

# E-Par haalbaarheidstudie

EV-laden en maximalisatie van zon-PV op locaties met kleinzakelijke aansluitingen



## E-Par



een project van :



in samenwerking met :



Versie : openbaar eindrapport  
Uitgave : E-comaker, oktober 2019

Dit project is mede mogelijk gemaakt door een Topsector Energiesubsidie van het Ministerie van Economische Zaken onder projectnummer TESN118028

Het kopiëren en verspreiden of publiceren van (onderdelen van) dit rapport is toegestaan mits sprake is van bronvermelding. E-comaker aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele onjuistheden of onvolledigheden in de inhoud.

## Inhoud

1. Inleiding .....	3
1.1 Aanleiding.....	3
1.2 Doel en vraagstelling.....	3
1.3 Samenwerkingsverband voor de studie .....	4
2. Het energieconcept en de waardeketen .....	6
2.1 Technische parameters en configuratie van het basisconcept.....	6
2.2 Verdienmodel.....	8
2.3 Flexibiliteit.....	10
3. Maatschappelijke relevantie en marktpotentie .....	13
3.1 Impact EV-mobiliteit en zon-PV op de lokale netten.....	13
3.2 De business case voor maximalisatie van zon-PV .....	14
3.3. Herhaalpotentieel en CO <sub>2</sub> -emissiereductie .....	15
4. Evaluatie en vervolgstappen.....	16
4.1 Technisch-economische evaluatie .....	16
4.2 Stappen naar implementatie.....	18
5. Samenvatting en conclusies .....	19

## 1. Inleiding

### 1.1 Aanleiding

In de afgelopen jaren hebben E-comaker en Dr Ten verkenningen gedaan naar de optimale integratie van de milieuvriendelijke zeezoutbatterij, intelligente omvormertechnologie en grid/solar-technologie op de Nederlandse markt. De focus lag op het identificeren van potentiële business cases voor de zeezoutbatterij in energieconcepten voor woningen en (kleinzakelijke) utiliteit.

Twee probleemstellingen kwamen daarbij bovendien:

- de toenemende behoefte aan laadpunten voor elektrische voertuigen op plaatsen waar bezoekers kortere of langere tijd verblijven en de bestaande aansluiting (en energievraagfuncties) slechts beperkt laadvermogen toestaat;
- de onzekere business case voor zon-PV op kleinzakelijke aansluitingen met een relatief hoog (en in gasloze energiescenario's stijgend) elektriciteitsverbruik, gelet op het lage gemiddelde energiebelastingtarief en de afbouw van saldering<sup>1</sup>.

Tegenover deze probleemstellingen staan maatschappelijke opgaven rond maximale benutting van plaatsingsmogelijkheden voor zon-PV in de gebouwde omgeving, ontwikkeling van een fijnmazige EV-laadinfrastructuur en optimaal gebruik van bestaande elektriciteitsnetten –in de context van steeds grotere belasting van de regionale elektriciteitsnetten ook op laagspanningsniveau (congestie, gelijktijdigheid).

In de loop van de verkenningen diende zich een interessante casus aan met Boerderij 't Paradijs. Dit is een zorgboerderij met een volwaardig agrarisch bedrijf (leghennen met uitloop, tuinderij) die op gebied van energie een aantal slagen richting energieneutraal wil maken. Hoewel relatief veel oppervlak voor uitbreiding van zon-PV beschikbaar is vormden netinpassing en stimuleringskader een belemmering voor investeringen. Er ontstond behoefte aan een totaalconcept met afstemming van vraag en aanbod binnen de bestaande aansluiting. En ook voor Boerderij 't Paradijs is EV-mobiliteit – van medewerkers, bezoekers, bedrijfsvoertuigen van ketenpartners en recreanten in de bosrijke omgeving – een relevante ontwikkeling.

De casus vormde de directe aanleiding voor onderzoek naar een duurzaam en bedrijfsmatig rationeel energiesysteem op locatie –gericht op kleinzakelijke verbruikers (aansluitingen t/m 3x80A) met veel ruimte voor zon-PV en kansen voor het laden van elektrische voertuigen van bezoekers.

E-Par is de afgekorte titel voor *Haalbaarheidsstudie EV-Laden in 't EnergieParadijs*, refererend aan de casuslocatie maar ook aan de term (net)pariteit - de situatie waarin de binnen de aansluiting gegenereerde elektriciteit dezelfde of lagere kostprijs heeft als elektriciteit van het net.

### 1.2 Doel en vraagstelling

Deze studie heeft als doel om de technisch-economische haalbaarheid van het E-Par concept vast te stellen, waaronder de kaders voor experimentele ontwikkeling in een vervolgproject. Inzet van E-Par is

---

<sup>1</sup> Hierop is voorafgaand aan de start van deze studie geanticipeerd. Gedurende de uitvoering is de afbouw van saldering naar nul in 2030 bekend gemaakt.

maximale rendabele toepassing van zon-PV in combinatie met EV-laden op locaties van kleinzakelijke producenten/verbruikers (3x80A) waar anders de aansluitcapaciteit een beperkende factor is c.q. verzwaring naar een grootverbruikersaansluiting noodzakelijk zou zijn. Geëvalueerd wordt of de oplossing in de basis kan bestaan uit een relatief eenvoudig, schaalbaar, systeem met een omvormer/lader/controller-module en een optimaal gestuurde (zeezout)batterijmodule.

Het consortium wil inzicht verkrijgen in de technische toereikendheid van de systeemcomponenten, de vereiste data-infrastructuur en de economische meerwaarde van het concept. Onderzoeksvragen zijn:

- Voldoet de zeezoutbatterij van Dr Ten als opslagmodule in dit concept?
- Biedt de combinatie van de zeezoutbatterij met een *off-the-shelf* omvormer/lader/controller voldoende sturingsmogelijkheden?
- Is aannemelijk dat implementatie van E-Par tot een betere investeringspropositie voor (meer) zon-PV op bepaalde kleinzakelijke locaties leidt?
- Heeft het concept meerwaarde voor het aanbieden van flexibiliteit en/of energiemangement op locatie en welke (aanvullende) systeemeisen gaan daarmee gepaard?
- Wat is de omvang van de te leveren producten en diensten bij implementatie van E-Par?

Het project sluit aan bij de programmalijn Urban Energy van de topsector Energiestudies, voor de ontwikkeling van energieregelsystemen en -diensten, met onder andere inzet van opslag, voor het optimaliseren van opwekking, opslag en gebruik.

### 1.3 Samenwerkingsverband voor de studie

Het projectconsortium voor deze haalbaarheidstudie bestaat uit de volgende partners.

#### **Belpa** (Harderwijk)

Belpa heeft zich als producent en leverancier van componenten als transformatoren, voedingen en DC/AC-omvormers ontwikkeld tot een vooraanstaand bedrijf op het gebied van totaaloplossingen binnen het segment "energievoorziening binnen de elektrotechniek". Het bedrijf wil ook actief zijn in de markt van duurzame energie(opslag)systemen en heeft in de afgelopen jaren enkele *off grid* oplossingen ontwikkeld waarin zon-PV, kleine windturbines, een omvormer/lader en batterij-opslag zijn geïntegreerd. Belpa heeft 'in huis' ontwikkel- en testfaciliteiten voor experimentele ontwikkeling en integratie van systeemcomponenten.

#### **Dr Ten** (Wezep)

Dr Ten is actief in product- en procesinnovatie binnen de markten sport, voeding, energie, water en chemie. Het bedrijf heeft de zeezoutbatterij ontwikkeld: een batterij met zeezout en koolstof als belangrijkste en schone en goedkope componenten. De batterij is geschikt voor stationaire opslagtoepassingen en kan volledig worden ontladen. Dr Ten team werkt aan massaproductie(technologie) en is met 'custom made' demobatterijen actief met toepassingen in specifieke marktsegmenten. De Nederlandse markt is uitdagend omdat hoge eisen aan kosteneffectiviteit van energieconcepten met batterij-opslag worden gesteld. De markt van *EV-mobility* en laadpaalinfrastructuur biedt goede implementatiekansen voor een zeezoutbatterijmodule en herhalingspotentieel ook in internationaal perspectief.

#### **E-comaker** (Arnhem)

E-comaker is actief in consultancy, conceptontwikkeling en business development op het vlak van energie, (circulaire) grondstoffen en voedsel. Het bedrijf was in de afgelopen jaren betrokken bij diverse haalbaarheidstudies en lokale energie-oplossingen, zoals *PowerIQ* (eilandbedrijf met zon-PV en een *redox-flow*batterij), *Power-to-Gas-to-Protein* (conversie van overschotten zon-PV op agrarische

bedrijven naar waterstof en *single cell protein*) en de routekaart voor een energieneutrale Boerderij 't Paradijs. Ook heeft het bedrijf ervaring met het management van innovatieve start-ups. E-comaker is initiator van E-Par met het oog op de maatschappelijke behoefte aan praktische lokale energieconcepten en regelstrategieën die optimaal gebruikmaken van bestaande energie-infrastructuur.

**Leertouwer** (Barneveld)

Leertouwer is een veelzijdige technische dienstverlener in elektrotechniek, klimaat en ICT. Het bedrijf realiseert functionele, doordachte en toekomstvaste installaties in de markten wonen, werken, zorg en industrie. Leertouwer levert een groot aantal producten en diensten die relevant zijn voor een duurzame gebouw- of locatiegebonden energiehuishouding van klanten, waaronder zon-PV-systemen, EV-laadoplossingen, *power quality* en LED-verlichting maar ook merkonafhankelijke en gebruiksvriendelijke domotica-oplossingen. Daarmee heeft Leertouwer een aantal troeven in handen als systeemintegrator en contractor van slimme totaalconcepten zoals E-Par waarin data-infrastructuur een belangrijke rol speelt.

## 2. Het energieconcept en de waardeketen

### 2.1 Technische parameters en configuratie van het basisconcept

In deze paragraaf bespreken we een aantal ontwerpuitgangspunten voor het E-Par concept. Die vloeien vooral voort uit economische afwegingen (de business case voor de gebruiker met een 3x80A aansluiting) en secundair uit specificaties en werklimieten van beoogde of optionele hoofdcomponenten.

#### **A. Vermogen van de laadpaal**

Het batterijpakket van de laatste generaties EV heeft al snel een capaciteit voor 40-50 kWh - *long range* modellen buiten beschouwing latend. Stel dat een gemiddelde bezoeker op een semi-publiek laadpunt minimaal een uur beschikbaar heeft voor het laden van zijn/haar EV, dan kan 22 kW laadvermogen voorzien in circa 50% van het maximale bereik. Dit lijkt een zinvolle propositie op een locatie waar de EV-rijder toch al moest zijn. Afhankelijk van het bezoekersprofiel en de voorkeur van de locatie-eigenaar c.q. aanbieder van het semipublieke laadpunt, is het een goede optie om een laadpaal met twee *sockets* en *load balancing* tot een gezamenlijk maximum van 22 kW te kiezen. Méér laadpunten/laadvermogen aanbieden op locaties met bestaande 3x80A aansluitingen (maximaal 55 kW) en energievraagfuncties zal in de meeste gevallen geen praktisch of economisch voordeel bieden.

#### **B. Vermogen van de omvormer/lader**

Uitgangspunt voor E-Par is toepassing van een bestaande omvormer/lader ('hybride omvormer') die drie functies combineert: (i) DC-AC omvorming van zon-PV naar last, (ii) gecontroleerd DC-DC laden van zon-PV naar batterij en (iii) DC-AC ontladen van batterij naar last (en vice versa AC-DC laden vanuit de 'huisinstallatie' naar batterij). Het omvormervermogen is daarmee een belangrijke parameter voor de dimensionering van andere hoofdcomponenten in het concept. De keuze is niet onbepert want afhankelijk van het aanbod van hybride omvormers in de markt. Verder speelt in de afweging een rol in hoeverre dit geïntegreerde product vermogensbijdragen van de gekoppelde PV-panelen en batterij kan opplussen uit andere bronnen (andere PV-modules op de aansluiting of het net) om maximaal aan de vraag aan de laadpaal te kunnen voldoen.

Voor een E-Par basisconcept hebben we gekozen voor een product met 10 kW AC-output van de omvormer en een totale AC output (omvormer + 'huisinstallatie'/net) van > 22 kW. Op de omvormer kan maximaal 15 kW<sub>p</sub> zon-PV worden aangesloten. Zie ook figuur 1 verderop.

#### **C. Piekvermogen en opslagcapaciteit van de batterij**

Gelet op de voorgaande keuze is het, voor het doel van E-Par, logisch de batterij zo te configureren dat deze via de omvormer circa 10 kW vermogen kan leveren. In het geval van de zeezoutbatterij gebeurt dat met een voor de regelstrategie prettige want relatief vlakke ontladkarakteristiek. De keuze van de opslagcapaciteit is op voorhand lastiger want mede afhankelijk van – en mede bepalend voor – de business case van de laadpaalexploitant/kleinzakelijke aansluiting. Meer opslagcapaciteit betekent immers hogere CAPEX. Grijpen we terug op de eerder aangenomen laadsessie van (minimaal) 1 uur dan is het voor het maximaal beschikbaar stellen van vermogen aan de laadsockets wenselijk dat de batterij ook 1 uur maximaal kan bijdragen. Dit leidt dan tot een 10 kW / 10+ kWh batterijconfiguratie oftewel een zeezoutbatterij die ten hoogste in het 1C-bereik werkt.

#### D. Piekvermogen zon-PV

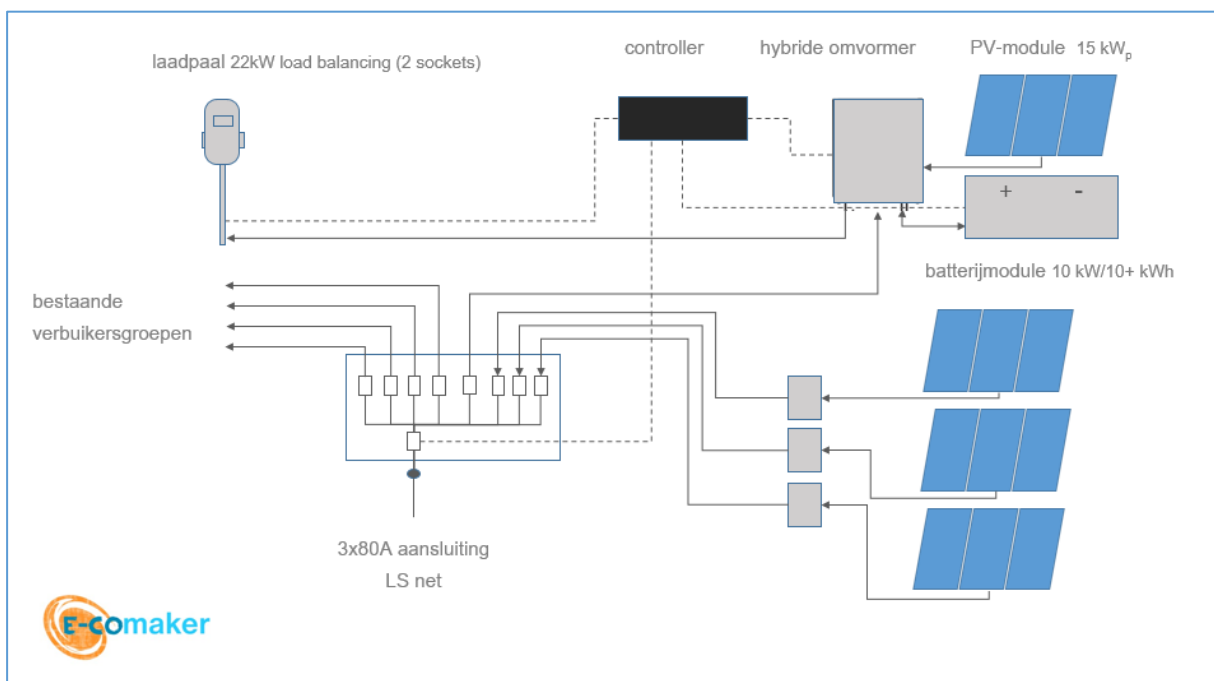
Een 3x80A aansluiting kan, zonder verdere voorzieningen voor getrapt afschakelen van omvormers, een zon-PV-systeem tot 55 kW AC output<sup>2</sup> absorberen. Gesteld dat de locatie voldoende plaatsingsoppervlakken voor zon-PV-modules biedt, is het vervolgens een kwestie van locatiespecifiek optimaliseren welke mate van aftopping op zijn plaats is; hier houden we als indicatieve dimensionering voor het systeem 70 kW<sub>p</sub> / 55 kW AC output aan. Daarbij komt nog het direct aan de E-Par vermogenselektronica gekoppelde systeem van 15 kW<sub>p</sub> / 10 kW AC dat primair dienstbaar is aan de laadpaal en de batterij en waarvan de afschakelbaarheid is geregeld. Het totale vermogen van dit indicatieve 'basissysteem' voor maximalisatie van zon-PV op de aansluiting is dus 85 kW<sub>p</sub> / 65 kW AC output. Een aandachtspunt in een bestaande situatie is wel dat de hoofdverdeler in de groepenkast mogelijk vervangen moet worden omdat de maximale stroom binnen de installatie groter is dan de aansluitwaarde.

#### E. Controller

Hybride omvormers voor management van zon-PV, batterij en stroom van het net bieden uiteraard een in meer of mindere mate door de installateur en gebruiker te programmeren controllerfunctie. Voor het E-Par concept levert afhankelijkheid van deze (merkgebonden) controllerfunctie te grote beperkingen op –ook met het oog op eventuele flexibiliteitsopties en bredere inzetbaarheid van een controller voor energiemangement op locatie (zie 2.3). Het concept introduceert daarom een afzonderlijke *Programmable Logic Controller (PLC)* met I/O-modules voor de implementatie van de E-Par regelstrategie en *parameter control* van de hybride omvormer.

#### F. Conceptdefinitie

De boven besproken parameterkeuzes leiden tot de globale systeemconfiguratie van figuur 1. De E-Par controller en laadpaal zijn voor communicatie op afstand aangesloten op een modem. Hiermee wordt voorzien in onder andere monitoring/datalogging, verwerking van (zon-PV) *forecaster* data in een 24-uurs regelstrategie en transactie-afhandeling van laadsessies.



Figuur 1: E-Par basisconcept met optionele aanvullende PV-systemen.

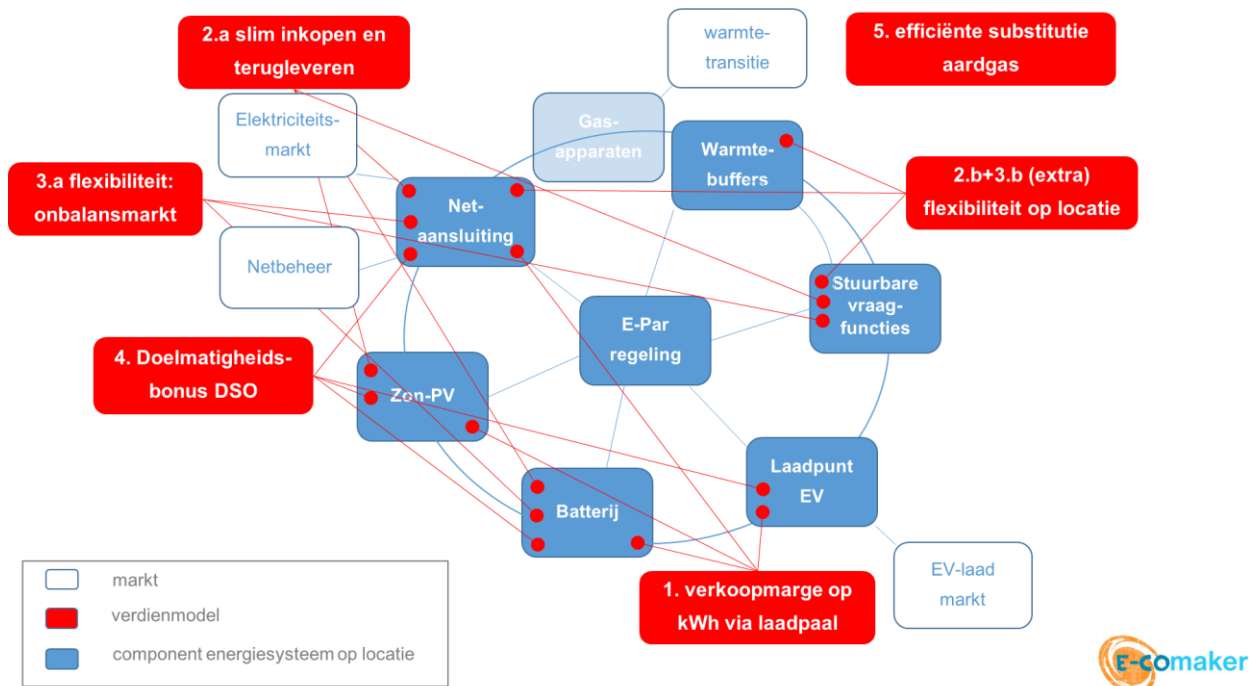
<sup>2</sup> Gelijk over de 3 fasen te verdelen.

Voor die regelstrategie hebben we in eerste aanleg de volgende doelen (in hiërarchische volgorde) vastgesteld:

1. veilige en ononderbroken werking van de elektrische installatie achter de meter (vermogenslimitering);
2. maximaal tegemoetkomen aan de vraag van EV-gebruikers tijdens bezoekersuren (verdienmodel EV-laden);
3. efficiëntie bij keuze van stroombronnen en opslag op elk moment (prioritering bronnen).

## 2.2 Verdienmodel

In onderstaande figuur zijn (potentiële) verdienmodellen voor het concept in de energiewaardeketen aangegeven. E-Par is ingebed in het energiesysteem op locatie en kan ten opzichte van het basisconcept worden uitgebreid om ook andere energiefuncties te sturen. De E-Par controller neemt daarin de centrale plaats in.



Figuur 2: E-Par concept in de energiewaardeketen

### 1. Exploitatie van de semi-publieke EV-laadfaciliteit

De laadpaal in het E-Par concept is een semi-publieke laadfaciliteit. De geleverde elektriciteit is afkomstig uit de elektrische installatie van de locatie-exploitant ('achter de meter' vanuit het net bezien) en de laadpaal staat normaal gesproken op eigen terrein. Een *back-office* abonnement met een landelijke *Charge Point Operator* (CPO) voorziet, tegen een vaste maandelijkse fee en een opslag per kWh, in de beheersmatige kant van de laadpaalexplotatie en met name de transactie-afhandeling met laadpasaanbieders (*Mobility Service Providers*, MSP). De locatie-exploitant blijft zelf eigenaar van de



laadpaal en heeft volledige controle over de tariefstelling<sup>3</sup>. De CPO betaalt het kWh-tarief aan de laadpaal minus de opslag uit aan de exploitant.

Voor het door de CPO aan de MSP berekende tarief *inclusief BTW* gelden de volgende tariefindicaties:

- Publieke laadpunten, normaal tarief (AC tot 22 kW) : € 0,34/kWh
- Ondergrens (semi-)publieke laadpunten (korting MRA-e) : € 0,28/kWh<sup>4</sup>
- Ondergrens snelladen (DC en AC > 22 kW) : € 0,59/kWh

Voor het doel van de haalbaarheidsstudie gaan we uit van een tariefbandbreedte van € 0,28 - € 0,33 per kWh (€ 0,23 - € 0,27 per kWh *exclusief Btw*) ná aftrek van de CPO opslag. Afhankelijk van de locatie en het type EV-bezoeker kan echter worden beargumenteerd dat de laadpaal concurreert met snellaadstations op doorgaande routes en kan dus rek in de tariefstelling aanwezig zijn.

## **2. Peak shaving van zon-PV-productie en inkopen tijdens daluren**

Met de batterij, eventueel afregelbaar laadpaalvermogen en optionele andere stuurbare vraagfuncties zoals een warmtapwaterboiler met buffervat, kan de E-Par regelstrategie inspelen op tijdafhankelijke tarieven in de elektriciteitsmarkt.

Met de afbouw van de salderingsregeling tussen 2023 en 2030 is een stevige prijsprikkel voor *peak shaving* en zelfs het minimaliseren van teruglevering met zon-PV in de toekomst geïntroduceerd. Een indicatie voor de marktwaarde van een teruggeleverde kWh zon-PV is het correctiebedrag in het kader van de SDE+: die ligt momenteel rond de € 0,04 en dus fors onder de kostprijs van zon-PV-installaties met een omvang van circa 50 kW<sub>p</sub>. De mate waarin E-Par teruglevering kan voorkomen is daarom een belangrijk haalbaarheidsaspect voor het concept waarin maximalisatie van zon-PV op de locatie uitgangspunt is.

De mogelijkheden van E-Par voor het verschuiven van de afname van elektriciteit naar gunstige tijdstippen sluiten goed aan bij de 24-uursprofielen voor tijdafhankelijke tarieven zoals die vooral in de *day-ahead*markt worden vastgelegd. De regelstrategie van E-Par opereert in essentie in een 24-uursritme in verband met de vraag van EV-gebruikers overdag.

## **3. Flexibiliteit**

Hier onderscheiden we flexibiliteit op de markt voor regelvermogen (met programma-verantwoordelijken / aggregators en TenneT als ketenpartijen) en opties voor vraagsturing op de locatie waarmee extra mogelijkheden voor verschuiving van de elektriciteitsvraag (zie voorgaande punt) ontstaan. In de volgende paragraaf staan we afzonderlijk en uitgebreid stil bij deze potentiële aanvullende verdienmodellen.

## **4. Incentive voor efficiënt gebruik van de netinfrastructuur?**

In vergelijking met de situatie dat het zon-PV-vermogen en de laadpaal op de locatie op afzonderlijke aansluitingen zouden zitten of hiervoor zelfs nieuwe aansluitingen zouden zijn gerealiseerd, maakt het geïntegreerde systeem efficiënter gebruik van de (bestaande) netinfrastructuur en wordt het leggen van nieuwe kabels voorkomen. De regionale netbeheerders bieden echter nog geen *incentive* voor efficiencyverhogende installaties. Zie ook de discussie in paragraaf 3.1.

## **5. “Aardgasloos ready”**

Omdat aardgasdistributie naar gebouwen in de komende decennia verdwijnt zal substitutie van aardgasapparaten door elektrische warmtepompen en bijbehorende systemen steeds vaker aan de orde zijn. Dit vergroot de druk op verzwaring van aansluitingen en netten – zeker bij gelijktijdige

---

<sup>3</sup> Met uitzondering van de kosten die de laadpasaanbieders, de *Mobility Service Providers*, aan hun EV-klienten doorberekenen.

<sup>4</sup> Enkele laadpuntexploitanten bieden kWh-tarieven van € 0,21 á € 0,22 maar er lijkt op dit moment geen sprake van een landelijk dekkend netwerk van dergelijke goedkope aanbieders.

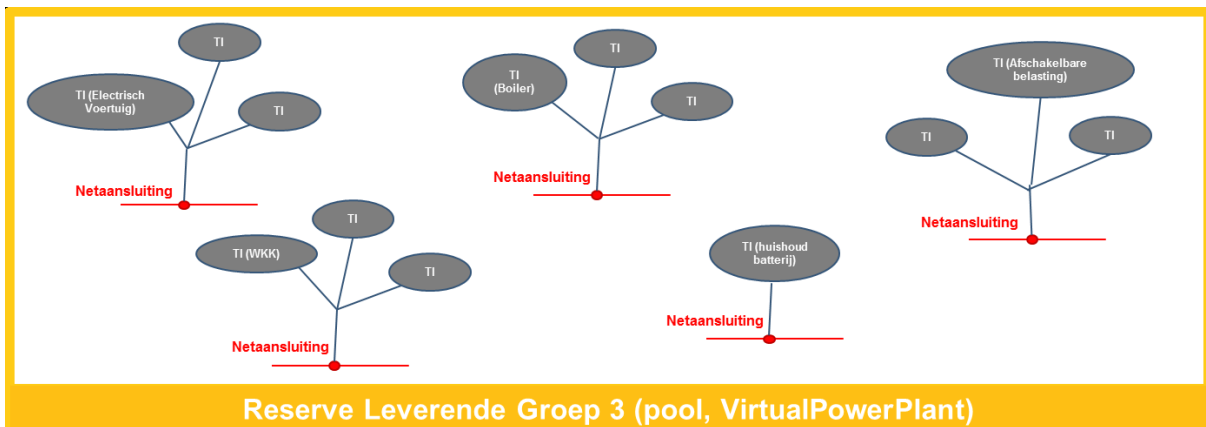
doorgroei van het aantal EV-laadpunten. Met E-Par geïmplementeerd op een kleinverbruikersaansluiting is de infrastructuur op locatie aanwezig om de totale vermogensvraag over de dag uit te smeren. Vooral wanneer verzwaring naar een grootverbruikaansluiting wordt voorkomen levert dit een aanzienlijke (meer)kostenbesparing op.

## 2.3 Flexibiliteit

### Regelvermogen en onbalansmarkt

Er zijn twee regelmarkten die in potentie relevant kunnen worden voor het E-Par concept c.q. inzet van de batterij en andere stuurbare apparaten in het concept: die voor (i) de *Frequency Containment Reserve* of primaire reserve en (ii) de onbalansmarkt –hetzij in directe relatie met een programmaverantwoordelijke / portfoliohouder hetzij via deelname in de biedingen voor de *Frequency Restoration Reserve* of secundaire reserve.

Eenheden die deelnemen in de primaire reserve moeten binnen 30 seconden het met TenneT vastgelegde vermogen kunnen leveren en voor maximaal 15 minuten aan één stuk beschikbaar zijn. Sinds een aantal jaren wordt eraan gewerkt om de toegang voor decentraal vermogen tot deze regelmarkt te verbeteren. Zo kunnen relatief kleine ‘technische installaties’ als batterijen en afschakelbare apparaten, verdeeld over meerdere aansluitingen, onderdeel zijn van een *virtual power plant* als Reserve Leverende Groep (RLG) in beheer van een aggregator (zie onderstaande figuur). De minimum omvang van zo’n reserve leverende groep moet 1 MW zijn.



Figuur 3: Diversiteit in Technische Installaties in een bijzondere Reserve Leverende Groep (bron: *Handboek FCR voor BSPs - Eisen en procedures voor FCR-levering*, TenneT, 15 maart 2019)

Deelname aan de primaire reserve zou in enige mate concurreren met het prioritaire doel van beschikbaarheid van vermogen voor de laadpaal in het E-Par concept maar kan flexibel worden ingevuld binnen een RLG (van dag tot dag, met zwaartepunten in bepaalde maanden). De capaciteitsvergoeding, die rond € 2.500-4.000 per week (voor 1 MW) ligt, maakt de primaire reserve een interessante aanvullende optie. Daar staan wel de nodige technisch-organisatorische eisen en complexiteit tegenover, zoals op vlak van vermogensmeting, communicatie van setpoints/sturingssignalen en in het geval van batterijen ook aanvullende specificaties die TenneT in een prekwalificatietoets beoordeelt. Afgezet tegen de beperkte apparaatvermogens binnen het E-Par concept maakt dit dat we deze flexibiliteitsoptie pas op termijn en met een *track record* van tientallen operationele systemen concreet zien worden.

De secundaire reserve die TenneT nodig heeft voor op- of afregelen van vermogen, kan deels via korte-termijn-biedingen uit de markt worden vastgelegd; de vergoeding is in dat geval een leveringsvergoeding voor daadwerkelijk geleverd volume (onbalansprijs per MWh). Qua technisch-organisatorische vereisten zijn er veel overeenkomsten met de primaire reserve maar de drempel voor deelname van kleinere eenheden is groter en de omzet onzekerder. Logischer is dan ook om te verkennen of een portfolio van E-Par-systemen/locaties samen met andere eenheden kan opgaan in de 'onbalans toolbox' van een programmaverantwoordelijke handelspartij.

### **Flexibiliteit op locatie: vraagsturing en buffering van koude of warmte**

Door warmte en koude bij het energiesysteem te betrekken vergroten we de scope van flexibiliteit als verdienmodel. Deze 'demand response' flexibiliteit dient één of meerdere van de volgende drie doelen:

1. 'Absorberen' van momentane overschotten zon-PV in verband met een te lage marktwaarde van teruggeleverde kWh op zonnrijke uren –of congestie op het lokale net;
2. *Peak shaving* van de elektriciteitsvraag voor warmte/koude-opwekking (vanwege concurrentie om vermogen met EV-laden en andere verbruiksfuncties en/of vanwege ongunstige inkoop tarieven tijdens piekuren);
3. Inkopen tegen gunstige tarieven op momenten gedicteerd door de elektriciteitsmarkt.

Flexibiliteit wordt verkregen door (beperkt) afschakelen maar vooral verschuiven van vermogensvraag gecombineerd met buffering van warmte of koude. Bij potentiële gebruikers van E-Par zien wij geen of nauwelijks behoefte aan proceswarmte of -koude. We zoomen daarom in op de vraagfuncties warmtapwaterbereiding, ruimteverwarming en ruimtekoeling.

Onze verkenning op het vlak van ruimtekoeling levert de volgende inzichten op:

- Ruimtekoeling is zeker in de utiliteit een gangbare vraagfunctie waarvan het belang, gelet op de trend in het Nederlandse klimaat, alleen maar toeneemt. Bovendien is de elektrische warmtepomp, in wat voor vorm dan ook, de standaard als *building block* voor koelapparatuur.
- Een voor het E-Par-concept relevante koudebuffer zou een opslagcapaciteit in de orde van 50-100 kWh (aan koude, niet elektriciteit!) moeten hebben. Koud water als opslagmedium is dan te volumineus. *Ice thermal storage* is een bewezen techniek in de utiliteit wereldwijd –vooral daar waar gebruikers van airconditioningsystemen te maken hebben met hoge tarieven voor piekafname van elektriciteit.
- Aan de hand van 24-uursprofielen voor het zomerseizoen, waarin we schuiven met de koudeproductie met het oog op de gestelde flexibiliteitsdoelen, komt het absorberen van overschot zon-PV als meest interessante match naar voren.
- Inzet van ijs-opslag als vraagsturingsooplossing vergt een investering in (i) de ijs-opslag zelf, (ii) extra koelmachinevermogen en (iii) bijpassende regeling (communicatie tussen E-Par controller en regeling koelsysteem).

De warmtevraag voor ruimteverwarming doet zich in de koude seizoenen voor terwijl de warmtevraag voor warmtapwater meer constant is gedurende het jaar. Beide warmtefuncties zijn relevant voor de hierboven gestelde flexibiliteitsdoelen 2 en 3. De mogelijkheid van absorberen van een overschot zon-PV (in de maanden met de meeste zonuren) is bij ruimteverwarming echter niet aan de orde. We hebben daarom een verdiepingsslag gemaakt voor warmtapwaterbereiding als flexibele warmtevraagfunctie:

- Voorwaarde is de beschikbaarheid van een (elektrische-)warmtepompconcept voor warmtapwaterbereiding aangevuld met elektrische naverwarming. NB Op locaties met een bestaande aardgasaansluiting is omschakeling naar elektriciteit voor warmtapwaterbereiding makkelijker (en kosteneffectief) te realiseren dan voor ruimteverwarming.
- Uitgangspunt is dat vrijwel continu gedurende het etmaal water op basislast wordt verwarmd en in een boiler/opslagvat gebufferd en dat gedurende kortere perioden extra (naverwarmings)vermogen wordt ingezet om bijvoorbeeld aan piekvraag in de ochtend en avond

te kunnen voldoen. Door een dergelijk warmtapwaterconcept met een groter buffervat uit te rusten en/of hogere buffertemperaturen te hanteren ontstaat meer flexibiliteit. Deze functionaliteit van een buffervat bestaat ook los van het al dan niet implementeren van E-Par.

Rekenvoorbeeld

*Een buffervat van 1000 liter dat door een efficiënte warmtepompboiler wordt gevoed met water van 50-55° C kan met 6 kW aan naverwarmingsvermogen gedurende 5 uur verder worden verwarmd tot 75-80° C. Hiermee absorbeert het buffervat dus 30 kWh extra aan elektriciteit en extra warmteopslag voor circa 7 douchebeurten –relevant voor bijvoorbeeld een klein hotel-restaurant dat de vermogenspiek in de avond wil verkleinen en zon-PV-productie midden op de dag niet wil terugleveren.*

- In vergelijking met de warmtepompboiler (voor basislast warmtapwaterbereiding bij een laag elektrisch vermogen) is directe elektrische (na)verwarming niet efficiënt. Uitgaande van een kostprijs van € 0,11 per kWh elektriciteit is een gemiddelde COP = 1,5 van het warmtapwatersysteem wel voldoende om niet duurder uit te zijn dan verwarming met aardgas . Dat lijkt goed haalbaar met een warmtepomp voor (overwegend) basislast en elektrische naverwarming.
- De vereiste meerinvestering in (een) (extra) buffervat(capaciteit) en (extra) naverwarming(spiraal) is beperkt.

In de eindafweging komt warmtapwaterbereiding naar voren als de vraagfunctie waarmee tamelijk laagdrempelig aanvullende flexibiliteit voor het E-Par concept te realiseren valt. IJs-opslag voor ruimtekoeling komt onder Nederlandse omstandigheden, vanwege de meerinvesteringen en aangenomen seizoensgebonden benutting, minder snel in aanmerking.

Uiteraard moet wel voldoende warmtapwatervraag aanwezig zijn op een potentiële locatie. Verder zijn er locatiespecifieke omstandigheden denkbaar waarin andere rendabele maatwerkoplossingen voor flexibiliteit kansrijk zijn.

Implementatie van deze flexibiliteitsoptie vereist afbakening/selectie van geschikte (stuurbare) warmtapwaterapparaten, aanvullende datalinks vanaf E-Par controller en bijbehorende regels.

### 3. Maatschappelijke relevantie en marktpotentie

#### 3.1 Impact EV-mobiliteit en zon-PV op de lokale netten

In de ambities van het Klimaatakkoord is onder andere opgenomen dat vanaf 2030 alleen nog emissievrije, dat wil zeggen elektrisch aangedreven, personenauto's te koop zijn. De laadinfrastructuur moet tegen die tijd circa 1,8 miljoen (semi-)publieke en private laadpalen omvatten<sup>5</sup>. Veel van de private en een deel van de semi-publieke laadpalen zal bij kleinverbruikaansluitingen worden gerealiseerd. Nu al treedt een aanzienlijke stijging van het aantal verzoeken voor verzwaaring van kleinverbruikaansluitingen op als gevolg van de installatie van laadpalen en/of warmtepompen en zonnepanelen.

Als het gaat om de uitdagingen voor de netinfrastructuur is in de actualiteit vaak de aandacht voor de hoogspannings- en middenspanningsnetten, en de aansluiting van grootschalige zonneparken, windparken of nieuwe grote stroomverbruikers (zoals datacenters) daarop. Investeringskosten die nodig zijn in de laagspanningsnetten en MS/LS-transformatoren blijven wat onbelicht maar zijn relatief (afgezet tegen de piekcapaciteit in transport en distributie) het kostbaarst<sup>6</sup>. Gelet op deze kosten en de schaarste in technische uitvoeringscapaciteit is efficiënte benutting van bestaande LS-netten en aansluitingen van groot belang. EV-laadmanagement binnen de LS-netten/aansluitingen is daarvoor een minimale voorwaarde.

Afwegingen rond de netinpassing van zon-PV liggen genuanceerd. De exponentiële ontwikkeling van, op zichzelf kosteneffectieve, grootschalige 'green field' zonneparken in de afgelopen jaren heeft de netbeheerders verrast. Netinpassing is steeds vaker niet tegen acceptabele kosten of op kortere termijn mogelijk. Deze en andere problematiek van de *green field* zonneparken benadrukt het belang van maximale benutting van plaatsingsmogelijkheden voor zon-PV in de gebouwde omgeving waar een fijnmazige netinfrastructuur én gebundelde vraag aanwezig is. Ook daar komen echter steeds vaker grenzen in zicht, want naast het toenemende aantal congestie-hotspots als gevolg van vraagpieken zien netbeheerders ook problematische situaties met zon-PV-terugleverpieken in het zomerseizoen ontstaan.

In samenhang met de behoefte aan EV-laadmanagement zoals hierboven besproken, is vraag/aanbod-matching zowel binnen aansluitingen als binnen netvakken dus uitermate relevant aan het worden. Hoe de ontwikkeling daarvan precies moet worden gestimuleerd c.q. welke bonus/malus-regelingen de regelgever en de netbeheerders daarvoor gaan introduceren, daarover is nog weinig duidelijk. Simpel afschakelen van hernieuwbaar productievermogen is, afgezien van incidentele korte perioden, onwenselijk.

In deze context heeft een consultatiegesprek over E-Par met Alliander plaatsgevonden. Hieruit komt naar voren dat het concept, in vergelijking met de situatie waarin aansluitingen worden verzwaard om (zonder batterij en geïntegreerde regelstrategie) hetzelfde vermogen aan zon-PV en EV-laadpalen te realiseren, tot minder extreme pieken en een efficiëntere benutting van bestaande kabels leidt. Ook het mogelijk inzetten van flexibiliteit in het concept om problemen in het net te helpen voorkomen is interessant voor de netbeheerder. Dit maakt dat het concept als netvriendelijk wordt gezien hoewel het 'volzetten' van de aansluiting aan zowel de vraag- als aanbodkant wel tot een hogere *load factor* leidt.

---

<sup>5</sup> Zie [www.klimaatakkoord.nl/mobiliteit](http://www.klimaatakkoord.nl/mobiliteit)

<sup>6</sup> In deze analyse is onder andere gebruik gemaakt van *Rijden op duurzame energie – waar gaat het heen?*, presentatie A.J. de Graaf, lector Meet- en Regeltechniek, HAN, mei 2018.

### 3.2 De business case voor maximalisatie van zon-PV

In het E-Par concept is het wenselijk dat zon-PV-vermogen overdag beschikbaar is om EV-laden op hoog vermogen dan wel het herladen van de zeezoutbatterij en soms beide te ondersteunen. Of dat ook betekent dat we het geïnstalleerde zon-PV-vermogen op de aansluiting moeten maximaliseren is afhankelijk van een integrale economische evaluatie (zie ook hoofdstuk 4) waarin het locatiespecifieke vraagprofiel een rol speelt. In deze paragraaf gaan we ervan uit dat maximalisatie van zon-PV inderdaad (maatschappelijk) wenselijk is en kijken we naar de randvoorwaarden voor een gezonde exploitatie van het PV-systeem, uitgaande van de volgende grootheden:

Systeemgrootte : 45 – 85 kW<sub>p</sub> en 35 – 65 kW AC output  
 Kostprijs : € 0,11/kWh over 25 jaar economische levensduur (inclusief vervanging omvormers)

Het verdienmodel van het PV-systeem bestaat uit bijdragen van:

- de interne opbrengst van levering aan de laadpaal (rekening houdend met de kosten van E-Par inclusief verliezen bij batterij-opslag);
- de interne opbrengst van direct verbruik door andere energievraagfuncties op de aansluiting ('vermeden inkooprij');
- de opbrengst van teruglevering aan het net ('terugleververgoeding').

De terugleververgoeding is in een scenario met de huidige salderingsregeling anders dan in een scenario met een terugleversubsidie of een scenario zonder vorm van (teruglever)subsidie. Bovendien is de vermeden inkooprij tamelijk sterk afhankelijk van het absolute elektriciteitsverbruik op de locatie als gevolg van de gestaffelde tarieven van de energiebelasting en Opslag Duurzame Energie. Tijdens de uitvoering van deze studie is bekend geworden dat de salderingsregeling tussen 2023 en 2030 stapsgewijs zal worden afgebouwd en er geen terugleversubsidie zal komen.

Voor de E-Par doelgroep, kleinzakelijke verbruikers met een 3x80A aansluiting en hogere benuttingsgraden van de aansluiting, is het effect van deze afbouw gering omdat investeren in zon-PV toch al niet aantrekkelijk was. Dat blijkt uit het volgende rekenvoorbeeld voor 4 aansluitingen met verschillende energieverbruiken op jaarbasis, waarin ook alvast het effect van een E-Par-systeem is meegenomen.

Normaal tarief inkoop elektriciteit : 0,06 €/kWh  
 Energiebelasting + ODE 2019 : 0,11753 €/kWh voor 0-10.000 kWh  
 : 0,08117 €/kWh voor 10.001-50.000 kWh  
 : 0,02161 €/kWh voor 50.001 - 10 milj. kWh  
 Totale productie zon-PV : 54.000 kWh/jaar  
 Verbruik E-Par laadpaal : 27.000 kWh/jaar (90 kWh/dag, 6 dagen per week, 50 weken/jaar)

	uitgangssituatie		alleen zon-PV			E-Par met zon-PV	
	jaarverbruik [kWh]	gemidd. inkoop-prijs [€/kWh]	jaarverbruik ná salderen [kWh]	gemidd. inkoop-prijs [€/kWh]	vermeden inkooprij zonPV [€/kWh]	jaarverbruik ná salderen [kWh]	gemidd. inkoop-prijs [€/kWh]
verbr.1	60.000	0,137	6.000	0,178	0,133	33.000	0,152
verbr.2	90.000	0,119	36.000	0,151	0,097	63.000	0,135
verbr.3	120.000	0,109	66.000	0,132	0,082	93.000	0,118
verbr.4	150.000	0,104	96.000	0,116	0,082	123.000	0,109

Hieruit blijkt dat, ook met onbeperkte saldering, zon-PV voor kleinzakelijke aansluitingen met een hoge benuttingsgraad van de aansluiting en zonder aanvullend verdienmodel niet rendabel is.

In de toekomstige situatie, waarin teruglevering een negatieve impact op de exploitatie heeft, hebben aansluitingen met een hoog jaarverbruik het voordeel dat dit voor een gegeven PV-systeemgrootte relatief makkelijker te realiseren is. Als het correctiebedrag in het kader van de SDE+ (rond € 0,04 /kWh) een goede indicatie is voor de hoogte van de marktconforme terugleververgoeding in de jaren na 2023, dan ligt die fors onder de kostprijs van zon-PV-installaties van deze omvang. E-Par kan in ieder geval een belangrijke bijdrage leveren aan het voorkomen van een exploitatietekort op een deel van de PV-productie. Het is verder interessant om te zien dat de gebruikers 3 en 4 in het rekenvoorbeeld met toepassing van E-Par een gemiddelde kWh-inkoopprijs realiseren die ongeveer gelijk is aan de kostprijs van zon-PV-kWh.

### 3.3. Herhaalpotentieel en CO<sub>2</sub>-emissiereductie

Er is in de marktverkenning van deze studie een raming gemaakt van het potentiële aantal locaties met gunstige randvoorwaarden voor exploitatie van E-Par in combinatie met zon-PV. Dit betreft kleinzakelijke en non-profitdoelgroepen met 3x80A aansluitingen met veel bezoekers of gasten die minimaal een uur verblijven. Te denken valt aan bepaalde categorieën winkels, hotel-restaurants en kleinere vergadercentra, bepaalde categorieën zorginstellingen, sportfaciliteiten, zwembaden en sauna's. Wij ramen het aantal op 1.500 - 2000 locaties. Onbekend is in welke mate al sprake is van krapte in de aansluiting en hoeveel ruimte voor zon-PV systemen gemiddeld genomen beschikbaar is.

Naast deze primaire doelgroep zijn er enkele aanvullende categorieën kleinzakelijke aansluitingen van belang. In de eerste plaats de 3x80A aansluitingen van bedrijven en instellingen met minder aanloop van bezoekers maar die wel naast of in de directe nabijheid van publiekstrekkingen en/of parkeerterreinen gevestigd zijn. In de tweede plaats moet rekening worden gehouden met categorieën 3x63A aansluitingen waar EV-laden, elektrische warmtepompen en/of andere nieuwe vraagfuncties aanleiding geven voor verzwaring van de aansluiting tot 3x80A.

Het totale herhaalpotentieel ramen we voorlopig op 5.000 aansluitingen.

Gesteld dat de implementatie van E-Par op deze locaties tot investering in en rendabele exploitatie van zon-PV-systemen met een gemiddeld vermogen van 50 kW<sub>p</sub> leidt, kan jaarlijks een CO<sub>2</sub>-emissiereductie van circa 110 kton worden gerealiseerd<sup>7</sup>.

Afgezien van het potentieel in Nederland zijn er in het buitenland goede perspectieven voor E-Par (afgeleide) concept(en), met name daar waar veel zanaanbod is, de netinfrastructuur minder ontwikkeld en teruglevering een probleem is.

---

<sup>7</sup> Bij 220 GWh elektriciteit en een emissiefactor van 0,5 kg CO<sub>2</sub>/kWh door verdringing van grijze stroom.

## 4. Evaluatie en vervolgstappen

### 4.1 Technisch-economische evaluatie

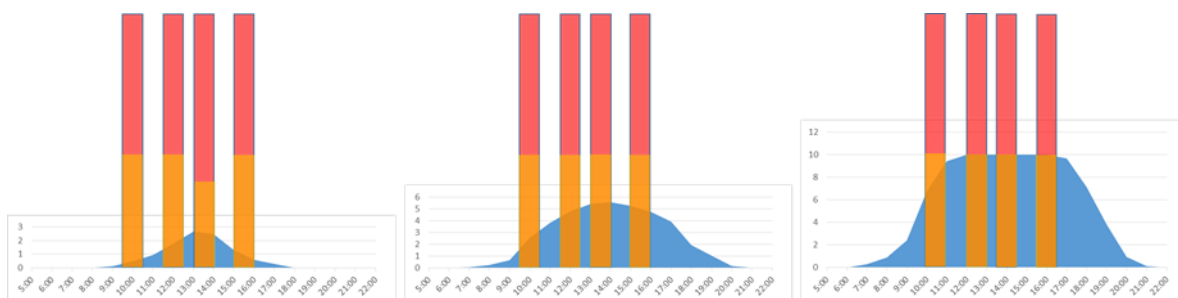
#### Technische ontwikkelvragen en risico's

In deze fase van haalbaarheidstudie bestaan nog de nodige technische ontwikkelvragen op het niveau van componenten en deelsystemen maar er zijn in technisch opzicht geen onaanvaardbare risico's geïdentificeerd. De zeezoutbatterij kan voorzien in de gevraagde batterijprestaties; Dr Ten heeft hiervoor diverse celtesten uitgevoerd. Voor de hybride omvormer en controller zijn off-the-shelf-producten beschikbaar. Communicatie tussen controller en hybride omvormer voor onder andere *parameter control* is mogelijk via standaard datalink protocol. Ontwikkelvragen betreffen onder andere de volgende punten.

- De regelstrategie vereist een betrouwbare waarde voor de *state of (dis)charge* van de batterij c.q. de hoeveelheid energie die de batterij in de komende (ont)laadsessie kan leveren of opnemen. In tegenstelling tot wat veel partijen denken is deze grootte niet zo eenduidig – zeker niet nadat de batterij meerdere (gedeeltelijke) cycli heeft doorlopen zonder tot volledige ontlading te zijn gekomen.
- Op een projectlocatie kunnen zich specifieke omstandigheden voordoen die nopen tot aanpassingen of alternatieve oplossingen in de technische schema's. Met de opname van de bestaande situatie/elektrische installaties van Boerderij 't Paradijs is daar eerste ervaring mee opgedaan. Tijdens de marktimplementatie kunnen nieuwe technische issues tot technische en financiële vervolgrisco's leiden. Het is daarom wenselijk om in de verdere conceptontwikkeling praktijksituaties van meerdere potentiële gebruikers te betrekken.

#### De rol van zon-PV

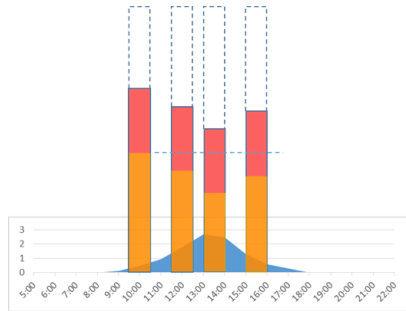
Om inzicht te krijgen in het belang van beschikbaarheid van PV-vermogen voor de exploitatie van E-Par hebben we een analyse gemaakt aan de hand van PV-productieprofielen voor de zomer-, winter- en voor/najaarsituatie en vraagprofielen met laadsessies. De gemiddelde dagproductie van PV-modules varieert over het jaar met een factor 10, met gemiddeld 5 volle zonuren per dag in juni en 0,5 volle zonuren per dag in december, bij een jaargemiddelde van 2,7 volle zonuren per dag. Onderstaande grafieken geven een indruk van de verhouding tussen de productie van de 'E-Par eigen' 15 kW<sub>p</sub> PV-modules (in blauw weergegeven) en de vermogensafname op de laadpaal bij vier gespreide laadsessies van 22 kW gedurende telkens een uur op een decemberdag, een jaargemiddelde dag en een junidag. Het oranje deel van het laadvermogen is afkomstig van de 10 kW AC hybride omvormer (met bijdragen van de PV-modules en de gekoppelde batterij) en het rode deel uit het net. Er blijkt tussen de EV-laadsessies in voldoende ruimte om de batterij naar behoefte op te laden en in de volgende laadsessie weer 10 kW omvormer output te leveren – behalve in de derde laadsessie in de decembersituatie. Voor die laadsessie wordt dan ook meer dan 12 kW vermogen uit het net getrokken terwijl tussentijds 8-9 kW nodig is voor het opladen van de batterij.





Figuur 4: Dagprofiel van het 15 kW<sub>p</sub> PV-systeem en de 22 kW laadpaal in het E-Par basisconcept op drie referentiedagen (december, jaargemiddeld, juni) met vier EV-laadsessies.

In de volgende grafiek is voor dezelfde decembersituatie zichtbaar wat het gevolg is als op enig moment slechts 5 kW uit het net beschikbaar kan worden gesteld in verband met andere vraagfuncties.



Figuur 5: Dagprofiel van het 15 kW<sub>p</sub> PV-systeem en de 22 kW laadpaal in het E-Par basisconcept op een referentiedag in december bij beschikbaarheid van 5 kW via de netaansluiting en vier EV-laadsessies.

In deze situatie kan op geen enkel moment 22 kW aan de laadpaal worden geleverd en daalt het leverbare vermogen zelfs tot bijna de helft in de derde laadsessie. Het tekort neemt toe naarmate de laadsessies dichter op elkaar zitten. Ook op relatief zon-arme dagen in het voor- en najaar kunnen dan regelmatig grotere vermogenstekorten aan de laadpaal optreden, net zoals bij een spreiding van laadsessies met grotere vraag in de vroege ochtend of namiddag.

Paradoxaal genoeg kan uitbreiding van de zon-PV-installaties op de aansluiting juist in de donkere dagen van het jaar het verschil maken voor de beschikbaarheid van laadpaalvermogen. Dit geldt uiteraard alleen indien er sprake is van krapte op de aansluiting, door andere energievraagfuncties, tijdens EV-bezoekersuren. Met deze kanttekening kunnen we stellen dat uitbreiding van zon-PV op de locatie E-Par in staat stelt om EV-laden op 22 kW gedurende een groot deel van het jaar te ondersteunen. Andersom faciliteert E-Par de uitbreiding van zon-PV op de aansluiting voorzover er geen sprake is van een grote zomerdip in het bestaande energievraagprofiel en klandizie voor de semi-publieke laadpaal aanwezig is.

### EV-laden als primair verdienmodel

Eerder hebben we de kostprijs van zon-PV in dit concept op € 0,11/kWh gesteld, de inkoopprijs (inclusief energiebelasting en ODE) van elektriciteit via het net hieraan gelijk gesteld, en een bandbreedte van € 0,23-€ 0,27 exclusief Btw als opbrengst van een via de laadpaal geleverde kWh aangenomen. Uit het verschil moeten de afschrijvings- en operationele kosten van E-Par, de omzettingsverliezen van de batterij en risico's gedekt kunnen worden. Aan de hand van voorlopige CAPEX- en OPEX-calculaties stellen we vast dat klanten op jaarbasis minimaal zo'n 35.000 kWh (bijna 100 kWh of 4,5 'standaard laadsessies' per dag) moeten laden om de terugverdientijd van het concept binnen de 10 jaar te houden. In het voorgaande is dus terecht nadruk gelegd bij het beschikbaar stellen en houden van het maximale laadpaalvermogen gedurende de dag.

Mogelijke winstpunten liggen nog bij:

- (seriematige-)inkoopvoordelen op componenten bij uitrol van het concept;
- kostprijzdaling van de zeezoutbatterij bij grootschalige productie;
- fiscale en subsidiefaciliteiten voor de investering in E-Par zoals EIA;

- het gedeeltelijk afschrijven van de laadpaal als voorziening voor elektrische bedrijfswagens of privévoertuigen van de exploitant buiten bezoekersuren.

In aanvulling hierop lijkt het echter noodzakelijk om een of meerdere van de aanvullende verdienmodellen uit paragraaf 2.2. te concretiseren.

### **Gefaseerde introductie van E-Par**

In deze studie hebben we niet expliciet benoemd wanneer de aansluiting een te grote beperking oplegt aan EV-laden en het gunstige moment voor investering in E-Par op een specifieke locatie aanbreekt. Niet alleen de ontwikkeling van EV-mobiliteit is daarin maatgevend maar ook de ontwikkeling van (andere) elektriciteitsvraagfuncties bij de kleinzakelijke gebruiker zoals bij de omschakeling van aardgasapparaten naar een warmtepompsysteem. Deze factoren bepalen de mate en snelheid waarmee de 'krapte op de aansluiting' gaat ontstaan die aanleiding geeft om E-Par te als investeringspropositie te overwegen. Tot dat moment kan de kleinzakelijke gebruiker met een beperkt maar 'E-Par-ready' systeem bestaande uit een laadpaal, controller en vermogensregeling al wel een start maken op de EV-laadmarkt.

## 4.2 Stappen naar implementatie

Met de resultaten van deze haalbaarheidstudie kan een volgende stap in ontwikkeling en marktintroductie van het concept worden gezet. Voor het samenwerkingsverband bestaat een optimale experimentele ontwikkelingsfase uit een combinatie van:

1. een pilotproject met het volledige E-Par basisconcept op een locatie waar de zon-PV-installatie wordt gemaximeerd tot een piekvermogen in de range 70 – 85 kW;
2. een aantal (demo)locaties waarin ervaring kan worden opgedaan met locatiespecifieke omstandigheden en een groeimodel voor gefaseerde implementatie van E-Par, met in eerste instantie alleen installatie van de laadpaal, zon-PV-systeem en (uitgeklede) controllerfunctie voor vermogensregeling, monitoring & analyse.

Voor 1. wil Dr Ten een eerste systeem met de gespecificeerde batterijconfiguratie in ontwikkeling brengen.

Tot de te adresseren technische en economische aspecten in de experimentele ontwikkeling behoren:

- uitwerking van de regelstrategie, softwarematige implementatie en validatie van *parameter control* vanuit E-Par controller naar de hybride omvormer;
- detaillering en validatie van randapparatuur die nodig is voor betrouwbare en optimale aansturing van batterijmodule en laadpaal (inclusief de rol die het EV-batterijmanagement hierin speelt);
- ontwikkeling van een ontwerp/rekentool voor locatiespecifieke configuraties en exploitatieprognoses van E-Par en zon-PV (uitbreidingen) en bedrijfseconomische omslagpunten;
- een model voor het inschatten van (toekomstig) gebruik van een semi-publieke laadpaal op een specifieke locatie.

Voor de benodigde financiering van de vervolgfase maken we een onderscheid tussen (i) het onderzoek- en ontwikkelingsproject in engeren zin en (ii) de investering in deelsystemen op de locaties, namelijk de zon-PV-installatie en de laadpaal, die, onafhankelijk en na afloop van de experimentele ontwikkeling, in meer of mindere mate marktconform te exploiteren zijn.

## 5. Samenvatting en conclusies

De inzet met het E-Par-concept is om semi-publiek EV-laden op relatief hoog vermogen mogelijk te maken op locaties met kleinzakelijke aansluitingen van 3x80A (55 kW) en dit te combineren met maximale rendabele toepassing van zon-PV. Zonder een geïntegreerde oplossing zou hier de aansluitcapaciteit snel een beperkende factor worden c.q. verzwarende naar een grootverbruikersaansluiting noodzakelijk zijn om dezelfde vermogens te kunnen verwerken.

E-Par is in de basis een relatief eenvoudig en qua PV-vermogen schaalbaar systeem met een hybride omvormer, (zeezout)batterijmodule en controller. In de gekozen basisconfiguratie bestaat het systeem uit:

- 22 kW laadunit met 2 laadpunten en *load balancing*;
- hybride omvormer met 10 kW AC output voor aansluiting van
- 15 kW<sub>p</sub> zon-PV-systeem en
- 10 kW / 10+ kWh zeezoutbatterijmodule;
- *Programmable Logic Controller* en
- randapparatuur zoals diverse meters, datalinks en modem.

Op de aansluiting kunnen verder aanvullende PV-installaties met bijbehorende omvormers worden aangesloten tot een maximum van circa 85 kW<sub>p</sub> in totaal<sup>8</sup> voorzover daarvoor geschikt oppervlak aanwezig is.

Exploitatie van de EV-laadfaciliteit is het primaire beoogde verdienmodel op kleinzakelijke locaties met veel bezoekers. Aanvullende potentiële verdienmodellen van E-Par hebben betrekking op:

- verschuiving van de inkoop van elektriciteit naar uren met gunstiger tarieven en het voorkomen van ongunstige teruglevering (handelsmarkt);
- beschikbaar stellen van op- en afregelvermogen op de markt voor regelvermogen (*FCR* en onbalans) –als onderdeel van een 'Reserve Leverende Groep' c.q. *virtual power plant* (flexibiliteitsmarkt);
- integratie van stuurbare apparaten en buffers voor warmte/koudevoorziening op locatie in samenhang met één van of beide voorgaande opties, waarbij warmtapwaterbereiding de meest laagdrempelige instapmogelijkheid biedt;
- het helpen voorkomen van problemen in LS-netten en/of MS/LS-transformatoren, afhankelijk van *incentives* die regionale netbeheerders hiervoor eventueel introduceren;
- kosteneffectievere omschakeling op o.a. elektrische warmtepompinstallaties bij de substitutie van aardgasapparaten in verband met ingebouwde *load management* voorzieningen ('aardgasloos ready').

De E-Par controller neemt een centrale plaats in bij het implementeren van verdienmodellen.

De energietransitie vraagt om sterke groei van het aantal laadpunten, hernieuwbare productie met zon-PV en elektrische warmtepompconcepten in de gebouwde omgeving én perifere locaties, waardoor het aantal verzoeken om verzwarende van kleinverbruikersaansluitingen drastisch kan toenemen. Verzwarende van LS-netten is relatief zeer kostbaar per gedistribueerde kWh. E-Par vergroot weliswaar de gemiddelde *load factor* in de bestaande situatie maar vermindert extreme pieken in vergelijking met het alternatief dat aansluitingen worden verzwaard om hetzelfde vermogen aan zon-PV en laadpalen te realiseren.

---

<sup>8</sup> inclusief de 15 kW<sub>p</sub> die direct op de E-Par hybride omvormer is aangesloten.

Op kleinzakelijke aansluitingen van 3x80A en met een relatief hoog energieverbruik is exploitatie van zon-PV onder huidige omstandigheden financieel niet interessant; de vermeden inkoopprijs is lager dan de kostprijs van een geproduceerde kWh. E-Par, met een voldoende benutte semi-publieke laadpaal, leidt tot verbetering van de business case voor zon-PV. Op aansluitingen met een relatief hoog energieverbruik is bovendien makkelijker te voorkomen dat onrendabele teruglevering moet plaatsvinden (afbouw saldering).

Mede gelet op de ontwikkeling van EV-mobiliteit en de warmtetransitie is de inschatting dat de potentiële doelgroep voor E-Par in Nederland meerdere duizenden aansluitingen omvat. Het is lastig om een raming voor het potentieel voor zon-PV op de betreffende locaties te maken. Gesteld dat op elke locatie gemiddeld 50 kW<sub>p</sub> kan worden geïnstalleerd, dan is jaarlijks een CO<sub>2</sub>-emissiereductie van circa 110 kton te behalen.

Uit een technisch-economische evaluatie blijkt dat maximalisatie van zon-PV op de aansluiting en implementatie van het E-Par-concept elkaar wederzijds ondersteunen. Locatiespecifieke omstandigheden (jaarverbruik, dagprofiel) en daadwerkelijk (intensief) gebruik van de laadpaal zijn wel van grote invloed op de economische haalbaarheid.

De ramingen voor CAPEX en OPEX van het E-Par basisconcept leiden tot de voorlopige conclusie dat een (van de) ander(e) aanvullend(e) verdienmodel(len) noodzakelijk is naast het primaire verdienmodel met de semi-publieke laadpaal. De locatie-afhankelijkheid van de installatietechnische en exploitatietechnische inpassing vergroten de onzekerheid van de haalbaarheid op dit moment. In die gevallen waarin het huidige vraagprofiel op de aansluiting nog ruimte biedt voor inpassing van een laadpaal is het interessant om naar een gefaseerde implementatie van E-Par te kijken. De batterij- en hybride omvormermodules blijven dan in eerste instantie achterwege.

Technische uitdagingen zijn aanwezig maar de ontwikkelrisico's lijken aanvaardbaar. Als vervolgstap is een pilot voor experimentele ontwikkeling van het basisconcept, gekoppeld aan meerdere casuslocaties voor verbeterd inzicht in locatiespecifieke factoren, nodig. In de financiering daarvan kan onderscheid worden gemaakt tussen een O&O-deel voor het samenwerkingsverband en een exploitatiedeel voor de locatie-inbrenger(s).

---- o ---- o ---- o ----

E-Par haalbaarheidstudie

*EV-laden en maximalisatie van zon-PV op locaties met kleinzakelijke aansluitingen*

E-comaker, oktober 2019

Voor contact: e-mail ons op [info@e-comaker.nl](mailto:info@e-comaker.nl)