektrische auto). Uit deze analyse blijkt dat geen van de mogelijke inzet van thuisbatterijen rendabel wordt binnen de vijftien jaar. De terugverdiëntijd is dus naar onze verwachting langer dan vijftien jaar bij een investering in 2024. Er is logischerwijs veel onzekerheid in de prijsontwikkeling, daarom is een onzekerheidsanalyse uitgevoerd met drie prijzen voor gas en CO₂, zoals beschreven in Bijlage B.

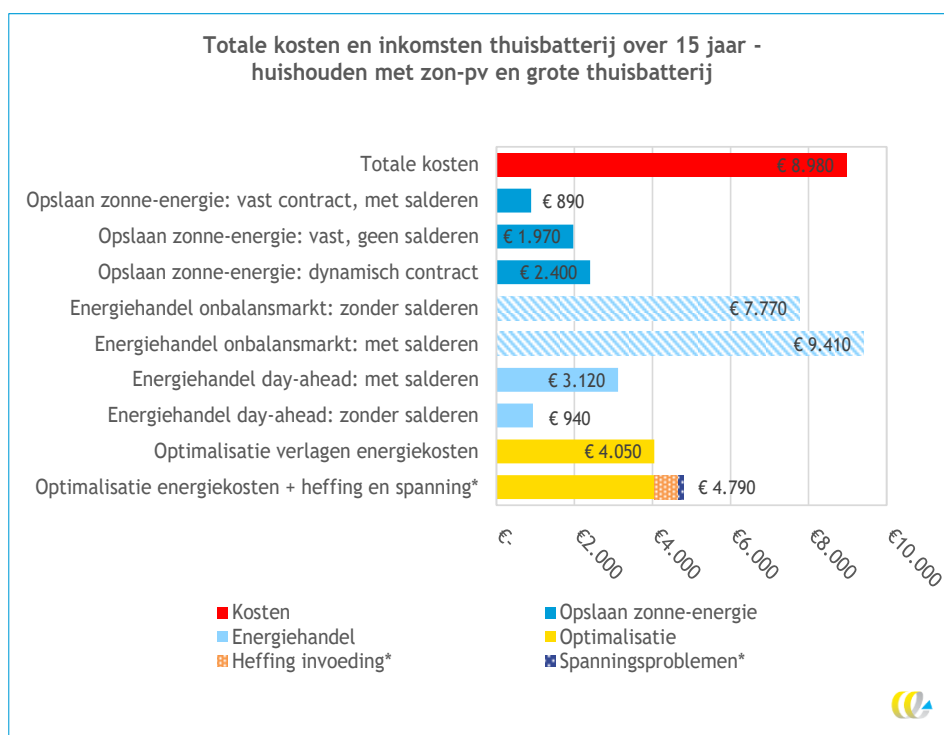
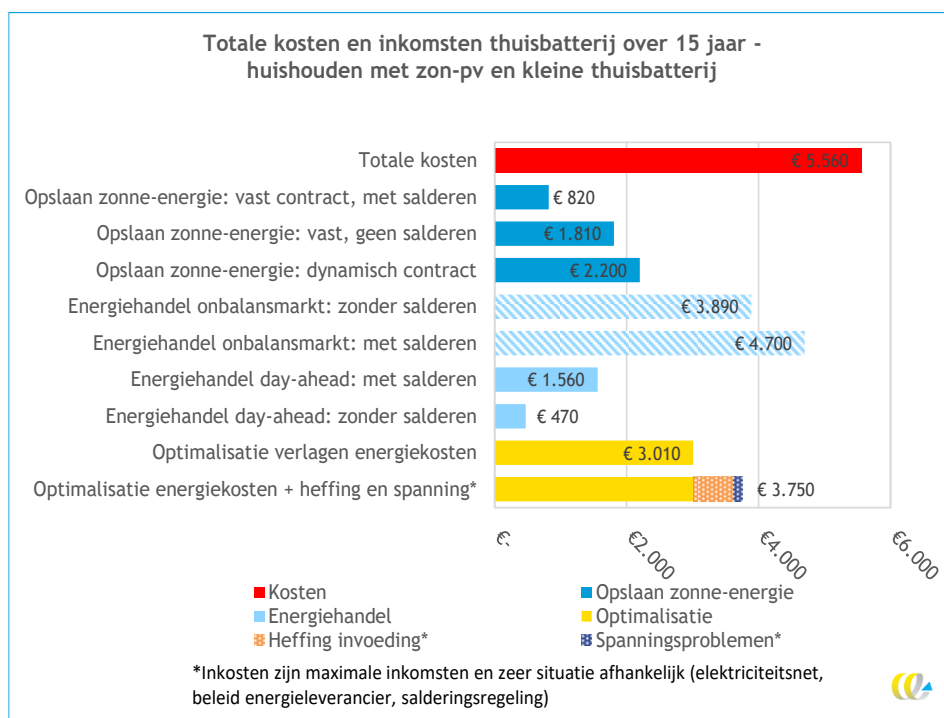
Het meeste geld is te verdienen met de onbalansmarkt, maar hier kunnen thuisbatterijen in de huidige situatie niet zomaar aan deelnemen met een standaard energiecontract. Hiervoor dienen producten door bijvoorbeeld energieleveranciers gerealiseerd te worden. Met een dynamisch energiecontract (wat nu standaard afgesloten kan worden) is het meest te verdienen als de thuisbatterij:

- Eigen zonne-energie zo veel mogelijk opslaat om later te gebruiken.
- Oplaat op maximaal vermogen tijdens de momenten met zeer goedkope stroom. Deze elektriciteit vervolgens gebruikt op momenten met de duurste stroom.
- Op uren dat de batterij niet (volledig) actief hoeft te zijn nog extra handelt op de day-aheadmarkt door te laden en ontladen. We concluderen dat de thuisbatterij nog ongeveer 30 tot 40% van de inkomsten van day-aheadhandel kan realiseren naast de inzet om de energiekosten te verlagen. Dit hangt af per type huishouden en grootte van de batterij.
- Er zijn mogelijke additionele baten als het huishouden last heeft van spanningsklachten, waardoor een gedeelte van de zonne-energie niet ingevoed kan worden. Daarnaast zijn er mogelijk additionele baten als de energieleverancier een heffing oplegt voor huishoudens die zonne-energie invoeden, zoals Van de bron nu heeft aangekondigd.

Met alleen een dynamisch energiecontract is de onrendabele top voor de kleine thuisbatterij tussen de € 2.000 (huishouden met zon-pv, WP en EV) en € 2.500 (huishouden met zon-pv) over vijftien jaar. De onrendabele top voor de grootschalige batterij is € 5.000 voor het huidige huishouden en € 3.500 voor een huishouden met zon-pv, WP en EV. In het meest uiterste geval kunnen de heffing van de energieleverancier en de gemiste inkomsten door het afschakelen van de omvormer zonder thuisbatterij, resulteren in ongeveer € 800 extra inkomsten gedurende de levensduur van de batterij. Dit resulteert dan in een lagere onrendabele top van dit bedrag. In deze analyse is uitgegaan van het huidig beleid en één beleidsaanpassing: het afschaffen van de salderingsregeling. Het afschaffen van de dubbele energiebelasting is onderdeel van Hoofdstuk 6.

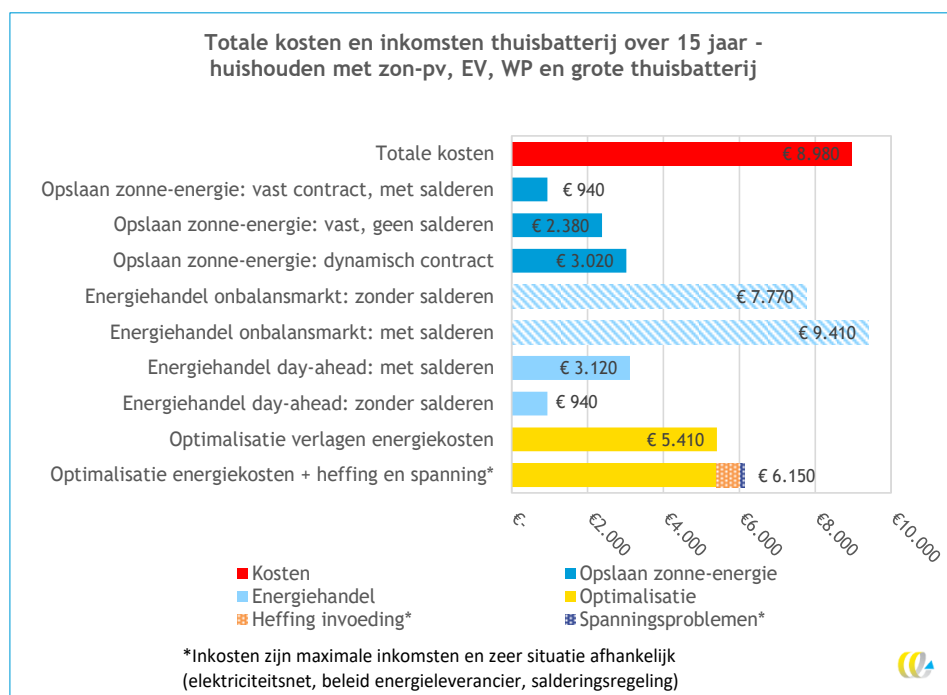
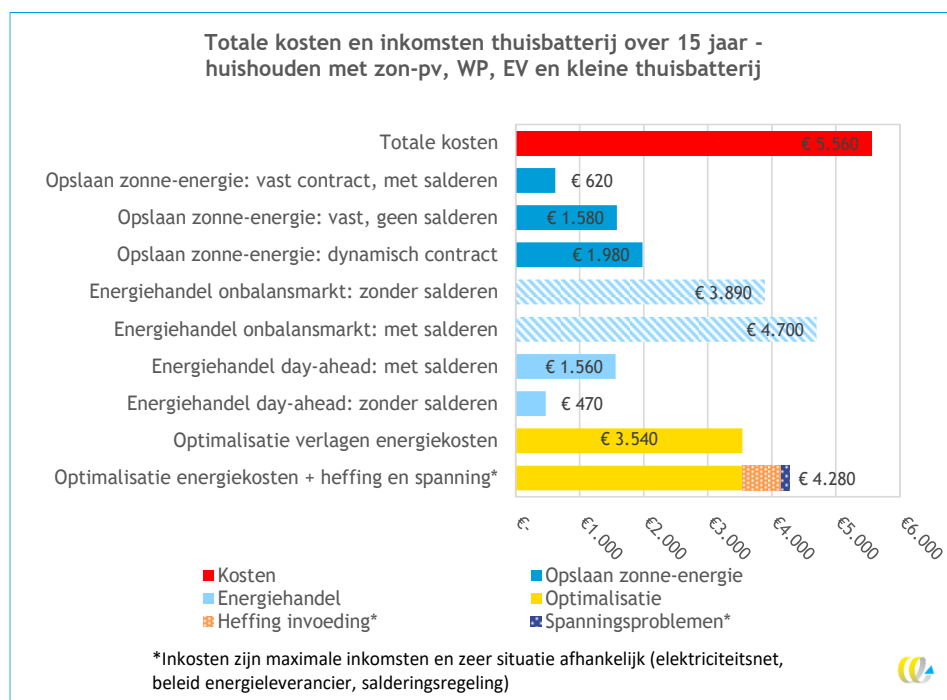
We voorzien dat thuisbatterijen additionele inkomsten kunnen creëren als ze kunnen deelnemen op de andere energiemarkten, zoals de onbalansmarkt. Dit potentieel wordt echter kleiner als de salderingsregeling wordt afgeschaft, aangezien er dan energiebelasting en btw betaald dient te worden over alle afgenomen elektriciteit. Alleen acteren op de onbalansmarkt kent een terugverdiëntijd van ongeveer vijftien jaar of langer, maar combinatie met bijvoorbeeld het verlagen van de energiekosten zou de inkomsten kunnen vergroten. De terugverdiëntijd zal daarmee rond de vijftien jaar zijn, naar verwachting, onder andere afhankelijk van de ontwikkeling van de energieprijzen.

Figuur 11 - Resultaten businesscase voor huishouden met zon-pv met kleine thuisbatterij (boven) en grote thuisbatterij (onder)*



* 'Heffing invoeding' betekent: inkomsten door voorkomen van eventuele heffing door energieleverancier voor invoeden zon-pv, en 'Inkomsten spanningsproblemen' betekent: voorkomen van afschakelen van omvormer door spanningsproblemen. De aannames voor beide zijn beschreven in Tekstkader 1.

Figuur 12 - Resultaten businesscase voor huishouden met zon-pv, WP en EV met kleine thuisbatterij (boven) en grote thuisbatterij (onder)*



* 'Heffing invoeding' betekent: inkomsten door voorkomen van eventuele heffing door energieleverancier voor invoeden zon-pv, en 'Inkomsten spanningsproblemen' betekent: voorkomen van afschakelen van omvormer door spanningsproblemen.

De eventuele inkomsten die thuisbatterijen kunnen verkrijgen voor congestie voorkomen of oplossen, is onderdeel van Hoofdstuk 5.

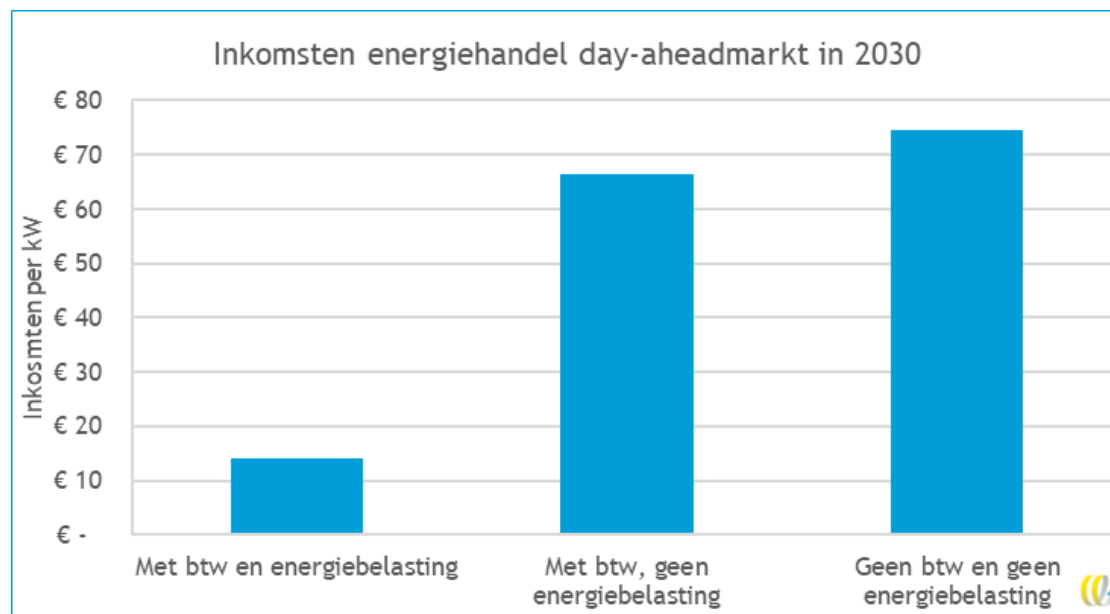
Businesscase zonder energielasting

Thuisbatterijen kunnen last hebben van de energielasting doordat ze voor de afname van elektriciteit van het net energielasting betalen. Als men elektriciteit invoedt, hoeft er geen energielasting betaald te worden, maar ontvangt men ook geen energielasting terug. Over de geleverde elektriciteit wordt echter door een andere afnemende partij opnieuw energielasting betaald. Thuisbatterijen hebben hier met de huidige salderingsregeling veel minder last van: er wordt alleen energielasting betaald over de netto afgenomen elektriciteit. Voor handel op de elektriciteitsmarkten betekent dit dat er alleen energielasting betaald hoeft te worden over de energieverliezen van de batterij. Na het afschaffen van de salderingsregeling, waarbij ook de fiscale component niet meer gesaldeerd wordt, hebben thuisbatterijen wel last van de energielasting. De energielasting betekent dat een veel grotere ‘spread’ nodig is om energiehandel rendabel te maken. De spread is het verschil in de prijs waarmee de batterij oplaadt en onlaadt. Door de energielasting worden extra kosten gemaakt, dus moet de elektriciteit voor een veel hogere prijs verkocht worden om winst te maken. Dit komt veel minder uren/dagen per jaar voor.

Voor grootschalige batterijen is de energielasting afgeschaft om zo dubbele energielasting te voorkomen (Ministerie van Financiën, 2022). Het ministerie van Financiën heeft een onderzoek gedaan of dit voor thuisbatterijen ook mogelijk is (Ministerie van Financiën, 2023). Er is uit dit onderzoek gebleken dat dit niet via de huidige methodiek kan. De complexiteit ligt vooral in dat het onduidelijk is welke elektriciteit opgeslagen wordt in de thuisbatterij, later weer ingevoerd wordt, direct gebruikt wordt of na opslag in de thuisbatterij gebruikt wordt in het huishouden. Voor het afschaffen van de dubbele energielasting dient dus nog een additionele methode gevonden te worden. Na afbouwen van de salderingsregeling is er dus geen gelijk speelveld tussen grootschalige batterijen en thuisbatterijen. Men zou kunnen overwegen om bij de afschaffing van de salderingsregeling de fiscale effecten te beperken, een vast bedrag vast te stellen of op te heffen. Dit resulteert erin dat de spread tussen de prijs voor invoeding en de prijs van netafname groter wordt en een batterij beter rendeert.

Figuur 13 toont de potentiële inkomsten op de day-aheadmarkt per kW-batterijvermogen in 2030. Handelen op alleen deze markt is niet rendabel, maar het figuur laat wel een duidelijk effect zien op de mogelijke inkomsten. Het afschaffen van de energielasting voor thuisbatterijen resulteert erin dat er veel hogere inkomsten gerealiseerd kunnen worden. Dit betekent dat de inkomsten voor energiehandel hoger zullen zijn.

Figuur 13 - Effect afschaffen energiebelasting op energieopslag



Bron: (CE Delft, 2023d).

4.3.2 Businesscase buurtbatterij: energiehandel

De buurtbatterij kan ingezet worden voor het lokale energiesysteem maar ook om energie te verhandelen op verschillende markten. We beschouwen ten eerste de businesscase op de elektriciteitsmarkten omdat batterijen daar nu relatief eenvoudig op ingezet kunnen worden. Het acteren op de andere markten is complexer.

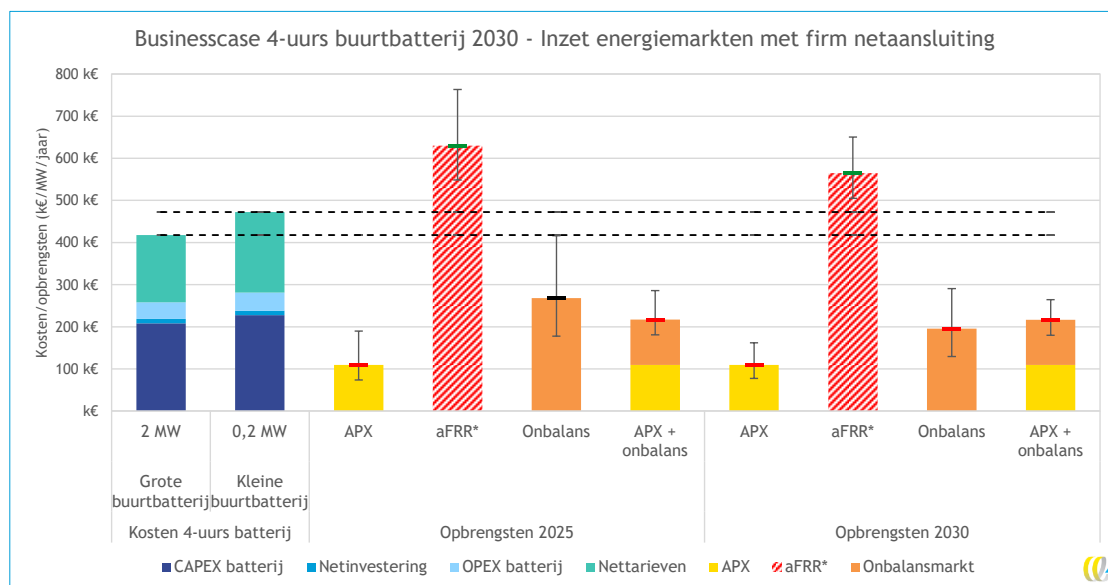
De methode is grotendeels beschreven in Bijlage B. De andere elektriciteitsmarkten zijn gemodelleerd zoals beschreven in het rapport 'Beleid voor grootschalige batterijen en opweknetcongestie' (CE Delft, 2023b). De resultaten van de inkomsten op de verschillende markten is nog representatief en zijn ingeschat voor 2030. Wel zijn de specifieke kosten-aannames aangepast opgenomen in Bijlage B.

De gemodelleerde markten zijn de APX-, onbalans- en aFRR-markt. Deze markten zijn geselecteerd omdat ze nog niet verzadigd zijn, gemodelleerd kunnen worden met publieke data en nu of in de toekomst beschikbaar zijn voor batterijen.

Resultaten businesscase buurtbatterij: energiehandel

De resultaten van de businesscaseanalyse zijn opgenomen in Figuur 14. De totale kosten voor de buurtbatterijen zijn hoger dan voor grootschalige batterijen, hierover lichten we meer toe in Paragraaf 4.5. De inkomsten zijn echter vergelijkbaar en mogelijk zelfs lager als additionele derden nodig zijn om energiehandel mogelijk te maken. We concludeerden in de studie over grootschalige gridbatterijen al dat de businesscase maar zeer beperkt rendabel is op sommige markten (CE Delft, 2023b). Het rendabel potentieel wordt geschat op 1 tot 2 GW voor 2030. Voor buurtbatterijen betekent dit dat de FCR-markt en aFRR-markt rendabel zijn. Deze markten zullen echter naar verwachting al snel verzadigd zijn door grootschalige gridbatterij projecten die nu ontwikkeld worden. De APX day-aheadmarkt en de onbalansmarkt zijn niet rendabel met het huidige beleid rond 2030.

Figuur 14 - Resultaten businesscase inzet buurtbatterij op energiemarkten



* aFRR-markt kan nu nog niet eenvoudig aan deelgenomen worden met batterijen maar wordt dit in de toekomst wel met een aanpassing naar 4-uurs blokken.

Een belangrijk thema voor de businesscase van energieopslag zijn de nettarieven. Zoals te zien is in Figuur 14 vormen deze een groot gedeelte van de totale jaarlijkse kosten. TenneT werkt aan een nieuwe tariefvorm met alternatieve transportrechten voor opslag. TenneT kan het transportvermogen van batterijen verlagen op momenten dat netcongestie draagt. Daarnaast verschilt de hoogte van het tarief van de netbelasting. Het tarief voor deze tariefvorm voor opslag is tot 65% lager dan het normale tarief. Opslagpartijen vinden een volledige vrijstelling van het tarief wenselijker en verdedigbaar. Dat is nu niet de huidige lijn van de netbeheerders en ACM. Dit nieuwe tarief geldt alleen voor aangesloten- en op het net van TenneT en dus niet voor buurtbatterijen.

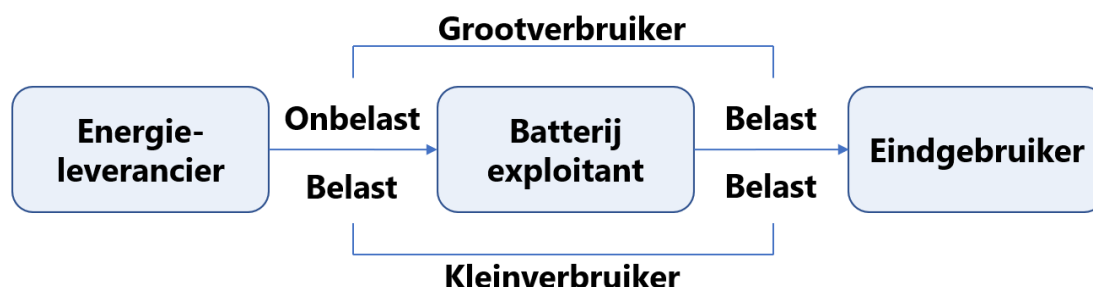
De buurtbatterij kan mogelijk additionele verdienmodellen realiseren door lokaal energie delen mogelijk te maken en dan bijvoorbeeld lokaal zonne-energie op te slaan. Deze configuratie wordt in de volgende paragraaf verder onderzocht.

4.3.3 Businesscase buurtbatterij: lokaal energie delen

Deze toepassing van de buurtbatterij lijkt op de 'opslaan zonne-energie'-casus van de thuisbatterij. Huishoudens die zonnepanelen bezitten kunnen hun overtollige energie aan de buurtbatterij leveren, waarna hun burens deze energie kunnen gebruiken op een ander moment. In theorie profiteren huishoudens zonder zonnepanelen hiermee van de zonne-energie van hun burens mét panelen. Dit is een voorbeeld van een energiegemeenschap en/of energiecoöperatie, waarbij huishoudens onderling energie uitwisselen. Dit concept wordt uitgewerkt in de Energiewet, gebaseerd op Europese kaders.

Een knelpunt hierbij is de verschuldigde energiebelasting, zoals weergegeven in Figuur 15. Omdat een buurtbatterij een eigen netaansluiting krijgt, is deze ook belasting plichtig. In het geval van een kleinverbruikersaansluiting van de buurtbatterij zelfs voor dubbele belasting: zowel bij het laden als ontladen.

Figuur 15 - Schematische weergave van (dubbele) energiebelasting. Voor kleinverbruikers is door de huidige regelgeving de belasting druk erg hoog

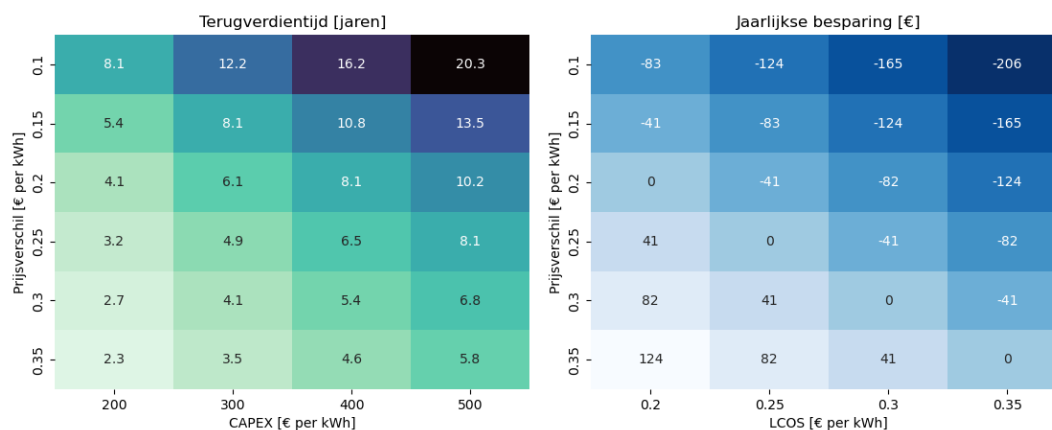


Bron: (Witteveen & Bos, 2023).

De businesscase van energiedelen is vooral afhankelijk van het verschil in elektriciteitsprijzen. Dit verschil is de potentiële winst/besparing die gehaald kan worden, de belasting drukt dit echter waardoor grote verschillen in energieprijzen noodzakelijk zijn om een sluitende businesscase te realiseren.

In Figuur 17 is voor een typisch huishouden (jaarverbruik = 3.300 kWh) uiteengezet hoe het prijsverschil en de kosten voor de batterij zich verhouden tot de terugverdientijd/besparing. Hierbij is aangenomen dat 25% van het jaarverbruik uit de batterij betrokken wordt (Cleenwerck et al., 2020). In de context van energiedelen moet het prijsverschil geïnterpreteerd worden als het verschil tussen 1) energie van de buurman kopen via de buurtbatterij, en 2) energie kopen van de energieleverancier. Hoe groter dit prijsverschil, hoe interessanter de businesscase voor energiedelen. Doordat energiebelasting verschuldigd is over de energie die, via de buurtbatterij, gekocht wordt van de buuren, wordt de mogelijke besparing/winst verkleind.

Figuur 16 - Terugverdientijd en jaarlijkse besparing door batterijgebruik van een typisch huishouden, uitgedrukt als functie van verschil in elektriciteitsprijzen en batterijprijs



Bron: (Witteveen & Bos, 2023).

Met de huidige regelgeving is er geen speciaal financieel voordeel voor deze vorm van lokaal energiedelen of lokale energiehandel. De businesscase voor het toepassen van een buurtbatterij ten behoeve van energiedelen is hierdoor momenteel niet positief. Doordat de kosten van een buurtbatterij gedekt zullen moeten worden met de transacties van energiedelen is er met de huidige prijzen geen rendabele businesscase voor deze toepassingen van een buurtbatterij.

Tekstkader 2 - Beleid rondom energie delen

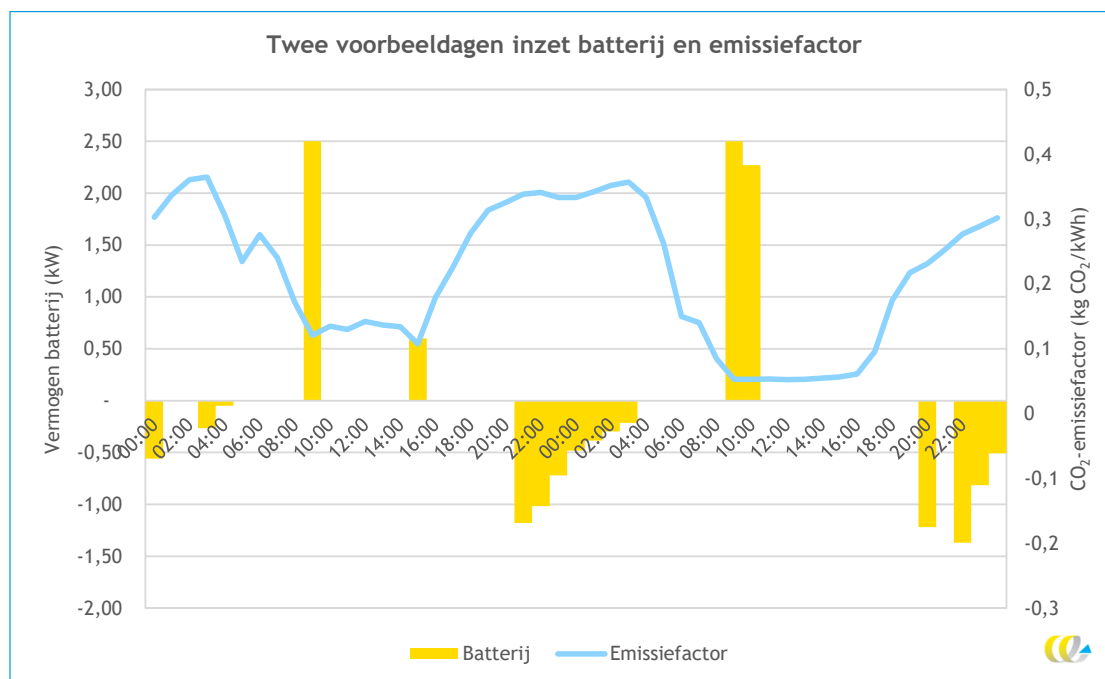
De regering is voornemens om het delen van energie binnen energiegemeenschappen, binnen gebouwen en tussen actieve afnemers nader te regelen. Het gaat hierbij om het (eventueel kosteloos) 'uitwisselen' van elektriciteit tussen twee aansluitingen binnen dezelfde onbalansperiode (tijdsblokken van 15 minuten) als alternatief voor reguliere elektriciteitsafname. Het delen van energie wordt op dit moment nader uitgewerkt in een aanpassing van de Elektriciteitsrichtlijn waarover nu onderhandeld wordt in Brussel; het Electricity Market Design-pakket. Na de vaststelling hiervan zal dit worden geïmplementeerd in Nederlandse wet- en regelgeving. Er spelen echter nog wel veel vraagstukken, waaronder de uitvoerbaarheid qua inning Energiebelasting en/of belastingderving bij keuze voor nultarief, de interactie met 'salderen' en de technische uitvoerbaarheid. Hierover lopen momenteel gesprekken tussen het ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het ministerie van Financiën en marktpartijen. Naar verwachting zal het delen van elektriciteit daarmee rond 1 januari 2025 nader geregeld zijn (Ministerie van EZK, 2023a, 2023d).

4.4 CO₂-reductie met thuis- en buurtbatterijen

4.4.1 CO₂-reductie thuisbatterijen

Thuis- en buurtbatterijen kunnen resulteren in CO₂-reductie door de inzet op de day-ahead elektriciteitsmarkt. Dit is geïllustreerd in Figuur 17. Er is een batterij weergegeven met de meest optimale inzet op de energiemarkten. De batterij laadt op gedurende momenten met goedkope stroom: in dit geval de eerste dag om 8:00 en 15:00 en de tweede dag om 8:00 en 9:00 uur. De batterij levert stroom aan het huishouden tijdens momenten met hoge prijzen in de avond. In lichtblauw is de emissiefactor weergegeven. Wat opvalt is dat de momenten dat de batterij laadt momenten zijn met een lage CO₂-uitstoot. Duurzame elektriciteitsproductie is zowel goedkoop als CO₂-vrij. De goedkope momenten zijn dus ook momenten met een lage CO₂-emissiefactor. Dit is dan ook de reden dat batterijen automatisch CO₂ reduceren met inzet op de day-aheadmarkt.

Figuur 17 - Relatie tussen inzet batterij en emissiefactor op twee dagen



De resultaten voor de thuisbatterij zijn weergegeven in Tabel 8 voor de kleine thuisbatterij (2,5 kW/5 kWh) en grote thuisbatterij (5 kW/10 kWh). De batterijen reduceren de maximale hoeveelheid CO₂ als ze zowel hun eigen zonne-energie opslaan als handelen op de day-aheadmarkt. De kleine thuisbatterij heeft per kW een hogere CO₂-reductie. Dit komt doordat niet elke dag blijkbaar de volledige capaciteit van de grote thuisbatterij vereist is voor het opslaan en leveren van elektriciteit. Belangrijk bij deze resultaten is om aan te geven dat het afhangt van hoeveel batterijen er in het energiesysteem zijn: met veel batterijen is de CO₂-reductie relatief lager. Deze CO₂-reductie is daarnaast een inschatting voor het jaar 2030, maar zal anders zijn voor andere jaren en is sterk afhankelijk van de vormgeving van het elektriciteitssysteem in 2030.

Tabel 8 - CO₂-reductie met thuisbatterijen in 2030 (kg CO₂/kW-batterijvermogen)

CO ₂ -reductie in 2030 door thuisbatterij inzet		Inzet thuisbatterij: Opslaan zonne-energie		Inzet thuisbatterij: optimalisatie day-ahead-markt én opslaan zonne-energie	
		Totale CO ₂ -reductie	CO ₂ -reductie per kW	Totale CO ₂ -reductie	CO ₂ -reductie per kW
Huishouden met zon-pv	Kleine thuisbatterij	-44 kg CO ₂	-18 kg CO ₂ /kW	-46 kg CO ₂	-18 kg CO ₂ /kW
	Grote thuisbatterij	-48 kg CO ₂	-10 kg CO ₂ /kW	-67 kg CO ₂	-13 kg CO ₂ /kW
Huishouden met zon-pv, EV en WP	Kleine thuisbatterij	-38 kg CO ₂	-15 kg CO ₂ /kW	-81 kg CO ₂	-33 kg CO ₂ /kW
	Grote thuisbatterij	-62 kg CO ₂	-12 kg CO ₂ /kW	-78 kg CO ₂	-16 kg CO ₂ /kW

In de studie over grootschalige batterijen is vastgesteld dat de emissiereductie geschat wordt op 51 kg CO₂/kW voor 4-uurs batterijen bij een inzet op de day-aheadmarkt (CE Delft, 2023b). Deze schatting komt overeen met de CO₂-impact van een buurtbatterij. De CO₂-reductie per kW is groter doordat de batterij een grotere energiec capaciteit heeft (4-uurs i.p.v. 2-uurs) en doordat er meer uren gehandeld wordt. Dit komt doordat de batterij geen energiebelasting hoeft af te dragen en btw hoeft te betalen.

In Tabel 9 is de CO₂-reductie per geleverde kWh stroom weergegeven:

- Voor de situatie ‘opslaan zonne-energie’ is in alle gevallen sprake van nagenoeg dezelfde CO₂-reductie per kWh geleverde stroom: 41 gram per kWh. De CO₂-reductie potentie is in dit geval onafhankelijk van de batterijcapaciteit en aanwezigheid van meer installaties. Het aantal laadcycli varieert tussen 0,4-0,7 per dag.
- Voor de situatie: ‘optimalisatie day-aheadmarkt en opslag zonne-energie’ varieert de vermeden CO₂-reductie per kWh geleverde stroom tussen 23-42 gram per kWh. Het aantal laadcycli varieert tussen 0,7 tot 1,3 per dag.

Tabel 9 - CO₂-reductie per kWh geleverde energie met thuisbatterijen in 2030 (kg CO₂/kWh doorvoer)

CO ₂ -reductie in 2030 door thuisbatterij inzet per kWh geleverde stroom		Inzet thuisbatterij: Opslaan zonne-energie			Inzet thuisbatterij: optimalisatie day-aheadmarkt én opslaan zonne-energie		
		kWh zelf-consumptie	CO ₂ -reductie per kWh	Cycli per dag	kWh geleverd met batterij	CO ₂ -reductie per kWh	Cycli per dag
Huishouden met zon-pv	Kleine thuisbatterij	1.040	42 gram CO ₂ /kWh	0,7	1.580	29 gram CO ₂ /kWh	1,1
	Grote thuisbatterij	1.190	40 gram CO ₂ /kWh	0,4	1.950	34 gram CO ₂ /kWh	0,7
Huishouden met zon-pv, EV en WP	Kleine thuisbatterij	960	40 gram CO ₂ /kWh	0,7	1.910	42 gram CO ₂ /kWh	1,3
	Grote thuisbatterij	1.440	43 gram CO ₂ /kWh	0,5	3.360	23 gram CO ₂ /kWh	1,2

Het CO₂-reductiepotentieel voor batterijen ligt, op basis van tabel 9, tussen de 40 kg en 100 kg CO₂ per systeem per jaar. De CO₂-reductie op nationale schaal bij een gegeven aantal thuisbatterijen is lastig te voorspellen en daarom niet uitgevoerd. Immers, de eerste thuisbatterij van Nederland heeft een veel grotere CO₂-reductie potentie dan de 5 miljoenste. In dit laatste geval is de marginale meerwaarde van de extra opslag bijna niets meer en zal de batterij vrijwel niets meer bijdragen aan CO₂-reductie.

CO₂-uitstoot (LCA) van thuisbatterijen

De totale broeikasgasemissies van een thuisbatterij bedragen circa 84 gram CO₂-equivalent per kWh elektriciteit die wordt geleverd gedurende de levensduur (20 jaar) in een residentiële pv-toepassing (Friedrich, 2022). Dit is uitgaande van 1 volledige (ont)laadcyclus per dag³. Bij 0,5 of 2 cycli per dag bedraagt de CO₂-impact respectievelijk 65 en 132 gram per kWh. Een hoger aantal laadcycli resulteert in meer slijtage waardoor er meer onderdelen vervangen moeten worden gedurende 20 jaar. De CO₂-impact bij 1 laadcyclus per dag is als volgt opgebouwd (Friedrich, 2022):

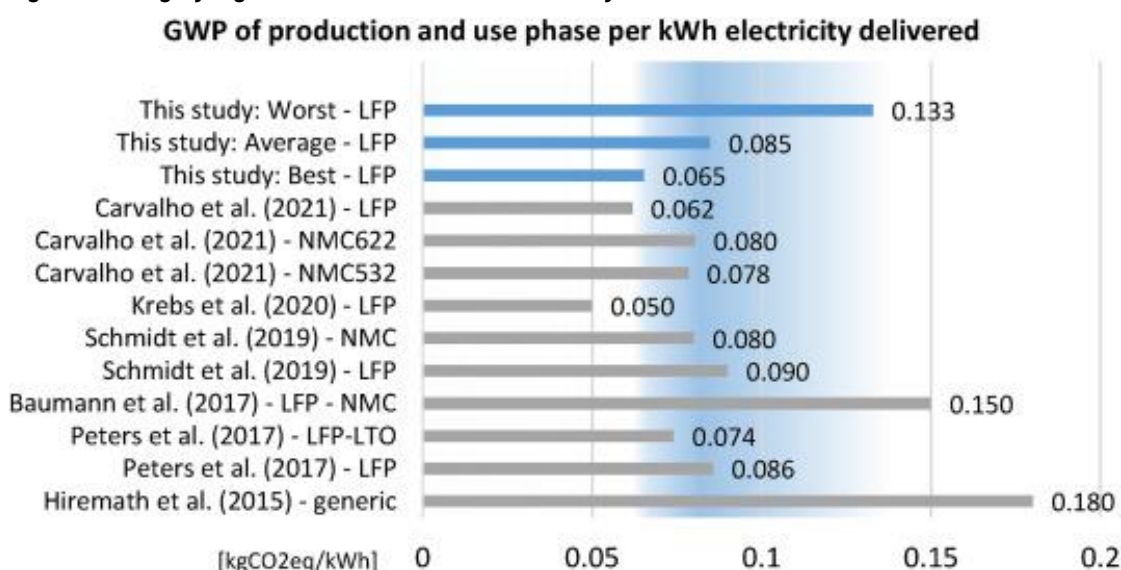
- Productiefase: 31 gram CO₂-equivalent per kWh.
- Onderdelen vervangen in gebruiksfase: 25 gram CO₂-equivalent per kWh.

³ Emissies zijn op basis van een gemiddelde voor vier type batterijen: LFP, SIB, NMC622 en NMC811.

- Standby elektriciteitsverbruik: 11 gram CO₂-equivalent per kWh.
- (Ont)laad verliezen: 17 gram CO₂-equivalent per kWh.

De standby CO₂-emissies zijn bepaald op basis van 50% levering uit zonnestroom (0,075 kg/kWh) en 50% levering uit netstroom (0,53 kg/kWh). Dit is de gemiddelde CO₂-intensiteit van de Duitse elektriciteitsmix in 2020. Ter referentie: In 2022 betrof de CO₂-intensiteit van de Nederlandse elektriciteitsmix gemiddeld 0,272 kg/kWh (Klimaatmonitor, 2023). De (ont)laad verliezen zijn gerelateerd aan de CO₂-emissies per kWh van een zonnepaneel (0,075 kg CO₂-equivalent per kWh). In Figuur 18 is een figuur opgenomen met een vergelijking van de LCA door Friedrich B et al. ten opzichte van andere studies. De resultaten zijn redelijk homogeen.

Figuur 18 - Vergelijking van CO₂-intensiteit van thuisbatterijen tussen verschillende studies

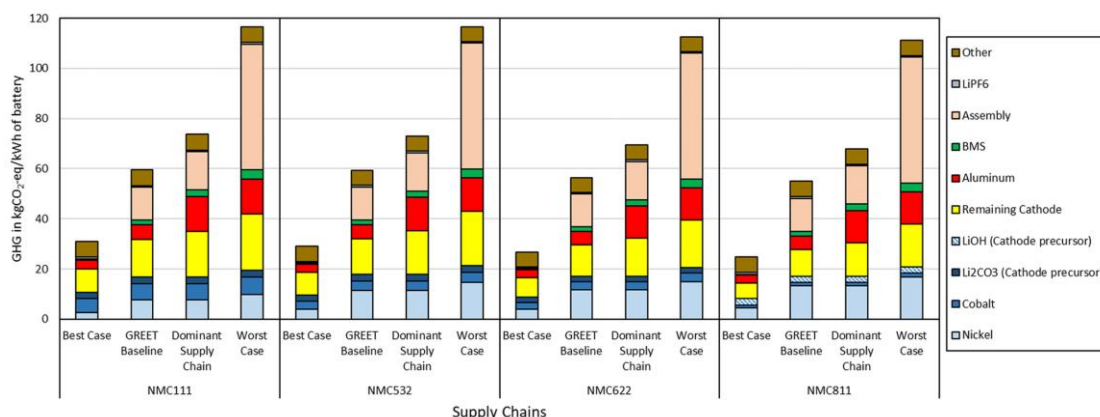


Bron: Afbeelding uit studie (Friedrich, 2022).

Batterijproductie, elektriciteitsmix en LCA

Bij de productie van thuisbatterijen vormt de productie van de batterijcellen het grootste aandeel (38-45%) in de broeikasgasemissies. Bij de productie van batterijcellen (cradle-to-gate) is circa 80% (Winjobi et al., 2022) van de broeikasgasemissies gerelateerd aan het winnen en zuiveren van de materialen en 20% aan de assemblage van de batterijcellen en het daarmee gemoeide energieverbruik (gas/elektriciteit). In Figuur 19 zijn de broeikasgasemissies in de materiaalwinning en productiefase van batterijcellen weergegeven voor vier batterijtype en vier situaties: Best case (elektriciteitsgebruik op basis van windstroom), worst case (elektriciteitsgebruik op basis van kolenstroom), de dominante bevoorradingsketen (Dominant supply chain) en een referentiewaarde (de GREET-baseline).

Figuur 19 - CO₂-uitstoot per kWh batterijcapaciteit voor vier type batterijen en verschillende situaties



Bron: Afbeelding uit studie door (Winjobi et al., 2022).

Figuur 19 laat zien dat broeikasgasemissies met circa 50% gereduceerd kunnen worden ten opzichte van de huidige dominante bevoorradingsketen indien stappen in materiaalverwerking en productieprocessen volledig elektrificeren en de elektriciteitsbron volledig duurzaam is.

LCA van thuisbatterijen versus vermeden CO₂-emissies

Afhankelijk van de batterijcapaciteit (klein/groot) en aanwezige installaties in de woning (warmtepomp, laadpaal) resulteert de opslag van zonne-energie en handel op de day-aheadmarkt met een thuisbatterij in 2030 in een reductie van 23 tot 42 gram CO₂ per geleverd kWh bij een CO₂-impact van 65 tot 132 gram per geleverde kWh. De impact is circa 25 gram per geleverde kWh lager als de CO₂-emissies per geleverd kWh door de zonnepanelen (door standby en (ont)laad verliezen) niet worden toegerekend aan de thuisbatterij.

In de productiefase van de thuisbatterijen veroorzaken de batterijcellen het grootste aandeel (38-45%) in de broeikasgasemissies. De broeikasgasemissies van de batterijcelproductie zouden met 50% gereduceerd kunnen worden ten opzichte van de huidige dominante bevoorradingsketen indien stappen in materiaalverwerking en productieprocessen geëlektrificeerd worden en de elektriciteitsbron volledig duurzaam is. Hierdoor zouden de CO₂-emissies per geleverde kWh over de gehele levensduur van een thuisbatterij met circa 14% dalen naar 53-113 gram per geleverde kWh.

LCA van buurtbatterijen versus vermeden CO₂-emissies

De analyse van vermeden CO₂-emissies en CO₂-impact die is uitgevoerd voor thuisbatterijen zal grosso modo hetzelfde zijn per kWh als die voor buurtbatterijen. Aandachtspunt bij buurtbatterijen is dat deze naast day-aheadenergiehandel ook/voornamelijk voor handel op onbalansmarkten zal worden ingezet. In welke mate onbalanshandel met een buurtbatterij in 2030 kan leiden tot een reductie van de CO₂-intensiteit vraagt om een geavanceerde modelstudie die buiten de scope van dit onderzoek ligt.

4.4.2 CO₂-reductie door extra verduurzaming

Een andere, meer indirecte, manier waarop een thuisbatterij kan bijdragen aan CO₂-reductie is door het faciliteren van extra zonnepanelen. Door lokale hoge spanningen in een wijk kunnen zonnepanelen op zonnige dagen bijvoorbeeld al afgeschakeld worden. Als dit het geval is loont het voor bewoners niet om (extra) zonnepanelen te plaatsen omdat deze hun energie niet kunnen terugleveren aan het net. Een thuisbatterij kan deze terugleveringspieken opvangen en zo extra zonnepanelen faciliteren.

Daarnaast maakt een batterij het mogelijk om, bijvoorbeeld in de avonduren, eigen zonne-energie te gebruiken. Dit uitgestelde gebruik zorgt er voor dat huishoudens een groter aandeel van hun energie uit duurzame (eigen) energiebronnen halen. Zonder thuisbatterij hadden de huishoudens elektriciteit van het net gebruikt, welke in de avonduren typisch CO₂-intensiever is dan overdag door het hoge aandeel gascentrales in de elektriciteitsmix. Op deze manier kan er op indirecte wijze extra CO₂-reductie ontstaan doordat batterijen extra duurzame opwek faciliteren. Het is echter niet te verwachten dat consumenten hier, binnen het huidige beleid zelf voor zullen kiezen aangezien de businesscase voor het opslaan en gebruiken van eigen zonenergie niet positief is.

4.5 Vergelijking met andere bronnen van flexibiliteit

We vergelijken thuis- en buurtbatterijen kwantitatief met andere grootte batterijen en kwalitatief met andere mogelijke flexibiliteitsbronnen in het laagspanningsnetwerk. We kijken primair naar de kosten, maar zullen ook op inkomsten en andere facetten reflecteren.

Vergelijking met andere grootte batterijen

Voor de vergelijking met andere batterijen vergelijken we eerst de investeringskosten, vervolgens de jaarlasten en daarna de inkomsten.

Investeringskosten

We vergelijken eerst de investeringskosten van zes verschillende grootte batterijen: twee grootte thuisbatterijen, twee grootte buurtbatterijen en twee grootte grootschalige batterijen. De thuisbatterijen in deze studie hebben een 2-uurs energiec capaciteit, de buurt- en grootschalige batterijen een 4-uurs energiec capaciteit. Dit maakt een directe vergelijking niet helemaal eerlijk. De kosten voor een 4-uurs batterij per kWh zullen lager zijn dan voor een 2-uurs batterij, omdat de kosten per kW gelijk zijn (bijvoorbeeld de omvormer). De investeringskosten per kWh zijn opgenomen in Tabel 10. De kosten voor een thuisbatterij zijn significant hoger dan voor de grotere batterijen, voor een klein gedeelte veroorzaakt doordat ze dus 2-uurs batterijen zijn. De kosten nemen verder af met de verdere opschaling van de batterij.

Tabel 10 - Investeringskosten per kWh per type batterij

Type batterij	Vermogen en energie	Investeringskosten per kWh (NREL, 2023)
Kleine thuisbatterij	2,5 kW, 5 kWh	€ 1.000
Grote thuisbatterij	5 kW, 10 kWh	€ 800
Kleine buurtbatterij	200 kW, 800 kWh	€ 430
Grote buurtbatterij	2 MW, 8 MWh	€ 400
MS-gridbatterij	10 MW, 40 MWh	€ 370
EHS-gridbatterij	400 MW, 1.600 MWh	€ 310

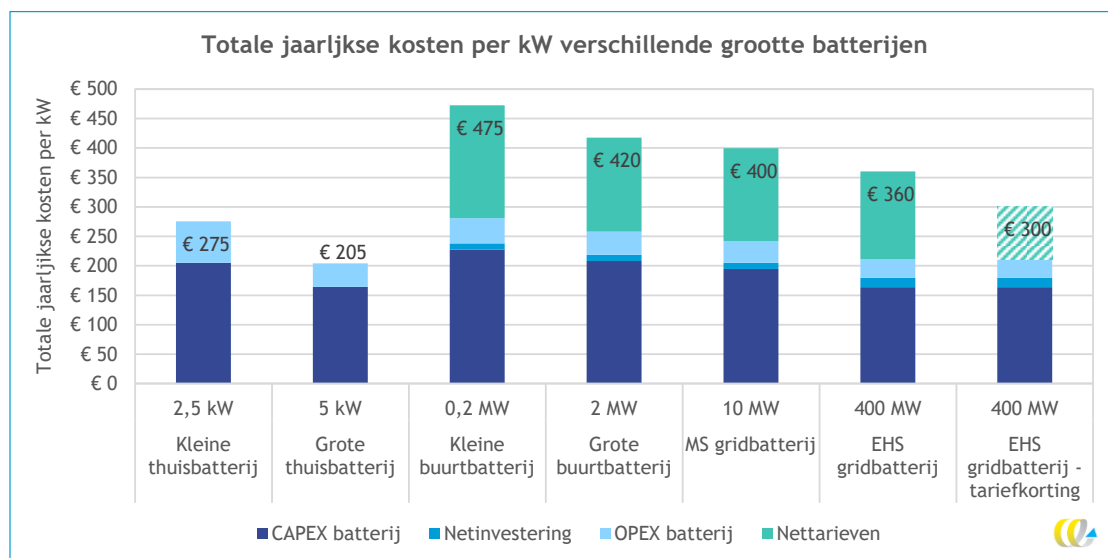
Totale kosten - jaarlasten

De totale kosten voor de batterij bestaan daarnaast uit de operationele kosten, net-aansluiting en nettatarief. De nettarieven zijn een belangrijk verschil in de totale kosten. Voor huishoudens, en dus thuisbatterijen, geldt het capaciteitstarief. Dit tarief is onafhankelijk van hoeveel elektriciteit er afgenomen wordt of het vermogen, maar van de capaciteit van de aansluiting. Dit betekent dat een thuisbatterij niet in extra netkosten resulteert in de meeste gevallen, tenzij in specifieke gevallen een huishouden door verschillende applicaties (elektrische auto, warmtepompen, thuisbatterij) een grotere netaansluiting vereist dan 3x25A.

De nettarieven voor grotere batterijen zijn lager dan voor kleinere batterijen. Daarbij komt dat TenneT nu werkt voor speciale nettarieven gericht op flexibiliteit die is aangesloten op hun net, in onze voorbeeldcasussen dus alleen de 400 MW-batterij. Met deze andere nettarieven kennen zeer grote batterijen (>80 MW) dus een kostenvoordeel.

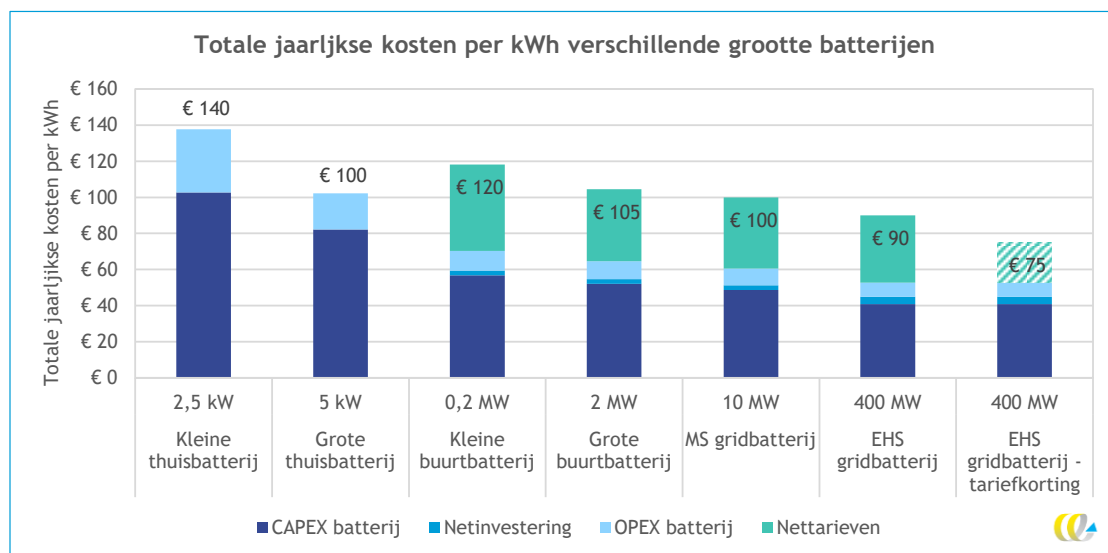
De kosten zijn bepaald per kW en per kWh, omdat de thuisbatterijen dus 2-uurs batterijen zijn en de grootschalige en buurtbatterijen 4-uurs energiec capaciteit kennen. De resultaten per kW zijn weergegeven in Figuur 20. Een thuisbatterij (met dus minder opslagcapaciteit) is in totale jaarlasten de goedkoopste optie per kW, maar kan wel minder inkomsten realiseren op de energiemarkten omdat de opslagcapaciteit slechts 2 uur is. Thuisbatterijen zijn ook in andere configuraties met andere energieverhoudingen beschikbaar, al zijn de meeste varianten ongeveer 2-uurs batterijen of minder. Voor de grotere batterijen nemen de totale kosten af bij een grotere omvang. Een tariefkorting voor EHS-gridbatterijen zou betekenen dat de kosten nog verder sterk dalen.

Figuur 20 - Vergelijking kosten per kW verschillende grootte batterijen⁴



Vanwege de verschillende energiecapaciteit van de batterijen zijn de kosten ook vertaald naar kosten per kWh, weergegeven in Figuur 21. De kosten van de thuisbatterijen per kWh zijn dus hoger dan de kosten van de andere type batterijen. Verder zien we hetzelfde beeld van dat grotere batterijen kostenvoordelen kennen door lagere batterijkosten en nettarieven.

Figuur 21 - Vergelijking kosten per kWh verschillende grootte batterijen



⁴ Voor de thuisbatterij is gerekend met een vereiste terugverdiendtijd van zeven jaar omdat dit over het algemeen wordt aangenomen voor consumenten van bijvoorbeeld zonnepanelen.

Inkomsten

Naast de kosten is het ook belangrijk om de inkomsten te vergelijken. Uit Figuur 11 en Figuur 12 voor thuisbatterijen en Figuur 14 voor buurtbatterijen blijkt dat er ongelofelijk veel verschillende scenario's zijn over de inkomsten en verwachte rentabiliteit. De batterijen kunnen allen acteren op de energiemarkten. Acteren op andere markten dan de day-aheadmarkt is voor kleinschalige batterijen (de thuisbatterij en kleine buurtbatterij) wel complexer doordat dit niet kan via een standaard dynamisch energiecontract én voor markten een minimale biedomvang geldt. De inkomsten verschillen ook afhankelijk van de energiecapaciteit van de batterij. Een 2-uurs batterij (zoals de thuisbatterij) kan minder inkomsten realiseren dan een 4-uurs batterij, maar is dus wel goedkoper per kWh. Dit komt nu niet naar voren in de bovenstaande grafieken omdat er alleen kosten worden weergegeven. De onrendabele top van verschillende type batterijen is dus niet goed te vergelijken. Dit hangt sterk af van beleid (bijvoorbeeld salderingsregeling en dubbele energiebelasting), toegang tot markten, additionele kosten voor een partij om de batterij aan te sturen, prijsontwikkeling van verschillende type, marktontwikkeling, keuze vormgeving batterij en energie delen.

Vergelijking andere flexibiliteitsbronnen in laagspanningsnet

Naast thuis- en buurtbatterijen zijn er andere flexibiliteitsbronnen in het laagspanningsnetwerk. De overige flexibiliteitsopties zijn:

- Slim laden elektrische voertuigen: Slim laden betekent het schuiven in de elektriciteitsvraag in de tijd. Dit kan om de piekbelasting te verlagen, maar de marktprikkels die er nu zijn zullen er vooral toe leiden dat auto's geladen worden op momenten met lage elektriciteitsprijs.
- Bidirectioneel laden: Bidirectioneel laden betekent dat de auto ook elektriciteit kan leveren aan de woning of het net. De elektrische auto acteert daarmee als opslagmedium, net zoals een batterij. Nog een beperkt aantal auto's kan dit nu, maar het aantal zal toenemen komende jaren.
- Slim aansturen warmtepomp: Het slim aansturen van warmtepompen wordt ook steeds vaker mogelijk. De warmtevraag kan dan aangepast worden aan bijvoorbeeld de momenten met lagere buitentemperatuur of lage elektriciteitsprijzen. De woning kan als warmtebuffer gebruikt worden en ook het buffervat voor tapwater.
- Curtailment zonnepanelen: Zonnepanelen worden nu afgeschakeld als er te hoge spanning is in het elektriciteitsnet. Het is ook mogelijk om zonnepanelen flexibel af te schakelen of te beperken. Dit kan zijn om congestie te voorkomen of omdat er bijvoorbeeld negatieve prijzen zijn; het kost dan geld om elektriciteit te leveren.
- Warmteopslag: Een duurzaam warmtesysteem in de woning heeft vaak al warmteopslagcapaciteit: de woning zelf en een buffervat voor warm water. Dit kan uitgebreid worden door warmteopslag. Of binnen de woning zelf in bijvoorbeeld een groter buffervat of in een centrale warmteopslag in het geval van een warmtenet.

De kosten voor het mogelijk maken van flexibel aansturen van deze componenten is zeer beperkt. Naar verwachting is er dan ook een rendabele businesscase voor het flexibel aansturen van elektrische auto's en warmtepompen. Een nadeel is dat sommige van deze technieken niet altijd flexibiliteit kunnen leveren: de EV alleen als deze gekoppeld is aan de laadpaal en de warmtepomp is beperkt door het buffervat en warmtevraag. Thuis- en buurtbatterijen voegen hier extra flexibiliteit aan toe. Deze kan aanvullend ingezet worden voor netcongestie of voor baten door energiebalancerings. Een gedetailleerde vergelijking tussen de flexibiliteitsbronnen is geen onderdeel van deze studie. Echter is onze inschatting gebaseerd op eerdere studies dat het realiseren van flexibiliteit van applicaties (elektrische auto's, warmtepompen, zonnepanelen) goedkoper is dan batterijen. Deze andere

flexibiliteitsbronnen zullen naar verwachting richting 2030 ook zonder extra beleid gerealiseerd worden vanwege kostenvoordeel door lagere energiekosten. Het is daarom van belang het nut en noodzaak van thuis- en buurtbatterijen te vergelijken met de ontwikkeling van deze flexibiliteitsbronnen.



5 Netcongestie: technisch, organisatorisch, businesscase

5.1 Mogelijke relatie met netcongestie

Thuis- en buurbatterijen zullen op momenten gaan laden en ontladen gebaseerd op prikkels van de energiemarkten, de netbeheerder of hoe de batterij is ingesteld. Het laden en ontladen van de thuisbatterij heeft een effect op het elektriciteitsnetwerk en netcongestie. Er zijn drie type effecten:

1. Bijdragen aan netcongestie: piekbelasting op de netten verhogen.
2. Netcongestieneutraal.
3. Netcongestie oplossen.

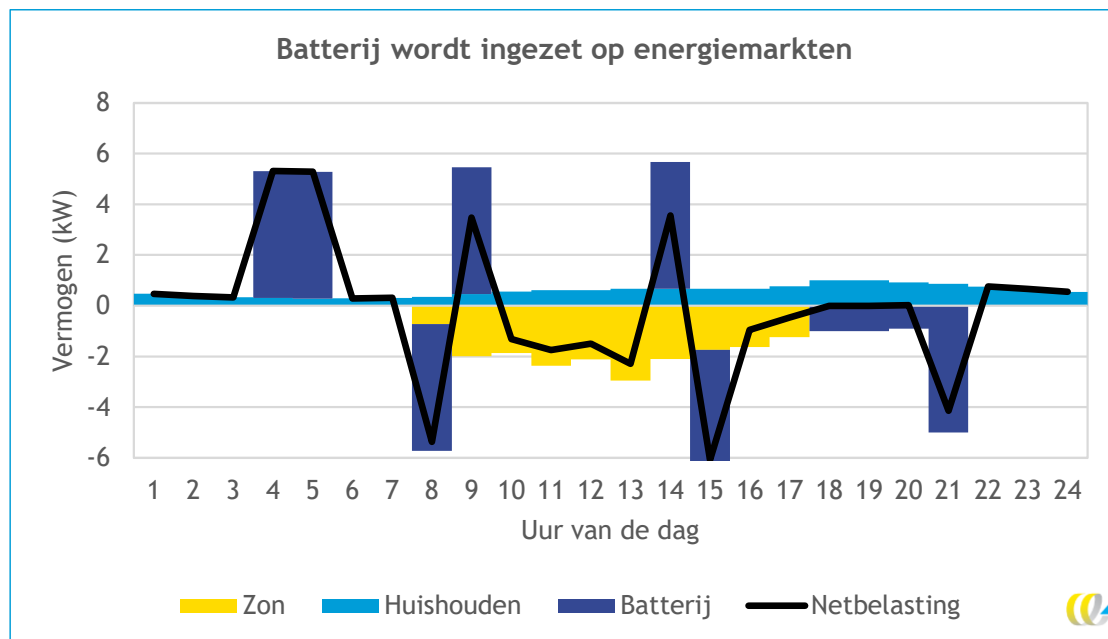
In Bijlage C is achtergrond informatie over de regelgeving rondom netaansluiting en congestiemanagement opgenomen. Deze paragraaf is een introductie van de begrippen, in de hierop volgende paragrafen vindt een diepgaandere inhoudelijke analyse plaats resulterend in de conclusies in Paragraaf 5.6.

Bijdragen aan netcongestie

Bijdragen aan netcongestie betekent dat batterijen die piekbelasting verhogen door te laden of te ontladen, waardoor de netcongestieproblemen potentieel toenemen. Indien de batterij ingezet wordt op de elektriciteitsmarkt, heeft deze een positieve impact op het matchen van vraag en aanbod. Belangrijk is het om te realiseren is dat inzet op deze markt een nadeel kan vormen met betrekking tot congestie. Vooral deelname aan de balanceringsmarkten kunnen er in resulteren dat de piekbelasting in het lokale netwerk hoger worden en daarmee kan de batterij juist ook bijdragen aan netcongestie. Die momenten dat de batterij extra laadt of ontlaadt kunnen samenvallen als er al lokaal hoge netbelasting is, waardoor thuis- of buurbatterijen bijdragen aan netcongestie. Als batterijen tot zo'n hogere piek leiden hebben ze wel een nuttige rol voor het nationale energiesysteem, maar zorgen ze dus lokaal voor extra netbelasting.

In Figuur 22 is een voorbeeld opgenomen wat er dat gebeurt. De batterij laadt bijvoorbeeld om acht uur vanwege lage energieprijzen door veel wind op zee productie. Daarmee zou het de piek op het elektriciteitsnetwerk kunnen verhogen. Uit analyses van CE Delft blijkt dat grootschalige batterijen 100 tot 300 uur per jaar de netcongestieproblemen verder zullen verhogen (CE Delft, 2023a). Deze analyses worden in de hierop volgende paragrafen gedaan voor thuis- en buurbatterijen.

Figuur 22 - Inzet batterij op energiemarkten, resulterend in bijdragen aan netcongestie



Netcongestieneutraal

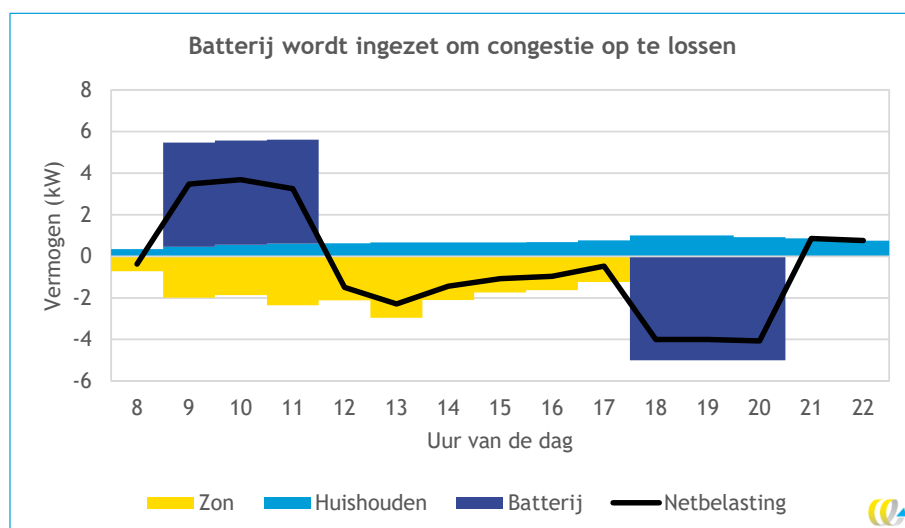
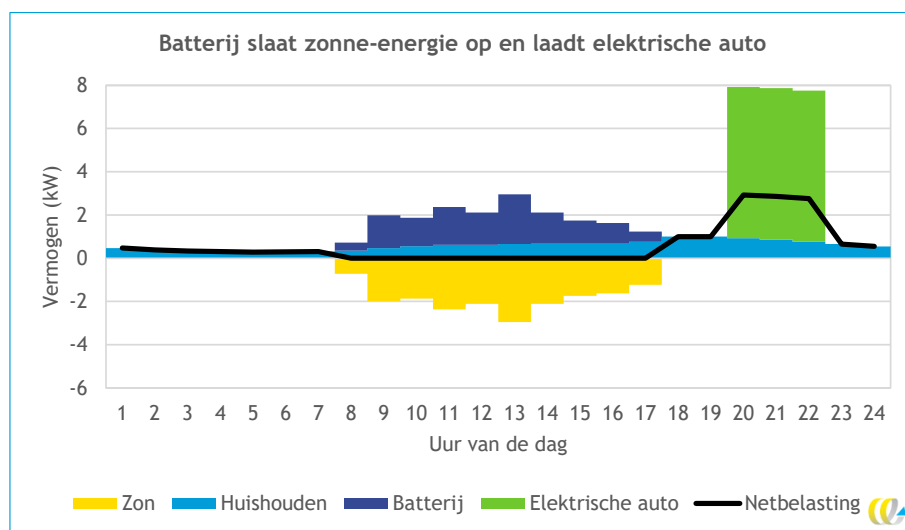
Netcongestieneutraal betekent dat batterijen geen negatief effect hebben op netcongestie. Op die momenten dat batterij de piekbelasting zou verhogen door inzet op energiemarkten, wordt het gedrag aangepast. Uit het voorbeeld in Figuur 22 zou dit kunnen betekenen dat er bijvoorbeeld om 14:00 uur niet ontladen wordt, omdat er dan al veel energie wordt ingevoerd op het elektriciteitsnetwerk. Netcongestieneutraal acteren kan op drie manieren gerealiseerd worden, maar deze methodes worden nu nog niet toegepast:

- Hervorming van de netwerktarieven zodat huishoudens een prikkel ervaren om hun piekbelasting te verlagen.
- Direct signaal: De netbeheerder kan een direct signaal geven aan het huishouden of batterij specifiek over het gewenste gedrag.
- Netcongestiemanagement voor thuisbatterijen: binnen netcongestiemanagement kunnen partijen vergoed worden om tijdens de piek niet acteren. Thuis- en buurtbatterijen kunnen hier aan deelnemen via een congestion service provider (CSP). Dit is een bedrijf dat voor een groep huishoudens kan deelnemen aan congestiemanagement. Een aandachtspunt is dat er voldoende flexibele partijen aanwezig zijn als het om netvlakken met een klein aantal partijen gaat.

Netcongestie oplossen

Netcongestie oplossen betekent dat batterijen de piekbelasting op het elektriciteitsnet verlagen. Dit kan door de piekbelasting te verlagen van de eigen energievraag, de batterij optimaliseert dan op de eigen energievraag. Met de juiste prikkel (we definiëren hier nog niet hoe maar kan via nettarieven, direct signaal, etc.) van de netbeheerder kan een batterij ook ingezet worden om de piekbelasting op het elektriciteitsnetwerk te verlagen. De batterij optimaliseert dan op de totale netbelasting, dus ook van andere aangesloten partijen. Daardoor neemt de netcongestie af. Beide voorbeelden zijn illustratief weergegeven in Figuur 23.

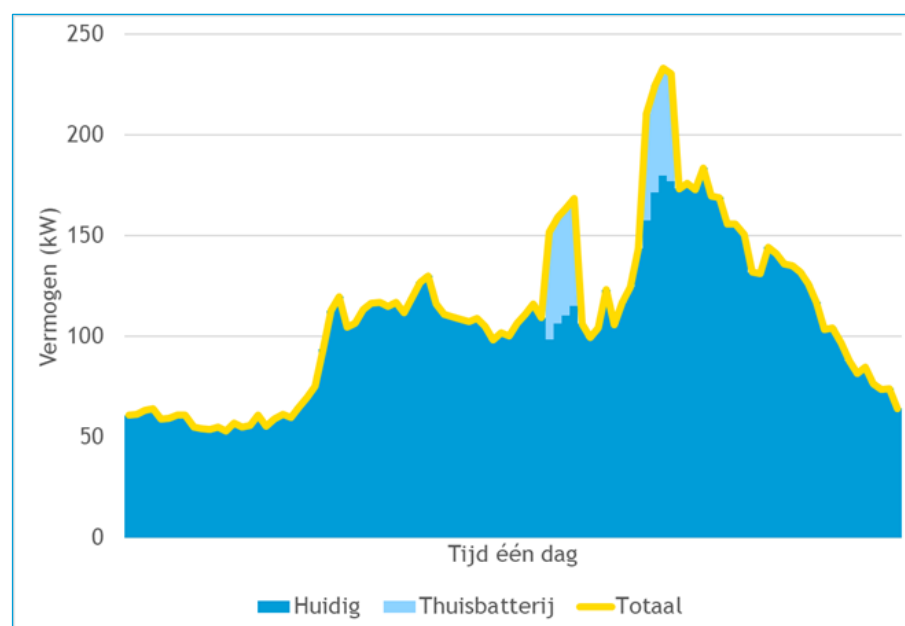
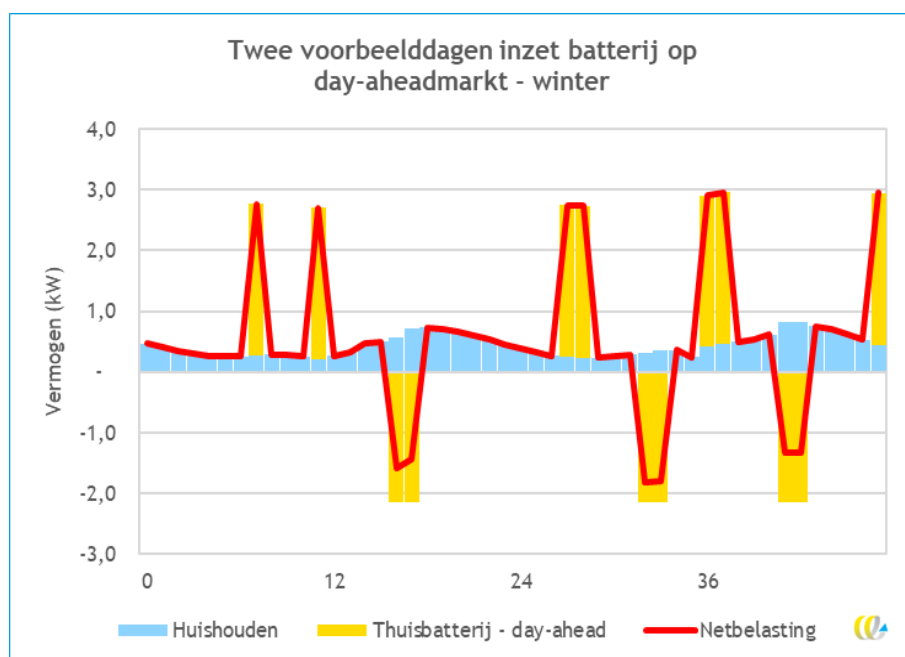
Figuur 23 - Illustratief voorbeeld van inzet batterij voor verlagen piekbelasting van een huishouden (boven) en netcongestie in netwerk op te lossen (onder)



5.2 Huidig beleid: Bijdragen aan netcongestie

Thuisbatterijen kunnen bijdragen aan de piekbelasting door te laden op momenten dat de netbelasting al (relatief) hoog is. Dit kan voornamelijk ontstaan door handel op de energiemarkten. Er zijn momenten met een lage elektriciteitsprijs, terwijl de netbelasting al hoog is. Dit betekent dat de lokale netcongestie situatie niet hand-in-hand gaat met de nationale energiebalancering. Figuur 24 toont de resulterende piekbelasting als een thuisbatterij wordt toegevoegd aan een huidig huishouden. Als veel batterijen tegelijk gaan handelen kan dit al snel de pieken verhogen op het net.

Figuur 24 - Voorbeelddag inzet thuisbatterij op day-aheadmarkt op één huishouden (boven) en op de netbelasting in een wijk (onder)



Voor thuisbatterijen gelden nu kleinverbruikerstarieven, oftewel het capaciteitstarief. Daarbij is er geen enkele prikkel om de piekbelasting te verlagen zo lang er binnen de aansluitcapaciteit gebleven wordt. Voor buurtbatterijen gelden mogelijk wel grootverbruikerstarieven, afhankelijk van de grootte. Het tarief wordt dan bepaald gebaseerd op de hoogste jaarlijkse piek en de maandelijkse pieken. Er is dan een beperkte prikkel vanuit de netbeheerder, maar het zal voordeliger zijn om meer inkomsten te realiseren op de energiemarkten dan om een lager vermogen in te zetten om nettatarief te voorkomen.



Data: zes MSR's als representatief beeld

Voor een eerdere studie die CE Delft heeft uitgevoerd heeft Liander data verstrekt van ongeveer 30 middenspanningsruimtes (MS/LS-transformatoren) in het jaar 2022 (CE Delft, 2023d). Er zijn geen prognoses beschikbaar en/of gedeeld van de toekomstige vermogensvraag. CE Delft heeft van de 30 stations er zes geselecteerd die verschillen in stedelijkheid en gemiddeld bouwjaar. Deze resultaten vertegenwoordigen niet alle MSR's in Nederland, omdat het dus slechts een steekproef is en geen afspiegeling. De eigenschappen per MSR's staan hieronder weergegeven in Tabel 11 en Tabel 12.

We bepalen hoeveel de piekbelasting gereduceerd kan worden voor drie scenario's met thuisbatterijen (Paragraaf 5.4.1) en met buurtbatterijen (Paragraaf 5.4.2):

- **Huidige MSR-data:** Dit is een huidige wijk met het huidig aantal zonnepanelen, warmtepompen en elektrische auto's.
- **Wijk met 33% extra zon-pv, warmtepompen en elektrische voertuigen (referentie-scenario):** Voor de analyse voegen we aan de huidige netbelasting extra zonnepanelen, warmtepompen (WP) en elektrische auto's (EV) toe. We gaan er daarbij van uit dat 33% van de huishoudens deze applicaties nemen. De piekbelastingen voor dit scenario zijn weergegeven in Tabel 12. De piekbelasting neemt met 40 tot 130% toe afhankelijk van de MSR.
- **Meer zon-pv dan WP en EV:** De netbeheerders hebben aangegeven dat er in verschillende wijken een veel snellere doorgroei is van zon-pv ten opzichte van elektrische auto's en warmtepompen. We voeren daarom een gevoeligheidsanalyse uit met 50% extra zon-pv, 20% extra elektrische auto's en 10% extra warmtepompen ten opzichte van de huidige situatie. De piekbelasting neemt met 20% tot 130% toe afhankelijk van de MSR.

Tabel 11 - Informatie van MSR's

Nummer	Gemeente	Stedelijkheid	Dominant bouwjaar	Aantal aangeslotenen	Aantal klanten met opwek
MSR 1	Neder-Betuwe	Landelijk	1970-1995	224	51
MSR 2	Oude IJsselstreek	Laagstedelijk	<1970	164	30
MSR 3	Almere	Hoogstedelijk	1995>	185	46
MSR 4	Harderwijk	Laagstedelijk	1995>	235	56
MSR 5	Bergen (NH)	Landelijk	1995>	113	24
MSR 6	Ede	Hoogstedelijk	1970-1995	115	74

Tabel 12 - Ontwikkeling netbelasting voor afname en invoeding voor zes MSR's

	Piekbelasting - Wijk met huidige huishoudens		Piekbelasting - Wijk met 33% extra zon-pv, warmtepomp en EV			Piekbelasting - Wijk met 50% extra zon-pv, 20% EV en 10% warmtepomp		
	Maximale belasting (kW)	Minimale belasting (kW)	Maximale belasting (kW)	Minimale belasting (kW)	Toename piek	Maximale belasting (kW)	Minimale belasting (kW)	Toename piek
MSR 1	211	-145	465	-345	+120%	226	-477	+130%
MSR 2	153	-104	317	-248	110%	147	-354	+130%
MSR 3	174	-53	275	-146	+60%	155	-204	+20%
MSR 4	210	-75	484	-296	+130%	228	-470	+120%
MSR 5	116	-74	265	-185	+130%	111	-254	+120%
MSR 6	173	-246	294	-339	+40%	160	-370	+50%

Bijdragen batterijen aan netcongestie op MSR

Voor de MSR's is geanalyseerd wat de interactie op de day-aheadmarkt betekent voor piekbelasting. We zien dat batterijen de pieken verhogen doordat:

- Door onder andere windenergie zijn er momenten dat de energieprijs laag is ondanks dat er lokaal al een hoge netbelasting is. De thuisbatterij gaat dan wel opladen ondanks dat er al veel vraag is. Het gaat hier dus om piekbelasting door afname.
- Het vermogen van thuisbatterijen is best groot ten opzichte van de netbelasting. Het gebeurt soms dat de thuisbatterijen laden op een moment voor de piekbelasting van de huishoudens. Maar doordat het vermogen van de thuisbatterijen best hoog is, ontstaan er dan nieuwe pieken, dus op andere momenten dan de originele piekbelasting.

De resultaten zijn in verschillende scenario's weergegeven in Tabel 13. In de huidige situatie zullen thuisbatterijen de pieken gaan verhogen. Bij 10% van de huishoudens met een thuisbatterij zal de piek 10 tot 50% toenemen voor een relatief beperkt aantal kwartieren per jaar. Voor de toekomst scenario's met 33% meer zon-pv, EV en warmtepompen zijn twee scenario's opgenomen: 10 en 33% thuisbatterijen. In het geval van 10% thuisbatterijen wordt de piek wel verhoogd maar is de toename beperkt in het vermogen en aantal kwartieren, dit kan dus al leiden tot meer netcongestie bij een beperkt aantal thuisbatterijen. Dit komt doordat het vermogen van de batterijen beperkt is ten opzichte van het vermogen van elektrische auto's, warmtepompen en zonnepanelen. In het scenario met 33% thuisbatterijen is het vermogen van de batterijen zo groot dat er wel een veel groter piekverhogend effect is voor heel veel kwartieren per jaar. Dit toont aan dat het effect dus sterk afhangt van hoeveel thuisbatterijen er geïnstalleerd worden.

De weergegeven resultaten zijn voor thuisbatterijen, maar kennen dezelfde uitkomsten voor buurtbatterijen als die acteren op de energiemarkten. Het vermogen van de buurtbatterijen is in dezelfde range als deze thuisbatterij scenario's, zoals weergegeven in Tabel 15. De resultaten zullen dus hetzelfde zijn.

Tabel 13 - Resultaten bijdragen van thuisbatterijen op piekbelasting (de methode van de selectie van deze 6 MSRs en aannames voor de scenario's zijn in meer detail toegelicht in Paragraaf 5.4)

Nummer	Huidig woningen met 10% thuisbatterijen		Wijk met 33% extra zon-pv, EV en WP met 10% thuisbatterij		Wijk met 33% extra zon-pv, EV en WP met 33% thuisbatterij	
	Toename piek (%)	Aantal kwartieren hogere belasting	Toename piek (%)	Aantal kwartieren hogere belasting	Toename piek (%)	Aantal kwartieren hogere belasting
MSR 1	+35%	154	+15%	13	+70%	362
MSR 2	+30%	97	+15%	17	+70%	391
MSR 3	+35%	186	+30%	34	+100%	2.109
MSR 4	+50%	195	+20%	20	+75%	374
MSR 5	+15%	85	+0%	8	+45%	177
MSR 6	+10%	21	+10%	8	+40%	143

Een belangrijke ander mogelijk piekverhogend effect is als andere applicaties ook op de energiemarkten gaan handelen. Uit onderzoek van CE Delft blijkt dat het laden van elektrische auto's op de energiemarkten de pieken kan verhogen met zo'n 25 tot 50%. Dit effect kan verder vergroot worden als thuisbatterijen tegelijk gaan laden, aangezien thuisbatterijen ook acteren op lage elektriciteitsprijzen. Individueel dragen deze applicaties dus al bij aan netcongestie, gezamenlijk kunnen ze tot nog extra hoge pieken leiden. Deze effecten ontstaan door een diverse energiemix met verschillende productiebronnen die deels gedreven worden door de weersomstandigheden.

5.3 Congestieneutraal aansluiten thuis- en buurtbatterijen

Congestieneutraal kan georganiseerd worden doordat een batterij tijdens piekuren niet acteert op een manier die de pieken op het net verder verhoogt. Hiervoor kan de netbeheerder contracten sluiten of nettarieven wijzigingen met eigenaren van thuis- en buurtbatterijen. Deze organisatorische kant wordt besproken in Paragraaf 5.5.

Uit Tabel 13 blijkt dat thuisbatterijen de piekbelasting kunnen verhogen door te handelen op energiemarkten. Dit gebeurt tussen de 10 en 400 kwartieren per jaar (in een geval zelfs 2.100 keer). Dit betekent dat om congestieneutraal aangesloten te zijn de batterij tijdens die momenten en omliggende momenten niet de pieken mogen verhogen door hun gedrag. TenneT schat in dat voor EHS- en HS-batterij zij maximaal 15% van de tijd beperkt moeten worden, gebaseerd op het tariefvoorstel voor opslag. Dit gaat uit van de huidige belasting en verwachte ontwikkeling in de toekomst.

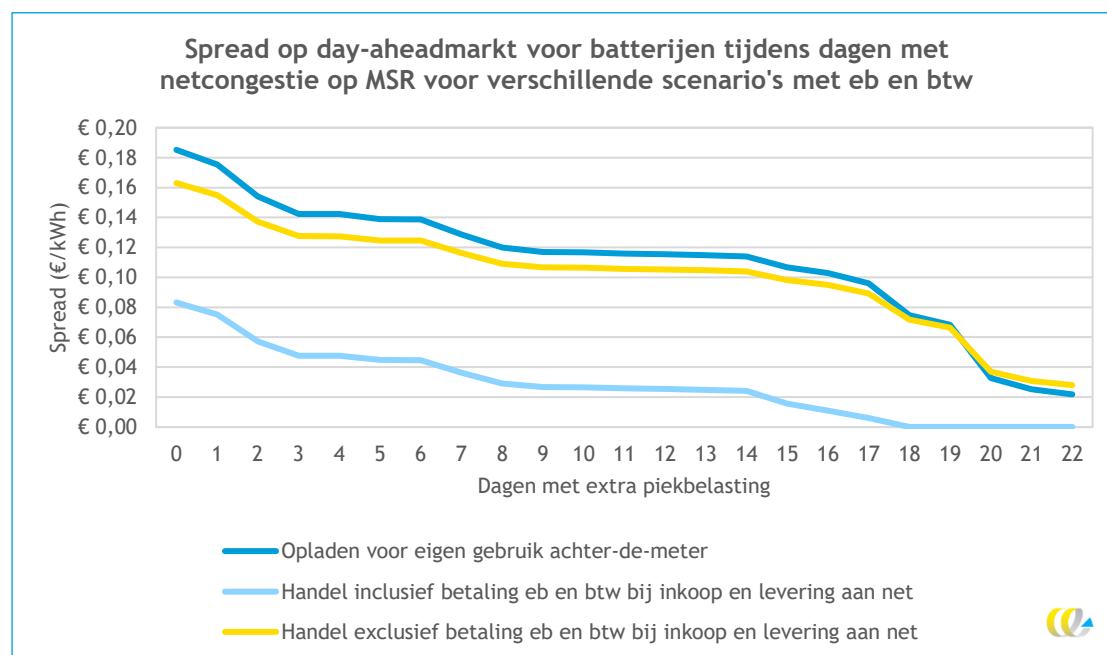
Hoogte tariefprikkel

Technisch kunnen batterijen dus goed congestieneutraal aangesloten worden. De vraag is of de tariefprikkel vanuit de netbeheerder voldoende is. Daarom is er een economische analyse uitgevoerd voor 2030 over de spread op de day-aheadmarkt. Belangrijk is om daarbij aan te geven dat we uitgaan van een normale prijsstelling in de modellering. Dit betekent dat de kosten door de energieleverancier worden terugverdient met een bepaalde winst. De modellering neemt geen extreme of niet-marktconforme prijsbiedingen mee. De spread is het verschil tussen de hoogste en de laagste prijs. Deze spread is bepaald op dagen dat batterijen de piekbelasting op de MSRs verhogen voor drie scenario's:

- Opladen voor verbruik achter-de-meter: De batterij laadt op tijdens een goedkoop moment en er wordt energiebelasting en btw betaald. Hiermee wordt verbruik op een duurder moment voorkomen wat een financieel voordeel betekent. Er is ook een analyse uitgevoerd in de situatie zonder energiebelasting en btw.
- Energiehandel met inkoop tijdens goedkoop moment inclusief energiebelasting en btw en verkoop op een duur moment. Er dient in dit geval dus wel energiebelasting en btw betaald te worden. Dit komt overeen met een situatie waarin de salderingsregeling is afgeschaft, maar de dubbele belasting niet weggenomen is. Voor grootschalige batterijen (waar de buurtbatterij onder valt) is de dubbele energiebelasting al afgeschaft. We gaan uit van een energiebelasting van 0,066 €/kWh in 2030 en een btw-percentage van 21%.
- Energiehandel met inkoop tijdens goedkoop moment zonder energiebelasting en btw en verkoop op een duur moment. Er hoeft geen energiebelasting of btw betaald te worden over de inkoop van elektriciteit. Dit komt overeen met de huidige situatie: met salderingsregeling voor thuisbatterijen of zonder dubbele energiebelasting voor buurtbatterijen.

De spread is bepaald voor 23 dagen waarop batterijen de piekbelasting op de MSR-stations verhogen. Dit zijn de dagen die in de verschillende scenario's aantal thuisbatterijen en voor de verschillende MSRs naar voren kwamen als dagen waarop congestie vaak werd vergroot. De spread is maximaal 0,19 €/kWh. Dit is dus de prijsprikkel die de netbeheerder minstens moet geven om ongewenste handel op de elektriciteitsmarkt te voorkomen. De maximale spread die we verwachten in 2030 is 0,21 €/kWh, maar op die dagen komt dus geen piekverhogend effect voor. De spread is gebaseerd op onze verwachting van energieprijzen en beschikbaarheid van productie- en flexibiliteitsbronnen.

Figuur 25 - Spread op day-aheadmarkt voor batterijen voor verschillende scenario's met energiebelasting en btw



Dit bedrag van ongeveer 0,20 €/kWh is relatief beperkt. De vraag is of de netbeheerders met hun tarief een voldoende grootte prikkel kunnen geven. Dit hangt sterk af van hoeveel kWh overbelasting er is per jaar en de vormgeving van het tarief. Het maximale tarief per jaar is namelijk streng gereguleerd door de ACM. Een beoordeling of het mogelijk is voor de netbeheerder om netcongestie te voorkomen is nu niet te maken. Hiervoor is meer inzicht nodig in de vormgeving van het nettatarief én veel meer data over hoeveel netcongestie er gaat ontstaan in de lokale netten van de netbeheerder. De vormgeving van de prikkels door de netbeheerder voor congestieneutraal aansluiten wordt verder toegelicht in Paragraaf 5.5.

Het berekende bedrag is het bedrag voor de day-aheadmarkt voor 2030 wat wij verwachten gebaseerd op onze prijsaannames. Op bijvoorbeeld de onbalansmarkt is meer geld te verdienen en is dus mogelijk een hogere tariefprikkel vereist om piekbelasting te voorkomen.

5.4 Congestie oplossen met thuis- en buurtbatterijen - technisch potentieel

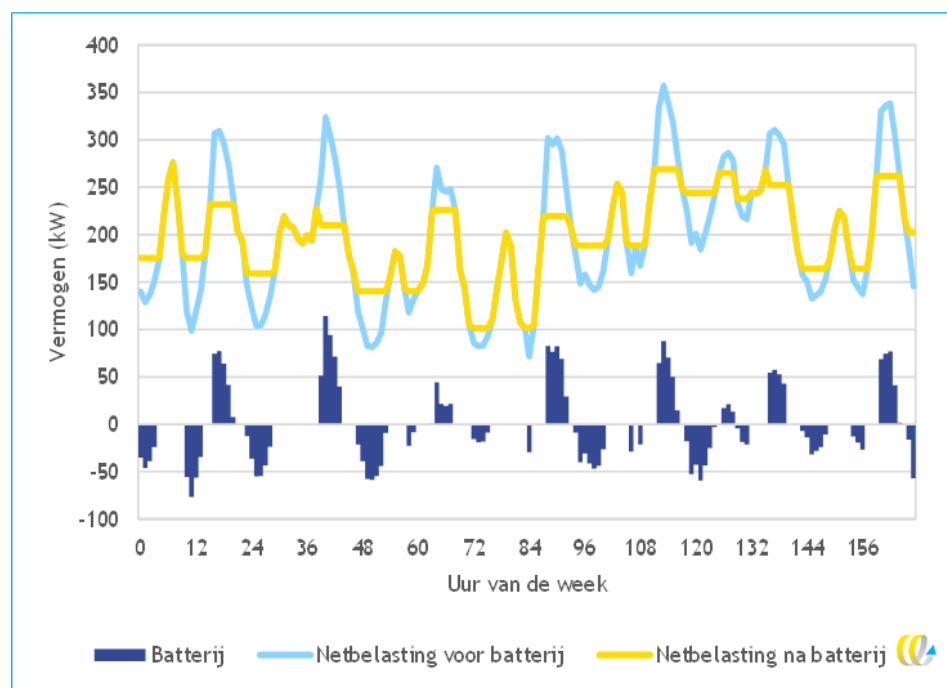
In deze paragraaf bepalen we het technisch potentieel van thuisbatterijen en buurtbatterijen om piekbelasting te verminderen en daardoor mogelijk netcongestie te voorkomen. Hoe dit organisatorisch en financieel geregeld kan worden en welke belemmeringen daarvoor zijn wordt behandeld in Paragraaf 5.5.

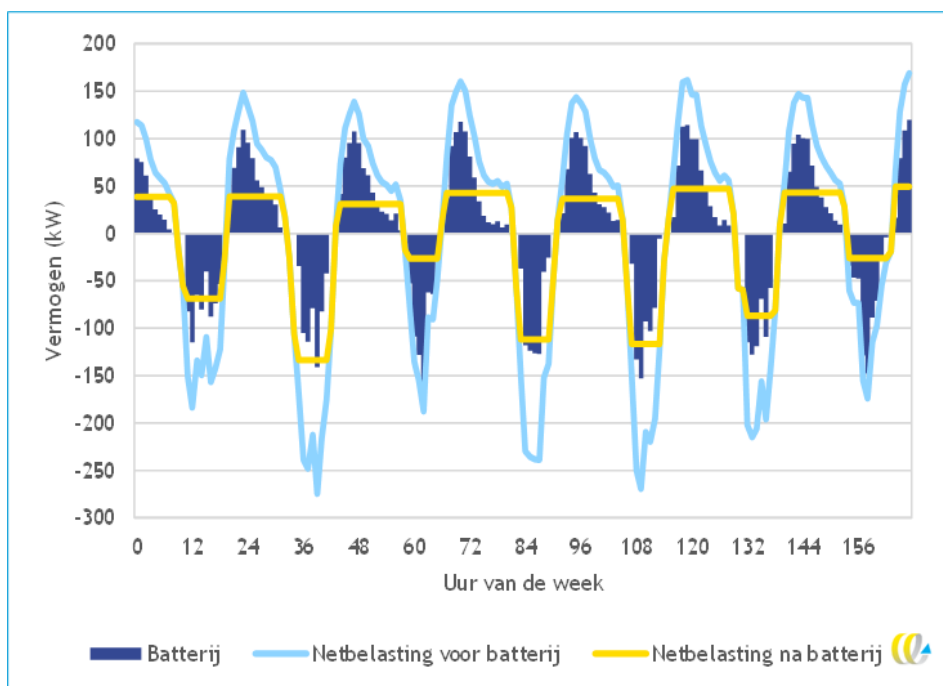
We modelleren de bijdrage op MSR-stations. Figuur 26 toont de inzet van thuisbatterijen of een buurtbatterij voor het verminderen van de piekbelasting in twee voorbeeldweken. Het toont het verlagen van pieken voor afname en invoeding voor een week in de winter en een week in de zomer.

Duiding resultaten: perfecte inzet voor elektriciteitsnet met perfect data-inzicht

De weergegeven resultaten gaan ervan uit dat de batterijen perfect ingezet worden voor het verminderen van de piekbelasting, oftewel voor netcongestie en niet voor de energiemarkten. De batterijen worden op de momenten dat het nodig is ingezet voor het elektriciteitsnet en dus niet voor balancering van de energiemarkten. Daarnaast baseren we ons op de jaarlijkse vaststaande profielen. In werkelijkheid is de toekomstige netbelasting onzeker en kan die verschillen van prognoses. Dit maakt het lastiger om exact vast te stellen hoe de batterij moet acteren. Deze paragraaf omvat dus een maximaal haalbaar technisch potentieel.

Figuur 26 - Voorbeeld resultaat inzet thuisbatterijen voor oplossen netcongestie voor week in de winter (boven) en week in de zomer (onder)





Voor deze analyses bepalen het effect op de piekbelasting omdat dit een representatiever beeld geeft dan de absolute vermogensreductie. De beschikbare netcapaciteit verschilt sterk per wijk, en of netcongestie ontstaat heeft ook veel te maken met hoeveel woningen er zijn ten opzichte van de MSR. We drukken de piekreductie uit als een percentage door de piekbelasting vóór de inzet van de thuis- of buurtbatterij(en) te vergelijken(en) met de piekbelasting na de inzet van de batterij(en).

5.4.1 Thuisbatterijen inzetten om netcongestie op te lossen

Door het gelijktijdig aansturen van thuisbatterijen (via software), zou in theorie een verzameling thuisbatterijen als een ‘grote batterij’ kunnen functioneren. Voor deze analyse nemen we dus aan dat alle thuisbatterijen in de wijk aangestuurd kunnen worden bijvoorbeeld vanuit de netbeheerder, zodat op momenten van overschotten de thuisbatterijen gaan opladen, en op momenten van tekorten de thuisbatterijen gaan ontladen. Voor onze analyse nemen we aan dat de thuisbatterij voor een duur van 2 uur het maximale vermogen kan leveren.

Resultaten technisch potentieel congestie oplossen

Voor de zes wijken/MSR's en de drie scenario's hebben we het potentieel van thuisbatterijen om netcongestie te verminderen onderzocht, waarbij we gerekend hebben met een lage- en hoge adoptiegraad van thuisbatterijen. In Tabel 14 zijn de resultaten weergegeven. De piekbelasting is bepaald door het 99^{ste}-percentiel van alle pieken in de MSR-data (gegeven een scenario) te nemen.

Tabel 14 - Resultaten verlagen van piekbelasting met thuisbatterijen voor huidige wijk en voor de twee toekomstscenario's

	Verlagen piekbelasting - Wijk met huidige huishoudens	Verlagen piekbelasting -	Verlagen piekbelasting -
--	--	--------------------------	--------------------------

				Wijk met 33% extra zon-pv, warmtepomp en EV			Wijk met 50% extra zon-pv, 20% EV en 10% warmtepomp		
	Type piek na batterij	5% grote thuis-batterij	10% grote thuis-batterij	Type piek na batterij	10% grote thuis-batterij	33% grote thuis-batterij	Type piek na batterij	10% grote thuis-batterij	33% grote thuis-batterij
MSR 1	Afname	-15%	-23%	Afname	-5%	-10%	Invoeding	-10%	-25%
MSR 2	Afname	-15%	-21%	Afname	-5%	-10%	Invoeding	-8%	-23%
MSR 3	Afname	-15%	-21%	Afname	-8%	-15%	Invoeding	-11%	-28%
MSR 4	Afname	-20%	-26%	Afname	-6%	-10%	Invoeding	-10%	-25%
MSR 5	Afname	-17%	-31%	Afname	-6%	-11%	Invoeding	-10%	-24%
MSR 6	Invoeding	-4%	-9%	Afname	-7%	-12%	Invoeding	-6%	-18%

In de huidige situatie kunnen 5% thuisbatterijen de piek met 5 tot 20% reduceren. Als 10% van de huishoudens een thuisbatterij nemen, kan de piek 10 tot 30% gereduceerd worden. Als de elektrificatie in de toekomst verder toeneemt, kan hetzelfde aantal thuisbatterijen de pieken relatief minder reduceren.

Voor het toekomstscenario waar 33% meer zon-pv, warmtepomp en EV komt, en voor de situatie waar 10% van de huishoudens thuisbatterijen nemen, kan de piek 5 tot 8% gereduceerd worden. Voor MSR 6 geldt dat de opwekpiekbelasting beter opgelost kan worden, waardoor afname de nieuwe piek bepaalt. Met een adoptiegraad van 33% thuisbatterijen (oftewel alle huishoudens die ook extra zonnepanelen, warmtepompen en elektrische auto's nemen) kan de piek 10 tot 15% gereduceerd worden. Dit is een beperkte reductie kijken naar de vermogenstoename die verwacht wordt, zoals weergegeven in Tabel 14.

De reductie is kleiner dan voor de huidige situatie doordat de absolute energievraag groter is en meer uren achter elkaar plaatsvindt, doordat warmtepompen en elektrische auto's andere verbruikersprofielen hebben. Als het aantal van die applicaties toeneemt, neemt ook het effect van thuisbatterijen af. Daarnaast is het vermogen thuisbatterijen kleiner ten opzichte van de totale netbelasting. Deze reductie betekent dat in een aantal wijken in Nederland netverzwaring uitgesteld kan worden. Hoeveel wijken dit zijn en hoeveel tijd er gewonnen wordt, is onzeker, omdat er nog geen integrale informatie beschikbaar is die zulke doorrekeningen mogelijk maakt.

Voor het scenario met 20% extra elektrische auto's, 10% extra warmtepompen en 50% extra zon-pv zien we dat als 10% van de huishoudens een thuisbatterij heeft, de piek 6 tot 11% technisch gereduceerd kan worden. Bij 33% thuisbatterijen wordt de piek 18 tot 28% gereduceerd bij de juiste inzet. Deze piekreductie is dus hoger dan de berekende piek-reductie voor het scenario met 33% extra zon-pv, EV en warmtepompen. Dit komt doordat de invoedingspieken een kortere periode duren en in totaliteit minder elektriciteit zijn, daardoor kunnen thuisbatterijen een grotere gedeelte van het vermogen reduceren. Thuisbatterijen kunnen dus extra bijdragen aan de piekreductie in wijken waar er veel zon-pv is ten opzichte van wijken met relatief meer elektriciteitsverbruik.

5.4.2 Buurtbatterijen inzetten om netcongestie op te lossen

Buurtbatterijen kunnen ingezet worden op netcongestie te verminderen. Voor deze analyse gaan we er van uit dat het vermogen van de buurtbatterij 50% van de piekbelasting is van de MSR. Daarnaast nemen we aan dat de buurtbatterij voor een duur van 4 uur het maximale vermogen kan leveren. Een factor hierbij is dat het vermogen en de capaciteit

van de buurtbatterij bepaald kan worden door de netbeheerder, waardoor de specificaties van de buurtbatterij beter kunnen aansluiten op de lokale behoefte dan (een verzameling) thuisbatterijen. Het vermogen wordt hieronder eerst toegelicht en daarna de resultaten.

Vergelijking vermogen thuis en buurtbatterijen

Voor de huidige situatie en een adoptiegraad van 10% voor thuisbatterijen, is het potentieel om netcongestie te verminderen vergelijkbaar met die van de buurtbatterij. Ook voor de twee toekomstscenario's en de hogere adoptiegraad (33% van woningen neemt thuisbatterij) van thuisbatterijen heeft de thuisbatterij een vergelijkbare potentie voor het verminderen van netcongestie ten opzichte van de buurtbatterij. Dit is te verklaren doordat het opgestelde vermogen van de thuisbatterijen en de buurtbatterij ongeveer overeenkomen voor deze situaties (zie Tabel 15). Merk wel op dat de batterijcapaciteit voor de buurtbatterij in onze analyse 2x groter is dan de thuisbatterij(en) bij een gelijk opgesteld vermogen. Hierdoor kunnen de buurtbatterijen bij hetzelfde vermogen toch een groter deel van de totale piek reduceren dan de thuisbatterijen. Het opgesteld vermogen van de buurtbatterij is gebaseerd op 50% van het piekvermogen en verschilt dus per wijk, waardoor een range is opgenomen.

Tabel 15 - Overzicht van opgestelde vermogens voor thuis- en buurtbatterijen voor de verschillende scenario's

Opgesteld vermogen batterijen	Wijk met huidige huishoudens	Wijk met 33% extra zon-pv, warmtepomp en EV	Wijk met 50% extra zon-pv, 20% EV en 10% warmtepomp	Eenheid
Thuisbatterij - lage adoptiegraad (10%)	25-57	49-113	49-113	kW
Thuisbatterij - hoge adoptiegraad	49-113	163-374	163-374	kW
Buurtbatterij	42-86	85-176	102-238	kW

Resultaten technisch potentieel congestie oplossen

Het potentieel van buurtbatterijen om congestie te verminderen voor de zes wijken, de huidige situatie en de twee toekomstscenario's is weergegeven in Tabel 16.

Tabel 16 - Resultaten verlagen van piekbelasting met buurtbatterijen voor huidige wijk en de twee toekomstscenario's

	Verlagen piekbelasting - Wijk met huidige huishoudens		Verlagen piekbelasting - Wijk met 33% extra zon-pv, warmtepomp en EV		Verlagen piekbelasting - Wijk met 50% extra zon-pv, 20% EV en 10% warmtepomp	
	Type piek na batterij	Reductie	Type piek na batterij	Reductie	Type piek na batterij	Reductie
MSR 1	Afname	-28%	Afname	-14%	Invoeding	-29%
MSR 2	Afname	-25%	Afname	-12%	Invoeding	-29%
MSR 3	Afname	-27%	Afname	-18%	Invoeding	-31%
MSR 4	Afname	-32%	Afname	-14%	Invoeding	-29%
MSR 5	Afname	-39%	Afname	-15%	Invoeding	-29%
MSR 6	Invoeding	-23%	Afname	-16%	Invoeding	-30%

Uit onze analyse volgt dat voor de huidige situatie buurtbatterijen de piek met 23 tot 39% kunnen reduceren. Voor het toekomstscenario waar 33% meer zon-pv, WP en EV, is deze reductie 12 tot 16% van de vermogenspiek. Voor het scenario met 20% extra elektrische auto's, 10% extra warmtepompen en 50% extra zon-pv, volgt uit onze analyse dat de buurtbatterij de vermogenspiek rond de 30% kan reduceren. Ook hier geldt dat buurtbatterijen extra kunnen bijdragen aan het verminderen van piekbelasting door invoeding in wijken waar er veel zon-pv is ten opzichte van wijken met relatief meer elektriciteitsverbruik. De vermogensreductie is wel beperkt ten opzichte van de verwachte vermogensgroei in de scenario's van tussen de 20 en 130%.

5.5 Organisatorisch en financieel (businesscase) potentieel voor congestie oplossen en congestieneutraal aansluiten

Om thuis- en buurtbatterijen in te zetten voor het oplossen van netcongestie of om deze congestieneutraal aan te sluiten, zijn (financiële) prikkels of contracten nodig. Dit kan een puur financiële prikkel zijn of een onderling contractvorm/afpraak over een bepaalde beperking of inzet om netcongestie te voorkomen. Een combinatie tussen beide is ook mogelijk.

Er is nog geen consensus over de effectiviteit van deze prikkels en consensus tussen de relevante stakeholders over de wenselijkheid. De beschreven mogelijkheden zijn dus nog opties. We zien zes dominante mogelijkheden die hierna verder worden toegelicht:

- **Nieuwe kleinverbruikerstarieven:** De kleinverbruikerstarieven hervormen zou ertoe kunnen leiden dat batterijen ingezet worden om de eigen piekbelasting te verlagen en zo netcongestie te voorkomen. Via de nettarieven kunnen batterijen financiële prikkels krijgen, maar is het niet zeker of de pieken voorkomen worden.
- **Directe sturing:** Daarnaast zou de eerder besproken directe sturing onderdeel kunnen zijn van het nettarief. Dit betekent dat de netbeheerder via directe sturing op een maximaal aantal momenten de thuisbatterij mag beperken om zo netcongestie te voorkomen. Directe sturing kan onderdeel worden van de afspraken in de aansluit- en transportovereenkomst.
- **Congestiemangement:** De netbeheerder betaalt via congestiemangement om netcongestie te voorkomen of op te lossen. Afhankelijk van hoe hoog die kosten zijn, bepaalt de netbeheerder of die congestiemangement blijft inzetten of het netwerk verzwaart.
- **Verzwaren tenzij:** De netbeheerders werken met een 'Afwegingskader verzwaren tenzij' (OTE, 2018). Daarin moet het iedere investering in de elektriciteitsinfrastructuur afwegen tegen andere alternatieven, zoals de inzet van thuisbatterijen. Dit kan worden gezien als een permanente variant op congestiemangement.
- **Nieuwe grootverbruikerstarieven - alternatieve transportrechten:** Een hervorming van de nettarieven kan bijdragen om buurtbatterijen in te zetten voor congestie op lossen of ze in ieder geval congestieneutraal aan te sluiten. Dit kan via zogenaamde alternatieve transportrechten, ook wel non-firm ATO (NFA).
- **Buurtbatterij in gebiedsontwikkelingen:** Batterijen zouden in een gebiedsontwikkeling kunnen bijdragen aan een aansluiting, dit vooral in gevallen waar er wel capaciteit beschikbaar is voor gebiedsontwikkeling maar onvoldoende om in alle vermogensvraag te voorzien. Deze batterijen zullen dan privaat ontwikkeld worden achter-de-meter door commerciële partijen of woningcoöperaties, waarschijnlijk als onderdeel van een energiehub-achtige constructie.

Nieuwe kleinverbruikersnettarieven

De netbeheerders werken aan een nieuw tariefstelsel voor kleinverbruikers ter vervanging van het capaciteitstarief. De aanleiding is dat het steeds meer verschilt hoeveel huishoudens het elektriciteitsnetwerk belasten. De gemiddelde piekbelasting van huishoudelijke apparaten is 1 kW. Het piekvermogen van een elektrische auto's is 11 kW (afhankelijk van de laadsnelheid), 2 tot 5 kW elektrisch voor een warmtepomp en rond de 5 kW voor een thuisbatterij. De netbelasting van een huishouden gaat dus sterk veranderen, terwijl met het capaciteitstarief alle huishoudens hetzelfde betalen.

De netbeheerders werken nu aan twee mogelijke varianten, waarbij de voorkeur uit lijkt te gaan naar de eerste:

- **Time-of-use pricing:** Het nettarief verschilt per moment. Een huishouden gaat dan stroom gebruiken of invoeden als de totale prijs van elektriciteit en nettarieven het laagst is. Veel uren is er een laag nettarief, maar de uren met een hoge verwachte netbelasting zal het tarief hoger zijn. Time-of-use pricing onderzoekt de effectiviteit van dit tariefmodel nu.
- **Bandbreedte model +:** Het netwerkstarief is gebaseerd op het vermogen in plaats van het vermogen van de aansluiting. Het tarief omvat verschillende bandbreedtes van bijvoorbeeld 5, 10 en 15 kW voor een jaar. Een huishouden betaalt een hoger netwerkstarief als het een hogere bandbreedte heeft. Een mogelijkheid is dat huishoudens zelf een bandbreedte selecteren en additioneel moeten betalen als ze elektriciteit verbruiken boven de bandbreedte (bijvoorbeeld 0,50 €/kWh).

Een nieuwe tariefstructuur biedt een extra kans, maar ook een extra barrière voor een thuisbatterij. Met een thuisbatterij is het wellicht mogelijk om de kosten voor het nettarief te verlagen, waardoor een extra businesscase voor thuisbatterijen ontstaat. Een ander nettarief kan echter ook een belemmering zijn voor de businesscase van thuisbatterijen. Een thuisbatterij kan immers niet op ieder moment tegen dezelfde kosten handelen als het daarmee de bandbreedte zou overschrijden of er hoge nettarieven zijn. Mogelijk kan er dus minder geld verdiend worden met energiehandel, waardoor de businesscase verslechtert.

Een eventuele nettariefstructuur staat nog niet vast en het zal nog jaren duren voordat het ingevoerd is. Dit omdat er eerst verder onderzoek door de netbeheerders vereist is, er afstemming tussen netbeheerders en marktpartijen nodig is en de invoering via de toezicht-houder nog minstens één tot twee jaar duurt. Er is nu nog te weinig concrete informatie beschikbaar om het effect voor thuisbatterijen te bepalen. Nettarieven zijn vooral geschikt om de piek van het huishouden zelf te verlagen. Om congestie op te lossen, moet de thuisbatterij echter optimaliseren op het net en is dus iets extra's nodig naast tarieven. Dus op bepaalde momenten met vol vermogen laden of ontladen om zo de piekbelasting op het net te voorkomen.

Een aandachtspunt vanuit de netbeheerders is dat de prijsprikkels in de nettarieven een maximum kennen, bepaald door de spelregels in de Elektriciteitswet en Netcode. Daarmee kan het dus zo zijn dat de prijsprikkels van de netbeheerder lager zijn dan de prijsprikkels vanuit de energiemarkten, oftewel: de prijsprikkels die leiden tot hogere pieken op het net. De netbeheerders zijn nog bezig met een doorontwikkeling van de nettarieven, waarin onder andere dit wordt onderzocht. Omdat de vormgeving van de tarieven nog niet vaststaat, kon dit in deze studie niet onderzocht worden.

Directe sturing

Een additionele toevoeging die de netbeheerder onderzoeken in het kleinverbruikerstarief is directe sturing, ook wel 'noodknop' genoemd. Dit is in ontwikkeling en wordt onder andere

onderzocht hoe dit goed en gebruiksvriendelijk geïmplementeerd kan worden. Dit betekent dat voor een beperkt aantal uren per jaar een lager vermogen gebruikt kan worden gebaseerd op een signaal van de netbeheerder. Dit doet de netbeheerder op momenten dat netcongestie dreigt te ontstaan en voor specifieke applicaties die hiervoor geschikt zijn, zoals een thuisbatterij.

Financiële grens netcongestiemanagement

De financiële grens in congestiemanagement is 1,02 €/MWh-transportcapaciteit/jaar voor middenspanning. Als congestiemanagement ook wordt toegepast op laagspanning, zal dit bedrag wellicht anders zijn. Dit is het maximale bedrag dat de netbeheerder mag uitgeven. Voor een netvlak van 500 kW, ongeveer het vermogen van een MS/LS-station, is het totale budget: 1,02 €/MWh/jaar * 0,5 MW * 8.760 uur/jaar = 4.500 €/jaar. Dit budget mag de netbeheerder uitgeven om netcongestie voor opwek en afname op te lossen, via bijvoorbeeld thuisbatterijen, elektrische auto's, curtailment van zon-pv of andere technieken. Het hangt dus sterk af hoeveel netcongestie er is qua vermogen (kW) en het aantal uren per jaar (kWh netcongestie) hoeveel budget er is per woning of thuisbatterij. De hoeveelheid netcongestie bepaalt ook of thuisbatterijen een oplossing kunnen zijn voor de netcongestie in het gebied. Als de congestie bijvoorbeeld te veel uren achter elkaar duurt, kunnen thuisbatterijen geen oplossing bieden.

Alternatief voor netverzwaring

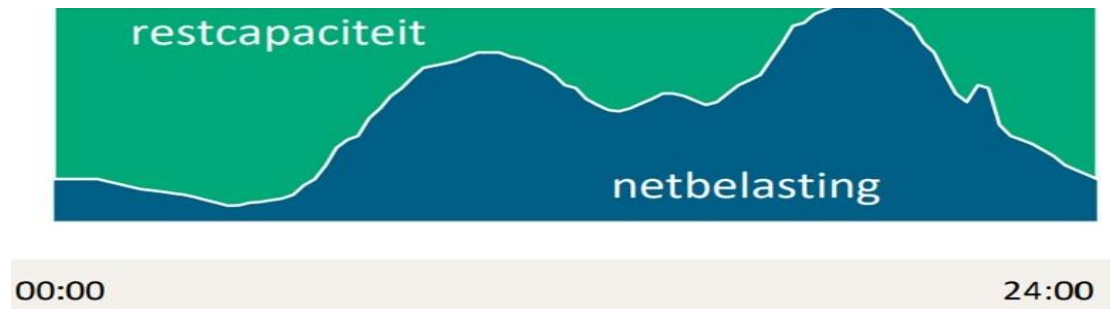
In het kader 'Verzwaren tenzij' moeten netbeheerders bij een investering in het elektriciteitsnetwerk bepalen of er een meer kosteneffectieve methode is. Dit zou flexibel energiegebruik of opslag in batterijen kunnen zijn. Netbeheer Nederland heeft de gemiddelde vereiste investeringen voor het verzwaren van het LS- en het MS-netwerk vastgesteld (Netbeheer Nederland, 2019). Dit is verrekend naar de kosten voor de netbeheerder per jaar voor één kW en voor een nieuwe woning met een gelijktijdig vermogen per kW⁵. De jaarlijkse kosten voor de netbeheerder zijn rond de € 20 tot € 30 per kW voor een netinvestering voor een woning. Dit lijkt significant lager dan de kosten van een batterij.

Nieuwe grootverbruikerstarieven - alternatieve transportrechten

Deze mogelijke nieuwe tariefvormen gelden vooral voor grotere buurtbatterijen. Met alternatieve transportrechten kan de restcapaciteit (zie Figuur 27) in het elektriciteitsnet beter worden benut. Dit jaar heeft Netbeheer Nederland een voorstel gedaan voor alternatieve transportrechten waarbij onderscheidt wordt gemaakt tussen onderstaande vier type alternatieven transportrechten (Netbeheer Nederland, 2023b). Alternatieven transportrechten zijn voornamelijk enkel toegestaan op vrijwillige basis en enkel in gebieden met netcongestie. De ACM is nog bezig met een consultatie om vast te stellen of partijen ook enkel flexibel/tijdsgebonden/gelimiteerd transportvermogen mag worden aangeboden.

⁵ Hiervoor is uitgegaan van een afschrijftermijn van 45 jaar en een WACC (weighted average cost of capital) van 2,8%. Dit zijn de huidige uitgangspunten voor het vaststellen van de nettarieven vastgesteld door de ACM (2021). *Methodebesluit regionale netbeheerders elektriciteit 2022-2026*.

Figuur 27 - Gestileerd voorbeeld van een typische netbelasting en de restcapaciteit



Bron: (Netbeheer Nederland, 2023b).

De vier vormen van alternatieven transportrechten zijn als volgt:

1. **Tijdsgebonden transportvermogen:** De klant contracteert transportcapaciteit in vooraf bepaalde tijdvensters.
2. **Gelimiteerde beschikbaarheid:** De netbeheerder heeft de optie om gedurende een maximaal aantal uren per jaar, de klant (een gedeelte van) de transportcapaciteit te ontzeggen.
3. **Flexibel transportvermogen met kWh afspraken:** De klant contracteert een transportrecht met een af te nemen energievolume per dag (kWh).
4. **Flexibel transportvermogen zonder gecontracteerd transportrecht:** De klant contracteert flexibel transportvermogen, maar heeft geen zekerheid dat het gewenste vermogen ook daadwerkelijk beschikbaar is.

Voor Optie 2, gelimiteerde beschikbaarheid, heeft Tennet onlangs al een concreet voorstel ingediend bij de ACM (Ministerie van EZK, 2023c) dat het mogelijk moet maken om batterijen en congestieneutraal in te kunnen zetten. Concreet heeft TenneT een tarievenvoorstel gedaan wat leidt tot maximaal 65% korting op transporttarieven voor onder andere batterijen. In ruil voor de korting van maximaal 65% accepteren aangeslotenen dat zij een deel van het jaar (15% van alle uren) door TenneT gevraagd kunnen worden om hun gebruik van het net te reduceren, wanneer dat helpt om congestieproblematiek te voorkomen. De regionale netbeheerders zijn nog aan het bekijken of dit voorstel ook voor opslag-systemen die zijn verbonden aan het distributienet (zoals buurtbatterijen) kan worden toegepast.

Batterijen in gebiedsontwikkelingen

Gebiedsontwikkeling bestaat uit het realiseren van nieuwbouwwoningen in combinatie met voorzieningen (bijvoorbeeld WKO) en vaak in combinatie met utiliteiten (supermarkt, school, etc.) en mkb. Netcongestie betekent nu nog dat er geen grootverbruikers-aansluitingen gerealiseerd kunnen worden, maar ook voor nieuwe woningen is er steeds minder ruimte op het net.

Er zijn een beperkt aantal oplossingen voor gebiedsontwikkelingen. Buurtbatterijen (of eventueel collectief aangestuurde thuisbatterijen) kunnen bijdragen aan een oplossing, maar alleen onder specifieke voorwaarden. De batterij kan helpen het beschikbare vermogen verder te benutten, door op te laden op momenten dat het transportvermogen niet volledig gebruikt wordt. Daarom is het dus van belang dat er wel vermogen beschikbaar is.

De batterijen dienen daarnaast onderdeel te zijn van het lokale energiesysteem. Dat kan in de vorm van een groeps-TO. In een Groeps-TO worden afspraken over transportcapaciteit (GTV) gemaakt tussen de netbeheerder en een groep aangeslotenen. Het fysieke net blijft onder de verantwoordelijkheid van de netbeheerder. Bij het aangaan van een groeps-TO vormen individuen met elkaar een groep en worden contractuele afspraken gemaakt tussen de netbeheerder en een groepsentiteit. Het voordeel voor het individu is dat hij door deelname aan de groep de mogelijkheid heeft om meer transportcapaciteit te gebruiken dan zijn oorspronkelijke GTV, zolang de groep als geheel maar binnen de groeps-GTV blijft. Door de groeps-GTV te combineren met een buurtbatterij of batterij achter-de-meter kan extra capaciteit met de batterij worden geleverd gedurende piekmomenten.

De groeps-TO is de fundamentele oplossing om de capaciteit te verdelen binnen een gebiedsontwikkeling en ook grootverbruikers mogelijk te maken. Batterijen zijn een waardevolle toevoeging om extra flexibiliteit toe te voegen in een groeps-TO en kunnen een hoger nuttig elektriciteitsgebruik mogelijk maken.

Maakbaarheidsgat dat thuis- en buurtbatterijen kunnen oplossen

Niet alle uitbreidingen van het elektriciteitsnet kunnen tijdig worden gerealiseerd. Dit wordt door het ministerie van Economische Zaken ook wel het 'maakbaarheidsgat' genoemd: het verschil tussen wat volgens de scenario's in 2030 aan netuitbreidingen zou moeten worden behaald om de klimaatdoelstellingen te halen en wat de netbeheerders kunnen realiseren. Een belangrijke vraag is daarom of buurt- en thuisbatterijen de netbeheerder helpen het maakbaarheidsgat te verkleinen door netverzwaring uit te stellen. In deze analyse kijken we puur naar technische inzet bij netbeheerder.

Er is onderzocht dat batterijen de pieken op het net kunnen verlagen bij een optimale inzet. Daarbij is het ook belangrijk om te kijken naar de uitvoeringscapaciteit van de netbeheerder om het alternatief voor netverzwaring te realiseren. Voor buurtbatterijen geldt dat er uitvoeringscapaciteit vereist is bij de netbeheerder voor het aansluiten van een batterij. Daarom focust de rest van deze paragraaf op buurtbatterijen. Thuisbatterijen vragen ook om installatiepersoneel, maar we richten ons in deze paragraaf alleen op de uitvoeringscapaciteit bij de netbeheerder. Mogelijk is er wel overlap in het technisch personeel dat beide activiteiten uitvoert.

Om te bepalen of een buurtbatterij het maakbaarheidsgat kan verkleinen is gekeken naar de benodigde uitvoeringscapaciteit (in manuren) om de capaciteit van een MS/LS-netstation te vergroten door:

1. Een netverzwaring door te voeren aan het netstation.
2. Een buurtbatterij aan te sluiten op een netstation.

Er is gefocust op netstation, omdat netcongestie in het laagspanningsnet de meest acute problemen geeft op het niveau van het netstation. Verder is voor deze analyse de werkhypothese dat een buurtbatterij congestie kan helpen voorkomen. Om de impact op de uitvoeringscapaciteit van de netbeheerder (in manuren) te bepalen is onderscheid gemaakt tussen drie scenario's met elk twee varianten. Dat is nodig omdat het per netstation verschilt welke uitbreiding mogelijk is en het van de lokale situatie afhangt hoeveel werk het is om de buurtbatterij aan te sluiten. De elementen die terugkomen in onderstaande varianten zijn toegelicht in onderstaand Tekst kader 3. De verschillende scenario's over netverzwaring en het aansluiten van de buurtbatterij zijn:

1. **Capaciteit netstation vergroten met netverzwaring**
 - a De transformator wordt vervangen voor één met meer capaciteit.

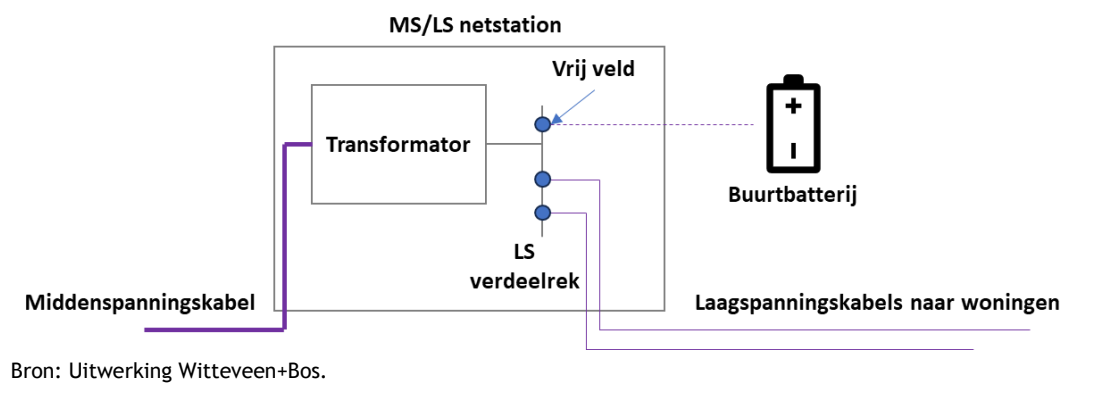
- b Het gehele netstation wordt vervangen voor een met meer capaciteit.
- 2. Capaciteit netstation vergroten met buurtbatterij**
 - a Buurtbatterij koppelt in op het LS-verdeelrek van het netstation.
 - b Buurtbatterij koppelt in op het LS-verdeelrek, nadat deze is uitgebreid.
- 3. Capaciteit netstation vergroten om buurtbatterij te plaatsen**
 - a De transformator wordt vergroot, de batterij koppelt in op het LS-verdeelrek.
 - b De transformator wordt vergroot, de buurtbatterij koppelt in op het LS-verdeelrek na uitbreiding van het LS-verdeelrek.

Tekstkader 3 - Opbouw van LS-net en mogelijke uitbreiding

Een MS/LS-netstation voedt meerdere laagspanningskabels die elk tientallen tot honderd woningen van stroom voorzien. Elke laagspanningskabel is aangesloten op een laagspanningsverdeelrek (LS-verdeelrek). Het verdeelrek voedt de uitgaande laagspanningskabel en wordt gevoed door de transformator. De transformator wordt gevoed door een middenspanningskabel en zet de middenspanning om in laagspanning. Afhankelijk van de situatie is er soms nog ruimte om extra kabels aan te sluiten op een LS-verdeelrek. In dat geval is sprake van één of meerdere vrije velden. Als de capaciteit van een netstation uitgebreid moet worden zijn in deze studie de volgende situaties beschouwd:

- **Vrij veld beschikbaar:** Als sprake is van een vrij veld kan daarop een buurtbatterij worden aangesloten door de netbeheerder.
- **Geen vrij veld beschikbaar:** Als er geen vrij veld is kan het LS-verdeelrek worden uitgebreid door de netbeheerder om ruimte te maken voor de buurtbatterij.
- **Transformator vervangen:** De transformator kan, in sommige gevallen, door de netbeheer worden vervangen voor een exemplaar met meer capaciteit. In dat geval blijft het netstation (het huisje) staan.
- **Netstation vervangen:** In sommige gevallen kan het netstation niet verder worden uitgebreid en dient deze (het gehele huisje) compleet vervangen te worden. In dat geval worden alle kabels tijdelijk omgeleid en het gehele netstation vervangen.

Figuur 28 - Voorbeelduitwerking van MS/LS-net



Resultaten effect buurtbatterijen op uitvoeringscapaciteit

Een indicatie van de gemiddelde inspanning voor de verschillende werkzaamheden door de regionale netbeheerder (RNB) is per scenario weergegeven in Tabel 17. Deze waarden zijn bepaald in samenspraak met Enexis, Stedin en Liander. De inschatting betreft een gemiddeld en kent een grote spreiding binnen/tussen de netbeheerders en is sterk situationeel afhankelijk. Het vervangen van de transformator in een MS/LS-station vereist dus gemiddeld 16 uur, terwijl het vervangen van het volledige station 83 uur kost.

Tabel 17 - Overzicht van gemiddelde inspanning door netbeheerder voor de zes varianten

ID	Variant beschrijving	Gemiddelde inspanning door RNB	Tijdswinst RNB t.o.v. 1A	Tijdswinst RNB t.o.v. 1B
1A	Transformator vervangen voor nieuwe transformator	16 uur	N.v.t.	+67 uur
1B	Netstation vervangen met nieuw netstation	83 uur	-67 uur	N.v.t.
2A	Buurtbatterij aansluiten op bestaand LS-verdeelrek	57 uur	-41 uur	+26 uur
2B	Buurtbatterij aansluiten op uitgebreid LS-verdeelrek	122 uur	-106 uur	-39 uur
3A	Nieuwe transformator en batterij aansluiten op bestaand LS-verdeelrek	139 uur	-123 uur	-56 uur
3B	Nieuwe transformator, verdeelrek uitbreiden en batterij hierop aansluiten	202 uur	-186 uur	-119 uur

Op het moment dat het mogelijk is om binnen het MS/LS-station een grotere transformator te plaatsen is het effectiever dat te doen dan om een buurtbatterij aan te sluiten. Als een vervanging van het station vereist, kan de buurtbatterij mogelijk wel leiden tot minder personele inzet voor de netbeheerder. Dit geldt echter wel alleen als er nog ruimte is op het LS-verdeelrek voor een extra aansluiting. Als er geen vrije velden beschikbaar zijn dat is het niet voordeliger om een buurtbatterij aan te sluiten qua uitvoeringscapaciteit bij de netbeheerder.

5.6 Conclusie thuis- en buurtbatterijen en netcongestie

Dit hoofdstuk omvat conclusies omtrent de impact van thuis- en buurtbatterijen op netcongestie met het huidige beleid conclusies omtrent extra beleid om congestieneutraal en congestie oplossen mogelijk te maken. Deze conclusies zijn gebaseerd op interviews, prijsanalyses en analyses op zes netstations. Op basis van analyses op deze netstations is de invloed van thuis- en buurtbatterijen op de piekbelasting voor afname en invoeding modelmatig bepaald voor verschillende adoptiegraden van zon-pv, warmtepompen, laadpalen en thuisbatterijen.

Met huidige beleid zullen thuis- en buurtbatterijen de piekbelasting op het net verhogen als deze acteren op de day-aheadmarkt. Dit komt door inzet op momenten met lage prijzen op de energiemarkten. Soms vinden deze nieuwe pieken plaats tijdens momenten dat er al veel netbelasting is, maar er ontstaan ook nieuwe piekmomenten als er veel vermogen aan thuis- en buurtbatterijen is. Afhankelijk van het aantal batterijen nemen de pieken met 10 tot 50% toe als wordt gerekend met de huidige netbelasting en 0 tot 100% voor de verwachte toekomstige netbelasting. Dit hangt logischerwijs af van het aantal thuisbatterijen ten opzichte van het aantal woningen, elektrische auto's en warmtepompen.

Het technisch, financieel en organisatorische potentieel is onderzocht om congestie op te lossen. We zijn hierbij in eerste instantie uitgegaan van een perfecte inzet van de batterijen voor netcongestie. Daaruit blijkt dat thuis- en buurtbatterijen de pieken technisch kunnen verlagen met 5 tot 30% in de huidige situatie, 5 tot 15% in de toekomstige verwachte situatie met afnamenetcongestie en tot 30% in toekomstige situaties met opweknetcongestie. De verwachte vermogenstoename in de wijken de komende jaren is 40 tot 130%, dus de batterijen kunnen deze toename enigszins beperken maar niet wegnemen. Er zijn nu nog geen markten of contracten om congestie op te lossen, en daarvoor identificeren we nog verschillende belemmeringen. Er is zowel voor thuis- als buurtbatterijen sprake van een asymmetrisch risico: de piekoverschrijding gebaseerd op huidige

energiemarkten kan veel hoger uitpakken dan de potentiële piekreductie. Focus bij thuis- en buurtbatterijen eerst op congestieneutraliteit. Een additioneel aandachtspunt is het effect op het werkpakket van de netbeheerders; in sommige situaties is er met een buurtbatterij namelijk geen besparing in de werkzaamheden van de netbeheerder.

Congestieneutraal acteren is goed mogelijk door de inzet van batterijen te veranderen op momenten dat ze de piekbelasting zouden verhogen. Hiervoor zijn zes opties in kaart gebrachte bestaande uit tariefhervormingen, directe sturing en congestiemanagement. De verwachte prijsprikkel die hiervoor maximaal vereist is blijkt uit deze studie in 2030 ongeveer 0,20 €/kWh te zijn. Dit is gebaseerd op de day-aheadmarkt en op andere markten zijn wellicht wel hogere inkomsten te verwerven.

In totaliteit concluderen we dat thuis- en buurtbatterijen met het huidig beleid de piekbelasting zullen verhogen op de lokale netten door inzet op de energiemarkten. Er is extra beleid vereist om deze batterijen congestieneutraal aan te sluiten, net zoals andere (flexibele) applicaties zoals warmtepompen en elektrische auto's. Er is beperkte potentie voor verlagen van de piekbelasting met een perfecte inzet, al zal zijn er nog veel financiële en organisatorische belemmeringen. De potentie is groter voor opwek- dan voor afname-netcongestie. De piekoverschrijding door inzet op de energiemarkten is echter veel hoger dan de potentiële piekreductie. Het beleid zou zich dus in eerste instantie moeten richten op congestieneutraal aansluiten van de batterijen.

6 Beleidsaanbevelingen

In dit document zijn potentiële beleidsmaatregelen opgenomen gebaseerd op de uitwerking van de kansen en knelpunten in dit onderzoek. De beleidsmaatregelen zijn uitgewerkt in Paragraaf 6.2 en onze reflectie daarop resulteert in de aanbevelingen in Paragraaf 6.3.

6.1 Bevindingen over knelpunten en kansen

Knelpunten: Randvoorwaarden

In Hoofdstuk 3 zijn de belangrijkste randvoorwaarden voor de inpassing van thuis- en buurtbatterijen besproken. Hieruit komt naar voren dat met name rondom brandveiligheid het huidige beleidskader nog te kort schiet om risico's te minimaliseren. De kans dat er een brand ontstaat in lithium-ion-batterijen is klein, maar de gevolgen van een brand kunnen groot zijn, met name in een huis. Op dit moment ontbreekt het nog aan eisen voor goede ruimtelijke inpassing en veiligheidsvoorschriften voor thuisbatterijen. Voor buurtbatterijen gelden wel veiligheidsvoorschriften rondom ruimtelijke inpassing, om een gevaarlijke situatie te voorkomen bij het ontstaan van brand, maar deze zijn nog niet wettelijk verankerd. Brandveiligheid is dus een aandachtspunt, maar vormt geen onoverkomelijk knelpunt.

Wat betreft circulariteit en recycling geldt dat op grote schaal infrastructuur moet worden opgezet voor recycling. Hoewel huidige Europees en Nederlands beleid steeds meer prioriteit toekent en regelgeving voorschrijft voor circulaire ontwerpprincipes en recycling, blijft het een aandachtspunt dat deze ontwikkelingen in een hoog tempo doorgezet worden, gezien de verwachte toename in batterijen de komende tijd. Er zijn door de EU scherpe doelen gesteld voor het terugwinnen van grondstoffen uit afgedankte batterijen. Door meer gebruik te maken van gerecyclede materialen in nieuwe batterijen kan de CO₂-footprint van een nieuwe batterij worden verlaagd.

Er wordt niet verwacht dat productie- en installatiecapaciteit een knelpunt vormen. Productie zal naar verwachting mondiaal meegroeien met de vraag. Een aandachtspunt is de geopolitieke afhankelijkheid omdat bepaalde kritische componenten niet of weinig in Europa geproduceerd worden. In de Nederlandse installatiebranche is al meerdere jaren een tekort aan arbeidskrachten, maar er is geen reden om aan te nemen dat er voor de installatie van batterijen een extra groot tekort zal ontstaan.

Strikt genomen is er (nog) geen juridische basis om de naleving op cyberveiligheid te handhaven. Momenteel is cybersecurity daarom een knelpunt, maar naar verwachting is in 2024 Europees beleid in de Nederlandse wet- en regelgeving geïmplementeerd.

Knelpunten: thuis en buurtbatterijen en netcongestie

Voor thuis- en buurtbatterijen is de potentiële piekreductie in een ideaal scenario (op basis van perfecte voorspellingen) maximaal 5-30%. Daarnaast is er zowel voor thuis- als buurtbatterijen sprake van een asymmetrisch risico: de potentiële piekoverschrijding kan veel hoger uitpakken dan de potentiële piekreductie. De focus moet daarom eerst liggen op congestieneutraal opereren om zekerheid te kunnen geven dat de congestieproblematiek

niet erger wordt. Hiervoor zijn (financiële) prikkels of contracten nodig die voldoende en adequate stimuli kunnen bieden om netstations te beschermen tegen piekbelastingen door handel op landelijke energie- en onbalansmarkten.

Voor thuisbatterijen is er op de korte termijn nog geen zicht op praktisch toepasbare prikkels, zoals nieuwe kleinverbruikerstarieven, om congestieneutraal opereren van thuisbatterijen te faciliteren. Voor thuisbatterijen zou ongewenste handel op de elektriciteitsmarkt kunnen worden voorkomen met een voldoende hoge prijsprikkel. Uit Paragraaf 5.2 blijkt dat op 23 verschillende dagen de netstationcapaciteit wordt overschreden doordat batterijen handelen op energiemarkten. Om tijdens die momenten overbelasting te voorkomen zou de prijsprikkel door de netbeheer tenminste 0,19 €/kWh moeten zijn.

Voor buurtbatterijen bieden de alternatieve transportovereenkomsten een mogelijke uitkomst om congestieneutraal te opereren. Praktische aandachtspunten is dat veel netstations nog niet zijn bemeten, waardoor locatie gebonden prikkels met een alternatieve transportovereenkomst nog niet mogelijk zijn. Ook voorziet de netcode nog niet in congestiemanagement op laagspanningsnetten.

Idealiter zorgen thuis- en buurtbatterijen voor een verkleining van het maakbaarheidsgat waar netbeheerders mee kampen. Voor thuisbatterijen is er geen impact op het maakbaarheidsgat. Met een buurtbatterij kan de werklust voor de netbeheerder enkel worden beperkt in gevallen waarbij de transformator capaciteit niet kan worden uitgebreid en er wel een vrij veld beschikbaar is op het LS-verdeelrek. In andere gevallen zorgt een buurtbatterij voor meer werk dan de alternatieve ingrepen en daarmee voor een groter maakbaarheidsgat.

Knelpunten: Businesscase energiemarkten

De businesscase voor thuis- en buurtbatterijen is op dit moment niet positief. Voor buurtbatterijen geldt dat bepaalde balanceringsmarkten mogelijk rendabel zijn, maar deze markten zullen snel verzadigd raken door grootschalige batterijen. Het lokaal opslaan en leveren van zonne-energie wordt niet rendabel. Ook voor thuisbatterijen geldt dat er geen rendabele businesscase is binnen de levensduur van de batterij.

Een mogelijke oplossing hiervoor ligt er in aanpassing van de salderingsregeling en belasting voor energieopslag. Met het afschaffen van de salderingsregeling wordt zonne-energie opslaan aantrekkelijker, maar wordt elektriciteitshandel duurder voor thuisbatterijen. Dit komt doordat er meer energiebelasting betaald dient te worden. Daarom is het afschaffen van dubbele energiebelasting voor thuisbatterijen wenselijk, maar ook complex in de uitvoering. Uit onze analyses blijkt dat ook zonder salderingsregeling en met afschaffing van dubbele energiebelasting van een thuisbatterij de terugverdientijd minstens gelijk is aan de technische levensduur.

Voor een buurtbatterij geldt dat de dubbele energiebelasting reeds is afgeschaft. Toch dient de huishoudens die gebruik maken van de buurtbatterij wel energiebelasting betalen als ze afnemen van de batterij. Hierdoor is de businesscase ook minder aantrekkelijk voor energiedelen.

Kans 1: Opwek op dak verhogen

Door overspanning op het LS-netwerk komt het in sommige regio's voor dat niet alle zonne-energie terug geleverd kan worden aan het net op zonnige dagen. Hierdoor kan het voorkomen dat huishoudens zonder zonnepanelen minder snel alsnog de investering in zonnepanelen maken. Thuis- en buurtbatterijen kunnen deze spanningspieken opvangen en zo tijdelijk extra ruimte creëren op het net. Door deze extra ruimte kan er meer zonenergie effectief gebruikt en geleverd worden. Dit kan verdere adoptie van zon op dak verder bevorderen. Hoe sterk dit effect is en dus hoeveel extra zon op dak er gerealiseerd zal worden is lastig te zeggen. Het hangt af van de overwegingen van huishoudens over waar zij hun geld in investeren. Omdat een batterij voor het opslaan van eigen zonne-energie financieel niet rendabel is, is een batterij specifiek voor deze toepassing geen effectieve manier voor het stimuleren van extra zon op dak.

Er moet vastgesteld worden of de maatschappelijke waarde van extra zon op dak opweegt tegen de (maatschappelijke) kosten voor het batterijsysteem. Dit is een deels politieke beslissing die niet op basis van het voorliggende onderzoek genomen kan worden.

Kans 2: CO₂-reductie

Bewerkstelligen van CO₂-reductie in elektriciteitssector is in principe mogelijk met een thuis- of buurtbatterij. Echter, het is zeer onzeker of deze reductie opweegt tegen CO₂-uitstoot die de batterij veroorzaakt tijdens de levensduur (productie, gebruik, einde levensduur). De analyse van vermeden CO₂-emissies en CO₂-impact is uitgevoerd voor thuisbatterijen. Voor buurtbatterijen zal grosso modo eenzelfde beeld ontstaan. Aandachtspunt bij buurtbatterijen is dat deze naast day-aheadenergiehandel ook/voornamelijk voor handel op onbalansmarkten zal worden ingezet. In welke mate onbalanshandel met een buurtbatterij in 2030 kan leiden tot een reductie van de CO₂-intensiteit vraagt om een geavanceerde modelstudie die buiten de scope van dit onderzoek ligt.

Afhankelijk van de batterijcapaciteit (klein/groot) en aanwezige installaties in een woning (warmtepomp, laadpaal) resulteert de opslag van zonne-energie en handel op de day-aheadmarkt met een thuisbatterij in 2030 in een reductie van 23 tot 42 gram CO₂ per geleverd kWh bij een CO₂-impact van 65 tot 132 gram CO₂ per geleverde kWh. De impact is circa 25 gram per geleverde kWh lager als de CO₂-emissies per geleverd kWh door de zonnepanelen (door standby en (ont)laad verliezen) niet worden toegerekend aan de thuisbatterij.

De productiefase van thuisbatterijen resulteren in het grootste aandeel (38-45%) van de broeikasgasemissies van de batterij. De broeikasgasemissies van de batterijcelproductie zouden met 50% gereduceerd kunnen worden ten opzichte van de huidige dominante bevoorradingsketen indien stappen in materiaalverwerking en productieprocessen geëlektrificeerd worden en de elektriciteitsbron volledig duurzaam is. Hierdoor zouden de CO₂-emissies per geleverde kWh over de gehele levensduur van een thuisbatterij met circa 14% dalen naar 53-113 gram per geleverde kWh.

Kans 3: Nieuwbouw ontwikkelingen

Batterijen zouden in een gebiedsontwikkeling die op slot zit door netcongestie uitkomst kunnen bieden. Enerzijds door achter-de-meter een batterij toe te voegen en pieken op te vangen (peakshaving). Anderzijds door met een aantal aansluitingen de schaarse ruimte te verdelen en de piekvraag van de groep op te vangen met een batterij. Die batterij zou zich achter een (grote) aansluiting kunnen bevinden, maar zou eventueel ook een buurtbatterij kunnen zijn met een eigen aansluiting die onderdeel uitmaakt van de groepsaansluiting.

Een groep aansluitingen kan worden gevormd op basis van een groeps-TO. Bij het aangaan van een groeps-TO vormen individuen met elkaar een groep en worden contractuele afspraken gemaakt tussen de netbeheerder en een groepsentiteit. De leden van de groep delen met elkaar een gecontracteerd vermogen en verdelen die onderling. Een batterij achter-de-meter en/of een buurtbatterij zou kunnen worden ingezet om tijdens piekmomenten extra capaciteit te leveren.

Wat blijft, is dat de businesscase van de buurtbatterij ook hier niet sluitend zal zijn. Daar staat tegenover dat de maatschappelijke baten (het wel kunnen ontwikkelen en aansluiten van woningen) vanwege de maatschappelijke relevantie van de woningbouw te motiveren zou kunnen zijn.

6.2 Potentiële beleidsmaatregelen

In deze paragraaf zijn potentiële beleidsmaatregelen uitgewerkt. In Paragraaf 6.3 reflecteren we op deze beleidsmaatregelen om tot beleidsaanbevelingen te komen. In het volgende tekstkader beschrijven we de potentiële rol van innovatie voor de kansen, knelpunten en beleidsaanbeveling. We bepalen de financiële impact op de Rijksoverheid globaal, naar aanleiding van een van de vragen in de motie.

Rol van innovatie

Innovatie van batterijtechnologie is een internationale ontwikkeling. Nederland is een kleine speler in de wereldmarkt, maar draagt wel bij door onderzoek en implementatie. Voor lithium-ion kan innovatie bijdragen aan het verlagen van kosten en verhogen van efficiëntie. Dit kan de businesscase en inzet voor netcongestie verbeteren. Gebaseerd op huidige prognoses wordt niet een ontwikkeling verwacht die de resultaten van deze studie zal veranderen. De prijs van lithium-ion zal naar de meest recente verwachtingen stijgen de komende jaren en rond 2030 weer op het huidige niveau zijn of iets lager (NREL, 2023). Qua efficiëntie is er mogelijk een grotere slag te slaan.

Daarnaast kunnen nieuw type batterijtechnieken de komende jaren op de markt komen. Een van de meest veelbelovende technieken zijn flowbatterijen. Deze groep nieuwe type batterijen is in potentie voordeliger doordat de opslagcapaciteit goedkoop opgeschaald kan worden en er geen schaarse materialen gebruikt worden. Deze technieken kennen echter een groter ruimtegebruik en zijn dus minder geschikt voor thuis- en buurtbatterijen. Van de alternatieve batterijtechnieken wordt niet verwacht dat ze in grote hoeveelheden beschikbaar zijn tot 2030.

Nederland investeert door middel van het Nationaal Groeifonds ook actief in de ontwikkeling van de Nederlandse maakindustrie in de batterijketen. Het gaat in het programma over duurzame materieelvoorziening (recycling), ontwikkelen en opschalen duurzame batterijtechnologie en circulaire batterijsystemen (Nationaal Groeifonds, 2023).

6.2.1 Ruimtelijke inpassing verbeteren in relatie tot brandveiligheid

Als randvoorwaarden voor de (grootschalige) uitrol van thuis- en buurtbatterijen is het noodzakelijk om de kans op grote impact van een brand te minimaliseren. De kans op het ontstaan van brand bij lithium-ion-batterijen is klein, maar wel aanwezig. Ruimtelijke inpassing speelt een belangrijke rol om de risico's te verkleinen, om in het geval van brand zo min mogelijk de brand de kans te geven om te verspreiden. We geven de volgende beleidsaanbevelingen:

- Voor **thuisbatterijen** bevelen we sterk aan om regelgeving en voorlichting te ontwikkelen voor veilige plaatsing in huis. Met name de plek in het huishouden, het voorkomen van val- en stootschade en juiste installatie en onderhoud spelen een belangrijke rol in het verkleinen van risico's. Daarnaast raden we aan dat de brandweer inzicht krijgt in welke huishoudens een thuisbatterij hebben, zowel via een database zoals de netbeheerders deze nu hebben, als ook eventueel middels een waarschuwingssticker bij de voordeur.
- Voor **buurtbatterijen** geldt wel al regelgeving met veiligheidsvoorschriften, waardoor het risico verkleind wordt, deze is echter nog niet wettelijk verankerd. Bevoegd gezag en omgevingsdiensten hebben behoefte aan duidelijke kaders en rekenmethodieken om een goede risicobeoordeling te kunnen doen van een mogelijke buurtbatterij. Door een gebrek hieraan wordt er momenteel wisselend omgegaan met risicobeoordeling en ruimtelijke inpassing van buurtbatterijen. Ons advies is hier om de wet- en regelgeving en rekenmethodieken zo in te richten en te standaardiseren dat risicobeoordeling gemakkelijker en sneller uitgevoerd kan worden.

Een goede ruimtelijke inpassing en voorlichting spelen een grote rol in het verkleinen van de risico's in het geval van brand. Wanneer deze randvoorwaarden goed geregeld zijn, zou brandveiligheid verder geen obstakel moeten zijn voor de uitrol van thuis- en buurtbatterijen. Het ontwikkelen van de juiste kaders heeft geen tot beperkte budgetimplicaties voor de Rijksoverheid. Het vereist wel personele inzet van de overheid en bevoegd gezagen.

6.2.2 Fiscaal beleid thuisbatterijen: dubbele energiebelasting en btw

Dubbele belasting ontstaat als een batterij laadt, op een later moment ontladend en levert aan het net. Een partij neemt die stroom opnieuw af en betaalt dan voor de tweede keer energiebelasting. Voor deze reden is de dubbele energiebelasting opgeheven voor batterijen die grootverbruiker zijn. Voor thuisbatterijen is hier onderzoek naar gedaan door het ministerie van Financiën maar is de complexiteit groter. Dit komt door de diverse energiestromen in het huis die niet goed bemeterd zijn. Hierdoor is de interactie tussen zon-pv, huishoudelijk verbruik en de thuisbatterij onbekend en is het dus lastig de energiebelasting vast te stellen.

Uit het onderzoek van het ministerie van Financiën blijkt dat ze geen oplossing zien zonder technische aanpassingen binnen het huishouden en dat dit onderwerp mogelijk verder tegen het licht wordt gehouden tijdens de algemene evaluatie van de energiebelasting. Er zijn wellicht nog ontwikkelmogelijkheden beschikbaar, zoals een vrijwillige aanpassing van de meetinstallatie voor huishouden die hiervan gebruik willen maken of een nieuwe verrekenmethodiek over de netto afgenomen kWh'en. Dat eerste is complex aangezien er een nieuwe meter moet komen en de netbeheerder dit moet installeren, het tweede kent complexiteit voor huishoudens met dynamische energiecontracten wat juist wenselijk is voor thuisbatterijen.

Het afschaffen van deze dubbele energiebelasting zal resulteren in lagere overheidsinkomsten via de energiebelasting door eventueel handelen van de thuisbatterij.

6.2.3 Energie delen buurtbatterijen (juridisch en fiscaal)

Een buurtbatterij inzetten om energiedelen in buurten te faciliteren is met huidige regelgeving lastig uitvoerbaar omdat er voor de deelnemers geen (financiële) voordelen zijn voor het lokaal, binnen de buurt, balanceren van het energiesysteem. Om de speciale rol die een buurtbatterij in het LS-net speelt te faciliteren is een uitzondering of korting nodig op de energiebelasting. Het is in het verleden lastig gebleken dit soort uitzondering te realiseren, om juridische ofwel praktische redenen.

Voor lokaal energiedelen (aanpassen van vraag op aanbod) is een buurtbatterij niet noodzakelijk maar wel makkelijk omdat er met de inzet van de batterij, geschoven kan worden met tijdstip van verbruik en opwek. Daarnaast kan de buurtbatterij bijdragen aan lokaal draagvlak, initiatieven voor energiedelen en bewustwording van vraag en aanbod bij elkaar brengen. Voor energiedelen als enige functie van de batterij kan deze financieel niet uit. Zoals in Paragraaf 4.3.3 beschreven wordt er gewerkt aan regelgeving om energiedelen beter mogelijk te maken. Een buurtbatterij plaatsen voor het verder faciliteren van energiedelen is niet voorwaardelijk.

6.2.4 Nettareven en directe sturing

Borg dat thuis- en buurtbatterijen congestieneutraal kunnen opereren alvorens te overwegen om buurt- en thuisbatterijen te faciliteren. Focus dus niet op het oplossen van netcongestie, maar eerst op het voorkomen van extra congestieproblemen. Stimuleer hier toe de ontwikkeling van adequate (financiële) prikkels of contracten die netstations beschermen tegen piekbelastingen door handel op landelijke energie- en onbalansmarkten. Borg dat bij de ontwikkeling van prikkels thuis- en buurtbatterijen expliciet worden meegenomen en toets of netbeheerders met hun tarief voldoende grootte prikkels kunnen geven. Dit hangt sterk af van hoeveel kWh overbelasting er is per jaar en de vormgeving van het tarief. Het maximale tarief per jaar is namelijk streng gereguleerd door de ACM. Als geborgd is dat buurtbatterijen congestieneutraal kunnen worden ingezet, faciliteer dan enkel buurtbatterijen in die gevallen dat ze het maakbaarheidsgat helpen verkleinen. Breng hiertoe eerst in beeld in hoeveel procent van de gevallen een buurtbatterij het maakbaarheidsgat kan helpen verkleinen. Faciliteren bestaat dan uit het versimpelen van vergunningen en procedures en duidelijkere richtlijnen over de (ruimtelijke) inpassing. De netbeheerders kunnen dit faciliteren door bijvoorbeeld inzicht te geven in gewenste locaties.

De beleidsmaatregelen hebben geen directe financiële gevolgen. Het vereist wel personele inzet van de overheid en netbeheerders.

6.2.5 Subsidie voor thuis- en buurtbatterijen voor CO₂-reductie

Een subsidie voor thuisbatterijen en/of buurtbatterijen is soms onderdeel van het publieke debat. Een subsidie zou vormgegeven kunnen worden als investeringssubsidie of een btw-vrijstelling. Uit deze studie blijkt dat beide technieken geen rendabele businesscase kennen en dus dat de terugverdientijd langer is dan de technische levensduur. Uit onze modellering van thuisbatterijen blijkt dat voor een terugverdientijd van vijftien jaar, een subsidiepercentage van het aankoopbedrag vereist is van ongeveer 40 tot 55%, afhankelijk van de markten waarop de batterij wordt ingezet en de ontwikkeling van de energieprijzen. Voor een terugverdientijd van zeven jaar is een subsidie van 60 tot 80% vereist (CE Delft, 2023d).

Een onrendabele businesscase alleen is geen reden voor een subsidie. We zien drie mogelijke redenen voor een subsidie:

- Extra CO₂-reductie door inzet van batterij en koppeling met (additionele) zon-pv. In het klimaatpakket van april 2023 is een subsidie voor grootschalige batterijen bij zon-pv aangekondigd met als doel extra CO₂-reductie. Dit is een erg dure maatregel, maar genomen om bij te dragen aan de doelstellingen voor 2030.
- Het opgang brengen van de markt. We voorzien echter niet dat dit leidt tot grootschalige kostprijzreductie vanwege de internationale markt waarop thuisbatterijen ontwikkeld worden en grote volumes die nu al gerealiseerd worden in andere landen.
- Extra flexibiliteit voor leveringszekerheid: Dit is een breder thema dan thuis- en buurtbatterij en verdient daarom een integrale aanpak over alle flexibiliteitsbronnen. Als er extra beleid komt voor meer flexibiliteit is dit ook een mogelijke kans voor thuis- en buurtbatterijen. Dit valt daarom buiten scope van deze studie.

De kosten voor een subsidie voor CO₂-reductie met thuis- en buurtbatterijen zullen hoger zijn dan de aangekondigde subsidie voor grootschalige batterijen. Er zijn minder schaal voordelen te bewerkstelligen en de CO₂-reductie is beperkter, zoals berekend in Paragraaf 4.4. Dit effect wordt wereldwijd verder beperkt door de CO₂-emissie die vrijkomt bij de productie van de batterij. Het subsidiëren van thuis- of buurtbatterijen kent een grote financiële impact. Hoe groot deze financiële impact is hangt af van hoeveel er gesubsidieerd wordt. De kosten voor deze CO₂-reducerende maatregel zullen ook zeer hoog zijn, uitgedrukt in €/ton CO₂, in vergelijking met andere subsidies voor CO₂-reductie.

6.2.6 Batterijen bij nieuwbouw mogelijk maken

Faciliteer buurtbatterijen in combinatie met groeps-TO's om gebiedsontwikkelingen die vertraging oplopen door netcongestie, zoals recent in Almere, toch doorgang te geven. Deze beleidsmaatregel heeft geen directe financiële gevolgen, maar vereist wel personele inzet van de overheid en netbeheerders om barrières weg te werken. Deze barrières houden met name verband met andere benoemde punten, zoals de implementatie van alternatieve transportrechten om congestieneutraal te opereren, het ontbreken van duidelijke kaders en eenduidige richtlijnen om de risicobeoordeling te vergemakkelijken en daarmee het vergunningsproces te versnellen en het ontbreken van regelgeving over cybersecurity voor thuis- en buurtbatterijen. Naar verwachting wordt in 2024 Europees beleid in de Nederlandse wet- en regelgeving geïmplementeerd, waardoor dit punt wordt geadresseerd.

6.3 Aanbevelingen (reflectie op potentiële beleidsmaatregelen)

Ontwikkel en implementeer kaders voor ruimtelijke inpassing in relatie tot brandveiligheid

Het is van belang dat batterijen goed en veilig in huizen (thuisbatterijen) en in de gebouwde omgeving (buurbatterijen) worden ingepast. Ongeacht de adoptiesnelheid van thuis- en buurtbatterijen, eventueel stimuleringsbeleid en de plek in Nederland. Omdat er op dit moment onvoldoende regulering is op dit onderwerp, adviseren wij om de twee voorgestelde beleidsmaatregelen uit Paragraaf 6.2.1 in landelijk beleid uit te werken.

Focus op netcongestieneutrale inzet

Inzet van thuis- en buurtbatterijen kan in potentie leiden tot piekreducties (tegengaan van netcongestie) op het LS-net (thuisbatterijen en kleinere buurtbatterijen) of MS-net (grotere buurtbatterijen), met een maximum piekreductie van 30% ten opzichte van de piekvraag. Daarentegen kan de inzet van deze batterijen ook leiden tot het vergroten van piekbelasting door handelen op landelijke energie- en onbalansmarkten. Hierdoor dragen de batterijen juist bij aan netcongestie. Momenteel ontbreken de juiste beleidskaders om reductie van piekbelasting te stimuleren en om een bijdrage van deze batterijen aan piekbelasting te voorkomen. Wij adviseren om in de eerste plaats te focussen op beleid gericht op congestieneutrale inzet van thuis- en buurtbatterijen. Stimuleer hiertoe de ontwikkeling van adequate (financiële) prikkels of contracten die netstations beschermen tegen piekbelasting door thuis- en buurtbatterijen.

Uit onze analyses volgt dat de prijsprikkel voor het congestieneutraal inzetten van thuisbatterijen relatief hoog is. Wij adviseren om bij de ontwikkeling van een nieuwe tariefstelling expliciet rekening te houden met de benodigde financiële prikkels om thuisbatterijen en buurtbatterijen congestieneutraal te laten opereren. Voor buurtbatterijen kan worden overwogen om capaciteitsbeperkende contracten randvoorwaardelijk te maken voor inzet van de batterij. Dit laatste is niet mogelijk bij thuisbatterijen.

Met een juiste inzet kunnen buurtbatterijen in potentie netcongestie verminderen. Of batterijen ook de meest doeltreffende oplossing zijn voor netcongestie hangt af van het hun effect op het maakbaarheidsgat van netbeheerders. In gevallen waar het simpelweg verzwaren van het LS-net minder werk is, dan is dit de voorkeursoplossing en is hier geen rol voor batterijen als congestieverzachter. Wel kunnen buurtbatterijen waardevol zijn in het faciliteren van lokaal energiedelen, waarbij congestieneutrale inzet randvoorwaardelijk is. Buurtbatterijen die tot doel hebben de netcongestie te verminderen, waarbij het maakbaarheidsgat niet wordt verkleind, zien als wij onwenselijk gezien de grote vraag naar (extra) netcapaciteit.

Schaf salderingsregeling af en onderzoek methode voor afschaffen dubbele energiebelasting

Ten behoeve van direct gebruik van zonne-energie en/of het opslaan van eigen zonne-energie is het afschaffen van salderingsregeling een nuttige en wenselijke maatregel.

Uit deze studie blijkt dat de businesscase van thuis- en buurtbatterijen (voor inzet op verschillende markten voor opslag van eigen energie) niet positief is. Voor thuisbatterijen geldt dat de businesscase verbeterd als de dubbele energiebelasting (met beleid en technische maatregelen) wordt voorkomen. Echter, ook zonder deze dubbele energiebelasting van een thuisbatterij is de terugverdientijd minstens gelijk aan de technische levensduur. Bovendien resulteert het afschaffen van deze dubbele energiebelasting in lagere overheidsinkomsten door eventueel handelen van de thuisbatterij.

Uit een onderzoek van het ministerie van Financiën blijkt dat het ministerie geen oplossing ziet zonder technische aanpassingen binnen het huishouden en dat dit onderwerp mogelijk verder tegen het licht wordt gehouden tijdens de algemene evaluatie van de energiebelasting. Alles overziend lijkt het afschaffen van dubbele energiebelasting richting thuisbatterij eigenaren rechtvaardig ten opzichte van eigenaren van grootschalige opslag. Tegelijkertijd is het afschaffen hiervan complex en niet doelmatig voor het bevorderen van de businesscase van thuisbatterijen. Wij adviseren om het afschaffen van de dubbele

energiebelasting mee te nemen in de grootschaligere evaluatie van de energiebelasting en zijn in principe voorstander van het afschaffen van de dubbele energiebelasting.

Geen aanbeveling voor een subsidie op thuis- en buurtbatterijen

Zoals hierboven ook is opgemerkt is de businesscase van thuis- en buurtbatterijen niet positief. Subsidie kan bijdragen aan een positieve businesscase. Om tot een positieve businesscase te komen (terugverdientijd van circa 7 tot 15 jaar), is een aanschafsubsidie nodig ter hoogte van 40 tot 80% van het aankoopbedrag van de batterijen. Op basis van deze studie, zien wij geen argumenten die deze relatief dure subsidie rechtvaardigen.

Wij adviseren om thuis- en buurtbatterijen niet te subsidiëren omdat:

- Inzet van thuis- en buurtbatterijen leidt niet/slechts beperkt tot CO₂-reductie van het elektriciteitssysteem.
- Thuis- en buurtbatterijen gaan netcongestie niet oplossen met het huidig beleid en zullen de piekbelasting zelfs verhogen. Voor buurtbatterijen geldt daarnaast dat er werkzaamheden van de netbeheerder vereist zijn om buurtbatterijen aan te sluiten, waardoor de beperking op de werkzaamheden slechts in enkele situaties aanwezig is.
- De benodigde subsidie om thuis- en buurtbatterijen positief te maken is relatief hoog in vergelijking tot andere maatregelen om CO₂ te reduceren.
- Leveringszekerheid en voldoende flexibiliteit is naar verwachting een toekomstig knelpunt. In het ontwerp van eventueel beleid op dit thema, dienen thuis- en buurtbatterijen meegenomen te worden.

7 Referenties

- ABN Amro. (2023). *Gebrek aan personeel een obstakel voor energietransitie*. <https://www.abnamro.com/research/nl/onze-research/sustainaweekly-gebrek-aan-personeel-een-obstakel-voor-energietransitie>
- ACM. (2021). *Methodebesluit regionale netbeheerders elektriciteit 2022-2026*.
- ACM. (2023a). *ACM ziet grond voor verlaagd transporttarief voor batterijen*. <https://www.acm.nl/nl/publicaties/acm-ziet-grond-voor-verlaagd-transporttarief-voor-batterijen>
- ACM. (2023b). *Brede steun voor maatschappelijk prioriteren, ACM roept netbeheerders op aan de slag te gaan*. <https://www.acm.nl/nl/publicaties/brede-steun-voor-maatschappelijk-prioriteren-acm-roept-netbeheerders-op-aan-de-slag-te-gaan>
- ACM. (2023c). *Ontwerp codebesluit prioriteringsruimte transportverzoeken*. <https://www.acm.nl/nl/publicaties/ontwerp-codebesluit-prioriteringsruimte-transportverzoeken>
- ACM. (2023d). *Transporttarieven en elektriciteitsopslag*. <https://www.acm.nl/system/files/documents/transporttarieven-en-energieopslag.pdf>
- BloombergNEF. (2022). *Lithium-ion Battery Pack Prices Rise for First Time to an Average of \$151/kWh*. <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh/>
- CE Delft. (2023a). *Beleid voor grootschalige batterijen en afnamenetcongestie*. <https://ce.nl/publicaties/beleid-voor-grootschalige-batterijssystemen-en-netcongestie/>
- CE Delft. (2023b). *Beleid voor grootschalige batterijen en opweknetcongestie*. <https://ce.nl/publicaties/beleid-voor-grootschalige-batterijen-en-opweknetcongestie/>
- CE Delft. (2023c). *Kennisdocument thuisbatterijen*. <https://ce.nl/publicaties/thuisbatterijen-in-de-energietransitie/>
- CE Delft. (2023d). *Thuisbatterijen in de energietransitie*.
- Cleenwerck, R., De Greve, G., Delerue, T., & Desmet, J. (2020). *FLEXNET deel 2*.
- EU. (2023). *Verordening inzake batterijen en afgedankte batterijen, tot wijziging van Richtlijn 2008/98/EG en Verordening (EU) 2019/1020 en tot intrekking van Richtlijn 2006/66/EG*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX:32023R1542>
- Friedrich, B. (2022). *Life cycle assessment (LCA) of a battery home storage system based on primary data*.
- Kenniscentrum InfoMil. (2023). *Opslag lithium-ion batterijen*. <https://www.infomil.nl/%40217276/opslag-lithium-ion-batterijen/>

- Klimaatmonitor. (2023, 31-1-2022). *CO2-uitstoot t.g.v. aardgas- en elektriciteitsverbruik 2015-2022*.
https://klimaatmonitor.databank.nl/Jive?workspace_guid=4923b5b5-9d9e-455b-8c5b-dd6c3d8df453
- Meunier, S., Protopapadaki, C., & Sanchez Garcia, L. (2021). Cost and capacity analysis for representative EU energy grids depending on decarbonisation scenarios.
- Ministerie van EZK. (2023a). *Beslisnota inzake regels over energiemarkten en energiesystemen (Energiewet)*.
- Ministerie van EZK. (2023b). *Routekaart Energieopslag*.
<https://open.overheid.nl/documenten/7f9ca5c1-3f11-4efc-9b0d-1ffa36aa59ed/file>
- Ministerie van EZK. (2023c). *Voortgangsupdate rol batterijen in het energiesysteem*.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2023/10/05/voortgangsupdate-rol-batterijen-in-het-energiesysteem>
- Ministerie van EZK. (2023d). *Wijziging van de Elektriciteitswet 1998 en de Wet belastingen op milieugrondslag ter uitvoering van de afbouw van de salderingsregeling voor kleinverbruikers*.
- Ministerie van Financiën. (2023). *Rapport dubbele energiebelasting achter de kleinverbruikaansluiting bij opslag van elektriciteit*.
- Ministerie van Financiën. (2022). *Belastingplan 2022*.
- Nationaal Groeifonds. (2023). *Material Independence & Circular Batteries*. Nationaal Groeifonds. <https://www.nationaalgroeifonds.nl/overzicht-lopemde-projecten/thema-energie-en-duurzame-ontwikkeling/circular-batteries>
- Netbeheer Nederland. (2019). *Basisdocument over energie-infrastructuur*.
- Netbeheer Nederland. (2023a). *Het energiesysteem van de toekomst: de I13050-scenario's*. <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-7219ac2558977a6050ac4db764d2ddebb156df32/pdf>
- Netbeheer Nederland. (2023b). *Position paper Alternatieve Transportrechten*. Netbeheer Nederland.
https://www.netbeheernederland.nl/_upload/RadFiles/New/Documents/Position%20paper%20Alternatieve%20Transportrechten%20v1.0%20-%20augustus%202023.pdf
- NIPV. (2023). *Li-ion Energieopslag systeem (EOS) - Giftige wolk*.
<https://scenarioboeken.nipv.nl/li-ion-energieopslag-systeem-eos-giftige-wolk/>
- NREL. (2023). *Utility-Scale Battery Storage*. NREL.
https://atb.nrel.gov/electricity/2023/utility-scale_battery_storage
- OTE. (2018). *Afwegingskader verzwaren tenzij*. Overlegtafel Energievoorziening (OTE). Retrieved februari from
https://www.netbeheernederland.nl/_upload/Files/OTE_Rapport_Afwegingskader_verzwaren_tenzij_128.pdf
- PGS team. (2022). *Concept PGS 37-1*.

- Raad van de Europese Unie. (2023, 18-01-2023). *Raad en Parlement sluiten voorlopig akkoord over batterijen*.
<https://www.consilium.europa.eu/nl/press/press-releases/2022/12/09/council-and-parliament-strike-provisional-deal-to-create-a-sustainable-life-cycle-for-batteries/>
- Rijksoverheid. (2023a). *Nationaal Programma Energiesysteem*.
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/energiesysteem/nationaal-plan-energiesysteem>
- Rijksoverheid. (2023b). *Plan kabinet: afbouw salderingsregeling zonnepanelen*. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/energie-thuis/plan-kabinet-afbouw-salderingsregeling-zonnepanelen>
- Royal HaskoningDHV. (2021). *Verkenning regelgeving veiligheid batterijen*.
<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-c6fb05df-165f-42cc-b404-7b71a96b134f/pdf>
- Schmidt, O., & Staffel, I. (2023). *Monetizing Energy Storage*.
- Staatssecretaris van I&W. (2022, 23-12-2023). *Voortgang strategische aanpak batterijen 2022*. Ministerie van I&W.
<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-2e66f1494249ef25343c700416f62fffe9795391/pdf>
- Techniek Nederland. (2021). *Voor 2030 zijn 1,7 miljoen laadpalen nodig*.
<https://www.energietransitiedoorinstallateurs.nl/voor-2030-zijn-17-miljoen-laadpalen-nodig>
- Veiligheidsregio Haaglanden, Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond, & Landelijk Informatiepunt Ongevallen Gevaarlijke Stoffen. (2019). *Handreiking Opslag Li-ion energiedragers (accu's en batterijen)*.
- Winjobi, O., Jarod, K. C., & Dai, Q. (2022). Life-cycle analysis, by global region, of automotive lithium-ion nickel manganese cobalt batteries of varying nickel content.
- Witteveen & Bos. (2023). *Onderzoek buurtbatterijen*.
- Witteveen & Bos, & Quintel. (2023). *Vergelijkende analyse systeemstudies en scenario-analyses energiesysteem*.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/07/03/bilage-7-ii-vergelijkende-analyse-systeemstudies-scenario-analyses-quintel-witteveen-bos>

A Bijlage kansen en knelpunten thuis en buurtbatterijen

In deze paragraaf zijn de knelpunten voor thuis- en buurtbatterijen toegelicht. In Paragraaf 2.1 hebben we de belangrijkste knelpunten vastgesteld die de vervolgstappen van dit onderzoek bepalen. De knelpunten zijn gestructureerd in verschillende thema's: energiesysteem, technisch, financieel, juridisch, randvoorwaarden.

A.1 Algemeen

A.1.1 Thuisbatterijen

Energiesysteem

- **Netcongestie:** Afhankelijk van de inzet van thuisbatterijen kunnen ze bijdragen aan netcongestie als ze ingezet worden op de energiemarkten. CE Delft concludeert dat thuisbatterijen de piekbelasting extra verhogen op het net met het huidige beleid (onder andere **huidige nettarieven**). Dit aangezien thuisbatterijen met namen zullen acteren op energiemarkten, aangezien ze hiermee de meest gunstige businesscase behalen.
- **Sturing netbeheerder:** Directe aansturing van thuisbatterijen vanuit de netbeheerder is momenteel (contractueel) niet mogelijk. Hierdoor kunnen netbeheerders niet ingrijpen op het moment dat thuisbatterijen (zeer) ongunstig verdrag vertonen met betrekking tot lokale netcongestie.

Technische knelpunten

- **Productiecapaciteit:** Er is momenteel niet tot nauwelijks productie in Nederland. In hoeverre dit beschikbaar is in Europa is onbekend.
- **Installatiecapaciteit:** In het algemeen komen we in Nederland momenteel (technische) vakmensen/installateurs te kort die in staat zijn om op grote schaal de energietransitie te realiseren.
- **Grondstoffen en circulariteit:** Het groeiend aantal batterijen draagt bij aan de toenemende vraag naar grondstoffen zoals lithium, kobalt, grafiet, koper, nikkel en aluminium. Deze stoffen zijn door de EU aangemerkt als *Critical Raw Materials*. Kobalt wordt vanwege verschillende redenen (schaarste en veiligheid) in de huidige thuisbatterijen al steeds minder gebruikt. Circulaire ontwerpprincipes, zoals optimalisatie van de levensduur, de reductie van materialen in een product en rekening houden met recycling bij het productontwerp, worden op dit moment weinig toegepast, maar kunnen een grote rol spelen in de vraag(reductie) van deze materialen. Daarnaast ontbreekt het op dit moment aan infrastructuur voor grootschalige recycling van deze materialen (uit batterijen).

Financiële knelpunten

- **Salderingsregeling** maakt opslaan van zonne-energie niet financieel aantrekkelijk. Fiscaal is salderingsregeling wel zeer aantrekkelijk voor energiehandel.
- **Dubbele energiebelasting** is een knelpunt als salderingsregeling wordt afgeschaft.
- Onzekerheid rondom **prijzontwikkelingen** thuisbatterijen: de kosten van thuisbatterijen kunnen gaan dalen door economy of scale, maar anderzijds kunnen door schaarste van materialen zoals lithium de kosten ook stijgen.
- **Markt realisatie en kostendaling**: Ontwikkeling van markt voor hopelijk prijsdaling van thuisbatterij (markt op gang brengen) door lagere kosten voor thuisbatterij en installatie.
- **Verzekeringskosten**: aangezien het risico bestaat dat lithium-ion-batterijen volledig ontbranden, is het aannemelijk dat verzekeraars dit zullen doorrekenen in hun polissen.

Juridische knelpunten

- **Contracten over aansturing vanuit netbeheerder** bestaan momenteel niet. De thuisbatterij is particulier eigendom en de eigenaar kan zelf de inzet van de thuisbatterij bepalen. Hierdoor is het voor netbeheerders niet mogelijk om bijvoorbeeld thuisbatterijen af te schakelen op het moment dat zij zeer onwenselijk gedrag vertonen met betrekking tot lokale netcongestie.

Randvoorwaarden

- **Veiligheidsknelpunten**: Hoewel de kans klein is, is volledige ontbranding van de lithium-ion-batterij mogelijk. Dit komt door intrinsieke eigenschappen van de batterij. Indien er in de batterij een brand ontstaat, dan zal dit zeker leiden tot volledige ontbranding van de batterij. Brandbestrijding is vaak erg lastig.
 - Er zijn ingebouwde bestaande veiligheidsmechanismen in thuisbatterijen die met name het ontstaan van een brand proberen te monitoren en voorkomen. Brandveiligheidsexperts benoemen dat er nog er aanvullende mogelijkheden zijn, die in het geval van brand de brandweer kunnen helpen om de brand te blussen en/of kunnen voorkomen dat de brand overslaat. Momenteel worden deze opties zoals een brandwerende vloeistofdichte bak en ingebouwde vulopening met verzegeling niet tot nauwelijks gebruikt. Daarnaast gelden er geen eisen voor een brandmelder of aanvullende ventilatie in de ruimte waar de thuisbatterij staat.
 - Momenteel gelden er geen eisen of voorschriften voor plaatsing, installatie en onderhoud voor thuisbatterijen. Het plaatsen van een thuisbatterij kan door iedereen gedaan worden, hiervoor is geen certificering mogelijk.
 - **Ruimtelijke inpassing**: De plek van een thuisbatterij binnen het huishouden is vanuit veiligheidsoogpunt een belangrijk aandachtspunt. Thuisbatterijen (en lithium-ion-batterijen in het algemeen) zijn erg gevoelig voor val- of stootschade, aangezien dit de kans op brand vergroot. De impact van een eventuele brand kan daarnaast aanzienlijk verkleind worden door te kiezen voor tactische plaatsing binnen het huis. Hiervoor zijn momenteel geen voorschriften en veiligheidsexperts zien dat thuisbatterijen nu op onwenselijke en moeilijk te bereiken locaties worden geplaatst of plaatsen waar ze gemakkelijk val- of stootschade kunnen oplopen.
 - Er is op dit moment geen meldplicht van thuisbatterijen bij de veiligheidsdiensten. Hierdoor is de brandweer niet op de hoogte van een batterij, wat handige informatie kan zijn in het geval dat er elders in het huis brand is. Er geldt wel een meldplicht van thuisbatterijen bij de netbeheerder, de brandweer zou graag gebruik maken van deze gegevens.

- **Grondstoffen en circulariteit:** Op het gebied van regelgeving zijn er vanuit de EU en Nederland verschillende beleidsprogramma's: Europese Batterijenverordening, Critical Raw Materials Act, Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2050. Hierin worden ambitieuze doelen gesteld, waarvoor een nieuwe circulariteitsinfrastructuur opgezet zal moeten worden. De praktijkuitwerking hiervan is nog niet tot nauwelijks begonnen en zal vermoedelijk (veel) knelpunten kennen.
- **Cybersecurity:** Momenteel ontbreekt het aan regelgeving op het gebied van cybersecurity voor thuisbatterijen en energiemanagementsystemen (EMS). Op Europees en landelijk niveau worden er momenteel verschillende regelgevingen ontworpen c.q. geïmplementeerd. Een recent onderzoek door de Rijksinspectie Digitale Infrastructuur (RDI) concludeerde dat alle onderzochte omvormers inclusief energiemanagementsystemen niet voldeden aan de normen voor cybersecurity. De RDI concludeert dat ze daardoor eenvoudig zijn te hacken, van afstand uitgeschakeld kunnen worden of zijn in te zetten voor DDoS-aanvallen. Ook kunnen er via de omvormers persoons- en gebruiksgegevens worden gestolen.

A.1.2 Buurtbatterijen

Energiesysteem

- **Prioritering door netbeheerders:** Netbeheerders (Liander) kijken naar verschillende oplossingen voor netcongestie, tot nu toe zijn batterijen daar nog niet positief uitgekomen ten opzichte van onder andere netverzwaring. In veel gevallen zou de capaciteit van het MS/LS station waar netcongestie dreigt nog kunnen worden verzwaard, bijvoorbeeld door een zwaardere transformator te installeren.
- **Netcongestie en netdeel:** Het beperkende netdeel dat zorgt voor netcongestie bevindt zich in een hoger netvlak (HS-net, HS/MS-station) dan waar de buurtbatterij op van toepassing is. In veel gevallen bevindt de netcongestie zich waarschijnlijk op het hoogspanningsnet dat een bepaald onderstation voedt, het onderstation zelf of soms het verdeelstation. Hierdoor kunnen alle ontwikkelingen in het verzorgingsgebied van dit onderstation geen doorgang krijgen, maar ligt het probleem dus niet lokaal. Een lokaal probleem wat wel vaker voorkomt zijn MS-kabels met netcongestie. Echter is de doorlooptijd voor het verzwaren van dergelijke kabels betrekkelijk kort (0,5-3jaar). De vraag die moet/kan worden gesteld als door netcongestie een nieuwbouwuur of school niet kan worden aangesloten is of dit lokaal (met een buurtbatterij) of regionaal moet worden opgelost.
- **Geen one-size-fits-all :** Een buurtbatterij kan niet alle problemen even effectief tegelijk oplossen: Spanningsproblemen, door teveel teruglevering door zon-pv (waardoor omvormers afslaan), geven de grootste problemen aan het einde van een laagspanningskabel, terwijl de grootste belasting op kabels en netstations juist aan het begin van de kabel en in het station plaatsvindt. Om spanningsproblemen effectief op te lossen kan een buurtbatterij dus beter in het midden of richting het einde van een kabel worden aangesloten. Terwijl om overbelasting te voorkomen de buurtbatterij juist beter aan het begin van de kabel of op het netstation aangesloten moet worden.

Technische knelpunten

- **Niet overal een oplossing:** Afhankelijk van de situatie is een buurtbatterij niet staat om LDN/ODN-congestie te voorkomen. Bijvoorbeeld tijdens een paar zeer koude winterdagen in een buurt met veel warmtepompen. De duur en intensiteit van de overbelasting is dan dusdanig groot/lang dat de buurtbatterij niet in staat zou zijn om deze op te vangen. Of dit het geval is hangt wel samen met de adoptiegraad. Bij een lage adoptie van warmtepompen.
- **Onzekerheid over werking:** Indien een buurtbatterij wordt ingezet om een specifiek netdeel te ondersteunen met congestiemanagement bestaat er scepsis bij de netbeheerder of een beheerder van een buurtbatterij ten alle tijden kan garanderen dat overbelasting van dat netdeel kan worden voorkomen.

Financiële knelpunten

- **Energiebelasting:** Elektriciteit die wordt geleverd vanuit een buurtbatterij aan een woning of bedrijf is onderhevig aan energiebelasting. Hierdoor is het financieel minder interessant om overschotten zonne-energie lokaal op te slaan in een buurtbatterij.
- **Energiebelasting en kleinverbruik:** Enkel batterijen met een grootverbruikersaansluiting (groter dan 3x80A, >55 kW) zijn per 1 januari 2022 vrijgesteld van dubbele energiebelasting. Dit geldt voor buurtbatterijen die direct worden aangesloten op een netstation, voor een netstation of op een MS-kabel. Buurtbatterijen die op het laagspanningsnet worden aangesloten, komen automatisch in aanmerking voor een kleinverbruikersaansluiting (<3x80A) en zijn dus verplicht om zowel over de afgenomen elektriciteit als over de geleverde elektriciteit energiebelasting te betalen.
- **Nettarieven kostenpost:** Nettetarieven zijn een belangrijke kostenpost in de businesscase van een (buurt)batterij en beperken de verdien capaciteit.
- **Geen positieve businesscase voor creatie van lokale baten:** Er is geen positieve businesscase voor verdienmodellen die samenhangen met de creatie van lokale baten (opslag overschotten zonne-energie, beperken van lokale netcongestie).
- **Niet of nauwelijks positieve businesscase voor andere verdienmodellen:** Er is niet of nauwelijks een positieve businesscase voor verdienmodellen die samenhangen met energiehandel en balancerings.
- **Netverzwaring is goedkoper dan batterijen:** Netverzwaringen zijn goedkoper dan een buurtbatterij. Zo bedragen de gemiddelde verzwaringskosten per woning over de totale levensduur van het net (33 jaar) circa € 350 per woning (Meunier et al., 2021), waardoor de capaciteit van een laagspanningsnet gemiddeld stijgt van circa 1,5 kW naar 4 kW per woning (gelijktijdig vermogen). Om eenzelfde capaciteit beschikbaar te maken met een buurtbatterij is een investering gemoeid van € 600-1.100⁶. Deze investering is exclusief operationele kosten en herinvesteringen elke 10-15 jaar (levensduur batterij).
- **Drempel voor commerciële partijen:** Commerciële partijen kunnen eigenaar zijn van een buurtbatterij. Dit komt echter in de praktijk nog weinig voor, omdat de businesscase voor kleinschalige batterijopslag nog onvoldoende rendabel is en vraagt om veel afstemming met lokale actoren.
- **Geringe omvang werkt kostenverhogend:** de geringe omvang, maatwerk en regelwerk (eigendom, contracten, vergunningen) werkt kostenverhogend.

⁶ Uitgaan van 1C batterij en investeringskosten van 250 tot 430 €/kWh.

Juridische knelpunten

- **Netbeheerder geen eigenaar:** Conform de huidige elektriciteitswet en nieuwe Energiewet mag een netbeheerder geen batterijopslag in eigendom of beheer hebben, tenzij de Autoriteit Consument en Markt (ACM) anders besluit op grond van de daarvoor vastgelegde voorwaarden in de Energiewet.
- **Congestie voorkomen tot 50% overbelasting:** Conform de *netcode elektriciteit* kan congestiemanagement door de netbeheerder op het middenspanningsnet worden toegepast tot een maximum van 110-150% van de technische grens van het net(deel) waarvoor congestie is vastgesteld. Het maximum is afhankelijk van de aanwezigheid van regelbaar vermogen. Een buurtbatterij kan ontwikkelingen die zouden leiden tot een overbelasting van een netdeel (netcongestie) dus alleen opvangen tot 10-50% boven de nominale capaciteit van dat net(deel). De extra capaciteit die ten opzichte van de technische grens kan worden gecreëerd is eindig met het oog op netontwerpcriteria en operationele veiligheidsgrenzen in een net(deel).
- **Nog geen buurtbatterij mogelijk op laagspanningsnet.** Conform de *netcode elektriciteit* is het laagspanningsnet (LS-net), waar woningen op zijn aangesloten, vooralsnog uitgesloten van congestiemanagement. In de toekomst wordt congestiemanagement op LS-net wellicht mogelijk gemaakt in wet- en regelgeving. Buurtbatterijen of andere flexibiliteitsoplossingen mogen dus vooralsnog geen rol spelen om de capaciteit van het LS-net te vergroten. Wel worden er aanpassingen van de netcode elektriciteit verwacht die congestiemanagement in de toekomst wellicht mogelijk maken.
- **De realisatie van een buurtbatterij is complex.** Zaken die moeten worden geregeld zijn: het eigendom regelen, contracten opstellen, vergunningen aanvragen en partijen contracteren die de batterij kunnen beheren/aansturen en flexibiliteit kunnen/mogen ontsluiten ten behoeve van balanshandhaving en congestiemanagement. De complexiteit werkt vertragend.
- **Trage vergunningverlening:** Vergunningverlening kan traag lopen door onbekendheid met 1) batterijopslagsystemen, 2) door het ontbreken van duidelijke richtlijnen over veiligheid, 3) doordat veiligheidsregio/brandweer betrokken moeten worden bij het toetsen/adviseren over de veiligheidsaspecten.

Randvoorwaarden

- **Draagvlak:** Netbeheerders ervaren nu al behoorlijke weerstand bij het plaatsen van nieuwe/meer netstations.
- **Beschikbaarheid van ruimte:** voor een batterijsysteem dient rekening te worden gehouden met het directe en indirecte ruimtebeslag. Met name het indirecte ruimtebeslag is bepalend voor de plaatsing:
 - **AC/AC-transformator** (De noodzaak voor een eigen transformator hangt samen met de grootte van de aansluiting. Boven 160 kVA is een eigen klantstation verplicht. De oppervlakte van een klantstation bedraagt 6-8 m² en het benodigde grondstuk is 22-34 m²).
 - **Bereikbaarheid:** Ter hoogte van de buurtbatterij dient een toegangsweg voor nooddiensten te zijn.
 - **Bluswatervoorzieningen:** De locatie van de batterijcontainers in de publieke buitenruimte hangt samen met de locatie waar het bluswater beschikbaar moet zijn: idealiter is er bluswater met voldoende debiet en tijdsduur in de directe nabijheid van de opslaglocatie beschikbaar.
 - **Fysieke schade:** Buurtbatterijen moeten afdoende beschermd zijn tegen fysieke schade, zoals weersinvloeden en aanrijding door wegverkeer.

- **Veiligheidsafstanden en brandwerendheid:** Zonder additionele brandwerendheid moet de buurtbatterij minimaal 10 m van de inrichtingsgrens (hekwerk) en andere brandbare objecten staan. De veiligheidsafstand kan tot 5 m worden gereduceerd indien voldoende brandwerende maatregelen zijn genomen.
- **Veiligheidscontour in verband met gifwolk:** Naast de veiligheidsafstand dient ook een veiligheidscontour in acht te worden genomen in verband met het vrijkomen van (zeer) giftig waterstoffluoridegas in geval van een brand in een buurtbatterij. Er bestaat nog geen richtlijn voor de te hanteren veiligheidscontour.
- **Gifwolk en kwetsbare objecten:** Netstations die overbelast dreigen te raken staan vaak midden in of dicht bij bebouwing. Een buurtbatterij die een netstation ontlast staat zal doordoor ook vaak dicht bij bebouwing staan. Dit is vanuit veiligheidsoogpunt echter een belangrijk aandachtspunt, gezien het risico op het vrijkomen van een giftige gaswolk in het geval van brand in de buurtbatterij. De risicocontour die gehanteerd moet worden om woningen en bewoners op veilige afstand te houden maakt het mogelijk lastig om de buurtbatterij in een wijk, dicht bij netstation, in te passen. Zie ook volgend kader.
- **Geen wettelijk richtlijn:** Vanuit veiligheidsoogpunt gelden verschillende richtlijnen voor de plaatsing van energieopslagsystemen, maar de leidende richtlijn (PGS-37-1) is nog niet wettelijk vastgesteld. Er zijn daarom nog geen harde en compleet eenduidige randvoorwaarde te geven ten aanzien van veiligheids- en risicobeheersingsmaatregelen.
- **Doorlooptijd:** De doorlooptijd voor het realiseren van een buurtbatterij is minimaal 1 à 2 jaar.
- **Contractvorm nog niet beschikbaar:** De netbeheerder heeft nog geen contractvormen beschikbaar waarmee de capaciteit van een netdeel waar netcongestie is geconstateerd kan worden vergroot tot 150% van het nominaal vermogen.
- **Buurtbatterij verkleind maakbaarheidsgat:** Het kost de netbeheerder ook uitvoeringscapaciteit om buurtbatterijen aan te sluiten. Daardoor dragen buurtbatterijen mogelijk niet bij aan verkleinen van het maakbaarheidsgat: het verschil tussen de benodigde uitbreidingen voor de klimaatdoelen en de netuitbreidingen die netbeheerders tijdig klaar hebben.

Voorbeeld gifwolk en kwetsbare objecten: In de gemeente Haarlemmermeer is men voornemens een batterijsysteem te bouwen naast een zonnepark. Aanvankelijk was voorzien om de batterijsysteem in de nabijheid van woningen te plaatsen. Op advies van de veiligheidsregio is de locatie van de batterijsysteem echter aangepast, omdat de gifwolk over nabijgelegen woningen zou kunnen zweven, wat leidt tot een onaanvaardbaar hoog veiligheidsrisico. Om het veiligheidsrisico te beperken heeft de veiligheidsregio geadviseerd een veiligheidscontour van tenminste 80 m aan te houden ten opzichte van kwetsbare objecten (zoals woningen).

B Businesscase: methode, aannames en detailresultaten

B.1 Methode en aannames

B.1.1 Methode

De aannames voor de thuisbatterij methode zijn:

1. Uitgangspunt is een gemiddelde Nederlandse woning in twee varianten:
Normaal huishouden: Huishoudelijk verbruik, zonnepanelen en thuisbatterij.
Huishouden met sterke elektrificatie: Huishoudelijk verbruik, zonnepanelen, elektrisch koken, elektrische auto, warmtepomp en thuisbatterij.
We berekenen de businesscase voor twee type batterijen: een kleinschalige en grootschalige thuisbatterij. De eigenschappen zijn opgenomen in Paragraaf 4.1. Dit zijn de verwachte thuisbatterijen die veel voorkomen, maar er zullen ook grotere installaties gerealiseerd worden.
2. We modelleren de businesscase in 2025 en 2030. We extrapoleren deze gegevens om de terugverdientijd te bepalen. We gaan uit van een investering in 2024 en een technische levensduur van vijftien jaar, oftewel tot 2028.
3. We modelleren de businesscase van thuisbatterijen in de huidige situatie. Voor de modellering gebruiken we dezelfde methode als in de studie '[Beleid voor grootschalige batterijsystemen en netcongestie](#)'. De modellering is hetzelfde, maar we houden rekening met de verschillen voor thuisbatterijen zoals de energiebelasting. We modelleren de inzet van thuisbatterijen in vier gevallen:
 1. Opslaan en gebruik van eigen zonne-energie met vast energiecontract. We gaan er daarbij in dit referentiescenario van uit dat er tot 2030 een salderingsregeling is en deze in 2030 wordt afgeschaft.
 2. Opslaan en gebruik van eigen zonne-energie met variabel energiecontract. We gaan er daarbij in dit referentiescenario vanuit dat er tot 2030 een salderingsregeling is en deze in 2030 wordt afgeschaft.
 3. Energiehandelen met een flexibel energiecontract (day-aheadmarkt). De modellering van de day-aheadmarkt is gebaseerd op ons PowerFlex-model wat de elektriciteitsprijs per uur modelleert.
 4. Inzet op onbalansmarkt markt: De inzet van een thuisbatterij op deze markt wordt nu nog niet toegepast in Nederland maar is wel mogelijk. We bepalen hierbij het potentieel.
4. Beleidsmaatregelen worden doorgerekend om het effect op de businesscase te berekenen. Beleidsmaatregelen zijn:
 - afschaffen van de salderingsregeling;
 - vrijstelling energiebelasting voor thuisbatterij;
 - subsidie voor thuisbatterij.

Voor de buurtbatterij is gerekend aan de verschillende markten gebruikmakend van de resultaten van de studie 'Beleid voor grootschalige batterijen en opweknetcongestie'. De specifieke aannames voor de buurtbatterij zijn opgenomen in Bijlage B.1.4.

B.1.2 Modelling energiemarkten

Day-aheadmarkt

De day-aheadmarkt wordt ook wel de APX-markt genoemd, naar de Amsterdam Power Exchange die vroeger de markt faciliteerde. Voor de modellering van de day-aheadmarkt is het model 'Powerflex' gebruikt. Dit model berekent de prijs van de day-ahead-elektriciteitsmarkt per uur, gebaseerd op verschillende aannames.

Vrijwillige onbalansmarkt

Partijen kunnen ook zonder deel te nemen aan de aFRR een bijdrage leveren om de onbalans in het net te verkleinen. TenneT stelt daarvoor een near realtime-prijssignaal voor op- en afregelen beschikbaar. Deze vrijwillige bijdrage om de onbalans te verkleinen wordt vaak 'de onbalansmarkt' genoemd, hoewel het niet echt een markt is.

De prijs van de onbalansmarkt is gelijk aan de duurste ingeschakelde asset op de aFRR. De inkomsten op de onbalansmarkt zijn gebaseerd op de historische onbalansprijzen in 2022. De batterij laadt en onlaadt in het model aan de hand van de regeltoestand van TenneT en kijkt daarbij niet vooruit of er later een betere prijs is, in het echt is dat namelijk ook niet van tevoren bekend. We schatten de inkomsten voor 2025 en 2030 gebaseerd op onze verwachting van de prijzen en inkomsten op de day-aheadmarkt.

B.1.3 Energieprijzen

Voor de vaste energieprijzen hanteren we prognoses uit de KEV 2022. Daarbij nemen we de energiebelasting aan zoals geprognosticeerd door CE Delft in eerdere studies. Deze aannames zijn weergegeven in Tabel 18.

Tabel 18 - Aannames elektriciteitsprijzen voor vast contract en voor energiebelasting

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Leveringsprijs	€ 0,14	€ 0,13	€ 0,13	€ 0,12	€ 0,12	€ 0,11	€ 0,10
Energiebelasting	€ 0,10	€ 0,09	€ 0,08	€ 0,07	€ 0,07	€ 0,06	€ 0,07
Leveringsprijs inclusief EB en btw	€ 0,29	€ 0,26	€ 0,25	€ 0,24	€ 0,23	€ 0,21	€ 0,20
Prijs invoeding	€ 0,11	€ 0,10	€ 0,10	€ 0,10	€ 0,09	€ 0,09	€ 0,08

Voor de modellering van de elektriciteitsprijzen per uur hanteren we het PowerFlex-model. De inputs daarvoor zijn het opgesteld vermogen van verschillende productiebronnen (gas, kolen, zon, wind, kernenergie) en de energieprijzen. De aangenomen energieprijzen zijn weergegeven in Tabel 19.

Tabel 19 - Energieprijs aannames

Commodity	Eenheid	2025			2030		
		Laag	Midden	Hoog	Laag	Midden	Hoog
Gas	€/MWh	€ 30	€ 50	€ 90	€ 20	€ 35	€ 60
Kolen	€/ton	€ 80	€ 130	€ 210	€ 60	€ 120	€ 190
CO ₂	€/ton	€ 70	€ 100	€ 120	€ 90	€ 120	€ 150

Deze modellering resulteert voor het midden scenario in 2030 in een gemiddeld maximaal prijsverschil binnen één dag van 118 €/MWh, oftewel 0,118 €/kWh. We kijken hierbij naar het verschil tussen de laagste en hoogste prijs binnen één dag. Zonder salderingsregeling betalen echter ook belasting en btw over die elektriciteitsprijs. De spread binnen één dag is dan nog maar 34 €/MWh, oftewel 0,33 €/kWh. Er kunnen 280 dagen per jaar een positieve spread gerealiseerd worden met energiebelasting en btw, waarbij de gemiddelde spread van die dagen 51 €/MWh is.

B.1.4 Aannames buurtbatterij

Voor de buurtbatterij rekenen we met een WACC van 10% en een economische levensduur. Dit betekent een capital recovery factor van 13,15%. Deze factor bepaalt de jaarlasten van de investering in de batterij en de netinvestering. De investering van de batterij is gebaseerd op de NREL-studie over toekomstige ontwikkeling van batterijprijzen en opgenomen in het hoofdstuk over de businesscase.

Nettarief

Voor de nettarieven is de stijging naar van de tarieven voor 2024 aangenomen. Daarna is een stijging van de tarieven verwacht door meer netinvesteringen maar een daling doordat de energiekosten voor netbeheerders lager zijn. Deze dalende energiekosten blijkt uit onze modellering van de energiemarkten richting 2030.

Tabel 20 - Aannames buurbatterijen voor eenmalige aansluitingsvergoeding

Casus	Vermogen (kW)	Eenmalig aansluitvergoeding	Meerkosten kabel	Totaal eenmalig tarief
Grote buurtbatterij	2.000	€ 121.038	€ 37.962	€ 159.000
Kleine buurtbatterij	200	€ 12.104	€ 3.796	€ 15.900

Tabel 21 - Aannames buurbatterijen voor jaarlijks nettatarief

Casus	Vermogen (kW)	Periodieke aansluitvergoeding	Meerkosten kabel	Vastrecht	Tarief kW gecontracteerd	Tarief kW maandpiek	Tarief per kWh	Totaal Periodiek (jaarlasten)
Grote buurtbatterij	2.000	€ 3.632	€ 380	€ 5.106	€ 129.648	€ 180.264		€ 319.030
Kleine buurtbatterij	200	€ 363	€ 38	€ 816	€ 12.787	€ 11.500	€ 12.771	€ 38.275

C Regelgeving en beleid aansluiting elektriciteitsnet

Tarieven

Woningen en dus thuisbatterijen zijn aangesloten op een kleinverbruikersaansluiting (maximaal 3*80 Ampere) op het laagspanningsnet. Buurtbatterijen zijn aangesloten op een MS/LS-station of op een MS-ring. Netbeheerders brengen jaarlijks een bedrag in rekening voor deze netaansluiting. Het bedrag dat netbeheerders in rekening brengen, is opgebouwd uit aansluittarieven (eenmalig aansluittarief en periodiek aansluittarief) en transporttarieven (tarief voor vastrecht en capaciteitsafhankelijk tarief).

Netbeheerders werken in een gereguleerde markt. De Autoriteit Consument & Markt (ACM) houdt toezicht en stelt maximum tarieven vast. Netbeheerders doen jaarlijks een voorstel aan de ACM voor de tarieven. Deze tarieven hangen onder meer af van de kosten van de netbeheerder en het verwachte afzetvolume. De ACM stelt de tarieven vast in de tarievenbesluiten. Naar verwachting stijgen de tarieven komende jaren. Deze stijging kan worden toegerekend aan de toenemende investeringskosten van de netbeheerders.

Recent zijn er ontwikkelingen rondom de te betalen tarieven voor gebruik van het elektriciteitsnetwerk door batterijen. In de Nederlandse tariefcode wordt energieopslag tot op heden niet als apart type aangeslotene gezien. Alleen producenten en afnemers worden erkend waarbij de last van transportkosten geheel bij afnemers ligt. Omdat batterijen zoals buurtbatterijen met een eigen netaansluiting tijdens het laden elektriciteit afnemen van het elektriciteitsnet, zijn ze belast met transportkosten. In het Landelijk Actieprogramma Netcongestie (LAN) is afgesproken dat Netbeheer Nederland in overleg met de ACM een voorstel uitwerkt voor een aparte tariefcategorie voor opslag. De korting op transportkosten voor deze nieuwe categorie kan volgens de ACM oplopen tot maximaal 65% van de transportkosten voor afnemers. Hierdoor verbetert de businesscase van batterijen. Wel worden er voorwaarden gesteld aan een dergelijke verlaging van de transportkosten, zoals ontzien van het net op momenten van netcongestie (ACM, 2023d). De ACM verwacht in het eerste kwartaal van 2024 een formeel besluit te nemen over aangepaste transporttarieven voor batterijopslag (ACM, 2023a). Deze aangepaste tarieven verbeteren de businesscase van buurtbatterijen.

Aansluit- en transportovereenkomsten

Partijen met een aansluiting op het laagspannings- of middenspanningsnet, hebben hiervoor een aansluit- en transportovereenkomst (ATO) met een regionale netbeheerder. Tot voor kort⁷ kende Nederland enkel firm aansluitcontracten, waarbij de aangeslotene recht heeft op de transportcapaciteit van de aansluiting. Recent heeft Netbeheer Nederland een codewijziging bij de ACM ingediend, gericht op de introductie van een non-firm aansluit- en transportovereenkomst (ATO) waarover de ACM eind oktober 2023 een ontwerpbesluit heeft genomen. Op basis van dit besluit kunnen netbeheerders partijen in gebieden met netcongestie alsnog een contract aanbieden zonder een vaste transportcapaciteit. De aangeslotene heeft hiermee beschikking tot transportcapaciteit op momenten dat deze op het

⁷ Moment van schrijven is november 2023.

netwerk beschikbaar is. De non-firm ATO zal een lager nettatarief kennen dan de standaard firmcontracten. Zodra regionale netbeheerders dit type contract gaan aanbieden, biedt dit kansen voor de ontwikkeling van een buurtbatterij in gebieden met netcongestie.

Toegang tot het elektriciteitsnet

Thuisbatterijen worden achter een bestaande aansluiting van een woning aangesloten. Een buurtbatterij zal in de basis een eigen aansluiting hebben. Hiervoor wordt een aanvraag ingediend. Voor het in behandeling nemen van transportverzoeken geldt in de basis het ‘first-come-first-serve’-principe. Echter, doordat op veel plekken in Nederland op het elektriciteitsnet netcongestie wordt ervaren ontstaan lange wachttijden voor het honoreren van een ATO. Om te voorkomen dat partijen met een sociaal maatschappelijke functie lang moeten wachten om toegang te krijgen tot het net, kunnen netbeheerders afwijken van het zojuist genoemde gebruikelijke principe (ACM, 2023b). Ook kunnen netbeheerders een aansluiting met prioriteit toekennen aan partijen die transportruimte op het net toevoegen. Zogeheten ‘congestie-verzachtters’. Conform het ontwerpbesluit over de prioriteringsruimte bij transportverzoeken, is een congestie-verzachter een partij “waarvan de netbeheerder, op basis van een tussen de netbeheerder en desbetreffende partij gesloten bindend contract, vaststelt dat het toekennen van transportcapaciteit aan deze partij ertoe leidt dat er transportruimte op het net beschikbaar komt” (ACM, 2023c).

Eigenaarschap en aansturing

EU-verordening 2019/943 en Richtlijn 2019/944 (beide van toepassing op Nederland) beschrijven onder andere regelgeving rond batterijsystemen. In deze verordening is opgenomen dat regionale netbeheerders geen energieopslag mogen bezitten, ontwikkelen, beheren of faciliteren (Artikel 36, lid 1). Thuisbatterijen zijn in eigendom woning eigenaren. Aansturing van (een groep) thuisbatterijen kan worden uitgevoerd door een zogeheten ‘aggregator’ wat in de meeste gevallen een commerciële partij is. Een buurtbatterij kan in eigendom zijn van een groep inwoners verenigd in een coöperatie. Sommige gemeentes in Nederland stimuleren het opzetten van energiecoöperaties door middel van subsidie.

Congestiemanagement

Binnen de Netcode Elektriciteit zijn sinds 2022 twee producten opgenomen gericht op congestiemanagement. Het zogeheten capaciteitsbeperkend contract (CBC) en ontsluiten van flexibiliteit (aanbod/vraag desgevraagd aanpassen) in de redispatchmarkt, wat via het platform Gopacs verloopt. Op het moment van schrijven, wordt congestiemanagement via deze twee producten nog niet toegepast in laagspanningsnetten (LS-netten).⁸ Daarmee komen op dit moment, thuis- en buurtbatterijen nog niet in aanmerking voor het leveren van netcongestiemanagementdiensten via deze producten waardoor ze (nog) geen bijdrage zullen leveren aan het verminderen van lokale netcongestieproblematiek. Dit kan richting de toekomst veranderen. Thuisbatterijen en kleine buurtbatterijen zouden dan, indien aangesloten op het LS-net toegang krijgen tot congestiemanagementdiensten, eventueel met tussenkomst van een aggregator. Buurtbatterijen die worden aangesloten op een middenspanningsring kunnen nu al wel deelnemen aan congestiemanagement.

⁸ Moment van schrijven is november 2023.