

# Voor elektrische infrastructuur in stedelijke gebieden

## Decentrale elektrische energieopslag

Toepassing van duurzame energie vereist flexibiliteit, die met opslag van energie bereikt kan worden. Elektrische opslag wordt gezien als een gigantische groeimarkt. De toepassing van elektrische opslag blijft explosief groeien en de ontwikkelingen zijn vooral versneld door de auto-industrie. Maar er is ook steeds meer interesse in het toepassen van stationaire e-opslag ter ondersteuning van de lokale elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving. De verwachting is dat de prijs van elektriciteitsopslag in een rap tempo zal blijven dalen, zodat het steeds aantrekkelijker wordt om het toe te passen. Tijd om hierover in de praktijk kennis op te doen in een bestaand kantoor!

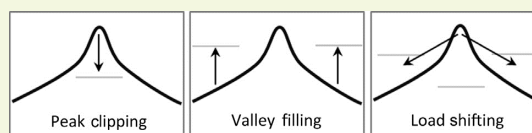
Ing. K. (Kevin) de Bont, prof.ir. W. (Wim) Zeiler, ir. G. (Gert) Boxem, T. (Timi) Labeodan MSc, K. (Kennedy) Aduda MSc; TU Eindhoven, Faculteit Bouwkunde, Leerstoel Installaties; ir. J. (Joep) van der Velden, Kropman Installatietechniek

Ons huidige energiesysteem, dat werkt met grote energiecentrales die continu stroom produceren gaat de komende decennia sterk veranderen. Fossiele brandstoffen zijn eindig vervuilen het milieu en de transitie naar een duurzame energievoorziening is noodzaak. Duurzame bronnen als wind en zon moeten het op termijn van kolen en gas overnemen. Het mooie van duurzame energie is dat de bronnen schoon en onuitputtelijk zijn. De zon schijnt gratis en zonnepanelen worden steeds goedkoper. Maar 's avonds en 's nachts laat de zon het afweten en zonder wind staan windturbines stil. Afhankelijk van de vraag kan de producent meer of minder stroom leveren. Nu springen de grote energiecentrales nog bij als het aanbod uit zon en wind te gering is. Om dit te kunnen faciliteren is extra flexibiliteit in vraag- en aanbod van energie nodig. Deze flexibiliteit kan helpen om het systeem betrouwbaarder en betaalbaarder te maken, maar kan ook helpen om de inzet van decentrale bronnen verder te stimuleren.

Flexibiliteit kan worden geleverd door middel van een kosten effectieve combinatie van de volgende vier opties: regelbare centrales, versterking van het elektriciteitsnet, 'demand response' én energieopslag. Opslag van energie is een oplossing, maar wel een lastige. Want hoe sla je stroom op voor een straat, een wijk of zelfs een hele stad? Er zijn vormen van energieopslag nodig om duurzame energie tijdens dalmomenten op te vangen en die energie beschikbaar te stellen tijdens piekmomenten. Welke techniek het meest geschikt is, hangt af van de toepassing.

Op basis van de Energieagenda 2010-2020 heeft de provincie Noord-Brabant geïnvesteerd in de energietransitie. Het hier beschreven project is een van de Proof of Principles op het gebied van energie efficiënte gebouwen

en energieopslag. Centraal staat hierbij, naast de energieopslag, de vraagzijde actief te benaderen door de mogelijkheid van intelligentie aan de regeling toe te voegen. Dit om vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen. Zo kan energie op elk niveau door ICT/communicatie onderdeel vormen van een intelligent energiesysteem: het Smart-Grid. Traditioneel volgt het aanbod van energie de vraag, maar in een intelligent net kan de vraag gestuurd worden op basis van het aanbod. De focus van dit onderzoek zit in flexibel inzetten van de energievraag van een bestaand kantoorgebouw, zodat de fluctuaties in het net efficiënt ondervangen kunnen worden. Dit wordt in de literatuur ook wel Demand-Side-Management genoemd, d.m.v. 'peak clipping, valley filling of load shifting' (figuur 1). Uiteindelijk moeten er vanuit



-Figuur 1- DSM [1]

het net door middel van Demand-Response (DR) (prijs-) prikkels komen om vraag en aanbod (prosumer) aan te passen. Dit kan op wijkniveau, stadsniveau of nationaal niveau, om zo tot een efficiënte virtuele powerplant te fungeren. In dit artikel wordt primair gekeken naar het gebouw en het wijkniveau.

### CASE STUDY KANTOOR BREDA

Voor deze studie is gekozen voor een experiment. Het betreft een in 1994 gerealiseerd kantoorpand te Breda, dat kan worden getypeerd als typisch Nederlands kantoor. Het doel is om het gebouw 'smart-grid ready' te maken (figuur 2). Enkele eigenschappen:

- BVO: 1.400 m<sup>2</sup> verdeeld over drie verdiepingen;
- centrale verwarming op basis van een HR-boiler, verdeeld over twee groepen;
- centrale koeling d.m.v. een compressiekoelmachine, verdeeld over drie groepen;
- centrale ventilatie; LBK, met WTW, 1 toe- en afvoerventilator, verdeeld over drie groepen;
- bevochtiging d.m.v. een stoombevochtiger;
- verlichting: TL5, centraal regelbaar (veegpuls), en handbediening.

In deze studie wordt de impact op de elektrische behoefte onderzocht bij het implementeren van een Zon PV-faciliteit en elektrisch opslag systeem (extra flexibiliteit). Een dak vol met zonnepanelen leggen was geen probleem, maar juist het zoeken naar de combinatie met energieopslag bleek lastig. Er is een onderscheid te maken in drie systemen: 1. All-in-one bi-directionele omvormer voor aansluiting zon-PV + batterij, 2. Bi-directionele omvormer + aparte 'charge-controllers voor aansluiting zon-PV + batterij' en 3. Twee gescheiden installaties, één voor het t.b.v. zon-PV en één voor het laden/ontladen van de batterij. De systemen (1 & 2) die in de markt zijn werken veelal op een lage accuspanning tussen de 24 en 48 VDC en bij een gelimiteerd aantal type batterijen. Deze systemen zijn vooral in de markt om de thuis opgewekte energie maximaal zelf te consumeren, momenteel wordt dit in Duitsland ook gestimuleerd door de overheid. Bij opslag wordt dus vaak gedacht aan het opslaan van een overschot van de opgewekte energie, maar dit is in een kantoorgebouw al snel niet het geval aangezien de productie en de gevraagde energie dus direct lokaal gebruikt kan worden.

Het gebouw te Breda is een net-verbonden-systeem waarbij de batterij grotendeels als

service naar het AC-net moet gaan dienen door de elektrische gebouw vraag waar nodig aan te passen. Voor een optimale en onafhankelijke sturing is er uiteindelijk gekozen voor twee losse systemen: één voor het opwekken van elektriciteit d.m.v. zon-PV en een andere voor het decentrale opslagsysteem. Als voorbeeld: een 15 kW all-in-one bi-directionele omvormer voor de batterij en zon-PV, een situatie waarin 10 kW zon-PV wordt geproduceerd; op dat moment is nog maar 5 kW uit de batterij te halen.

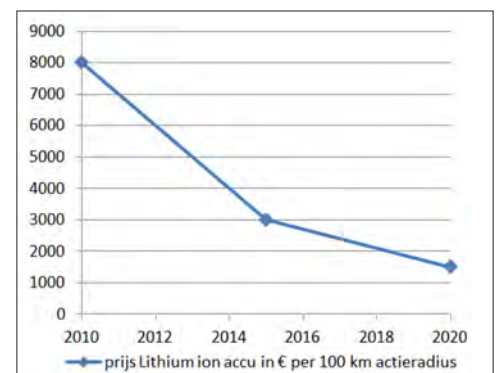
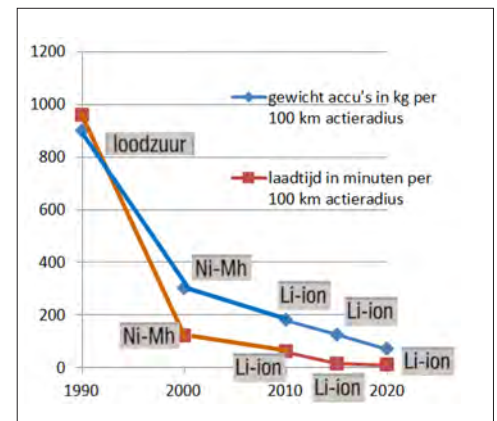
### PV-FACILITEIT

Het dak van het gebouw is gunstig gelegen waardoor de rijen van de panelen vrijwel geheel op het zuiden gesitueerd kunnen worden. Elk paneel heeft een eigen DC/DC-optimizer, zodat elk paneel op zijn optimale werkpunt (MPPT) functioneert. De uitgaande spanning wordt automatisch afgestemd met de andere panelen in dezelfde string (750V). Dit systeem elimineert de nadelige effecten van serie geschakelde panelen, waar het slechtst presterende paneel (schaduwvorming, fabricage verschillen, temperatuurverschillen en ongelijktijdige veroudering) de gehele string beïnvloedt. In de toekomst kunnen er individuele panelen uit een string gehaald worden om een ander type paneel te testen zonder de andere panelen te beïnvloeden. Op elk niveau, van omvormer tot paneel, worden de prestaties gedetailleerd gemonitord. Met een weerstation (o.a. straling, windsnelheid-richting, temperatuur) en paneeltemperatuursensoren worden de belangrijkste factoren gemeten om zo de productie optimaal te analyseren. Van dit systeem is een gedetailleerd model gemaakt in Matlab – Simulink, en de verwachting op basis van 2014 is dat het 18.700 kWh aan energie oplevert. Hierdoor ontstaat inzicht in de balans tussen vraag en aanbod, en kan de meerwaarde van opslag bepaald worden.

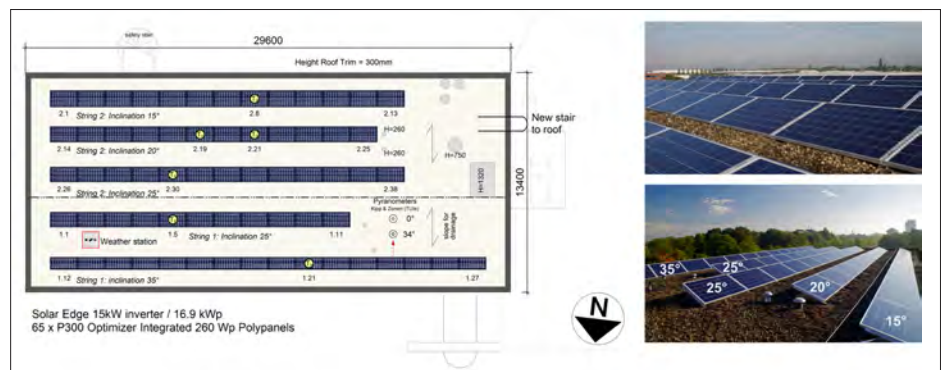
Zonder opslag zou er dat jaar 2.900 kWh terug geleverd worden, ongeveer 15,5%; de rest, 84,5%, wordt in de huidige situatie direct verbruikt. De momenten van overschot zijn alleen gedurende het weekend en een enkele lange lente/zomeravond.

### DECENTRALE OPSLAG

Er is momenteel veel interesse in de li-ion (belangrijk sinds 2000) batterijtechnologie. Dit komt vooral door de auto-industrie. Onder andere Tesla, BMW en Mercedes zetten in op het verkopen van thuis batterijen. Hierdoor neemt de ontwikkeling een grote vlucht en nemen de prestaties enerzijds toe en neemt de prijs anderzijds af, zie figuur 3 [2].



-Figuur 3- Overzicht ontwikkelingen accu's [2]



-Figuur 2- PV-faciliteit kantoor Breda



-Figuur 4- Nilar modulaire batterij met uniforme elektronenstroom [3]

### NiMH BATTERIJ

Voor de case studie is voor de Nickel-metalhydride (NiMH) technologie gekozen. Deze heeft na een Li-ion batterij een relatief hoge energiedichtheid maar is niet brandgevaarlijk zoals Li-ion dat wel is. De gekozen NiMH batterij van Nilar heeft een cycle efficiëntie van zo'n 90%, en is 100% recyclebaar. De 'Nilar- modular bi-polar NiMH battery [3]' is een geavanceerde batterijtechnologie die compleet recyclebaar is en geschikt voor veel laadcycli, zie figuur 4. Dit batterij-opslagsysteem is uitvoerbaar in spanningsniveaus van 12 VDC tot elk gewenst niveau. Een module van 12 VDC, bevat 10 cellen van 1,2V. De platen zijn vlak, en de oppervlakte van elke laag/schijf dient als een electrode (bi-polar). Een batterijpakket kan uit maximaal 10 modules bestaan, 120 VDC, 1,2 kWh (10 Ah). De bi-polaire techniek zorgt ervoor dat de interne weerstand zeer laag is, omdat de volledige plaatoppervlakte gebruikt wordt voor een uniforme stroom. Hierdoor ontstaat ook een

uniforme temperatuur, wat resulteert in een uniforme elektrochemische veroudering en een langere cellenlevensduur. Hierdoor zijn hoge laad- en ontladvermogens mogelijk (3°C temperatuurstijging van de modules). In vergelijking, de Tesla Home batterij (7 kWh) mag kortstondig met 0.5°C geladen/ontladen worden en 0.3°C continu. In deze casestudie is de achterliggende omvormer eerder een limiet dan de batterij technologie zelf. De capaciteit van de batterij is bepaald naar de piekmomenten van de koelmachine in de zomer. Een andere afweging was het opslaan van het overschot van zon-PV energie. In het huidige contract wordt dit verkocht voor ongeveer 2 ct/kWh (!) tijdens het weekend, en iets meer dan 3 ct/kWh (!) overdag doordeweeks. Terwijl de kosten voor afname op ongeveer 10 ct/kWh liggen. Dit prijsverschil weegt nog steeds niet op tegen de levensduurkosten van een batterij, maar in deze onderzoekssituatie wordt ongeveer 80% van het overschot opgeslagen en 20% van het overschot terug

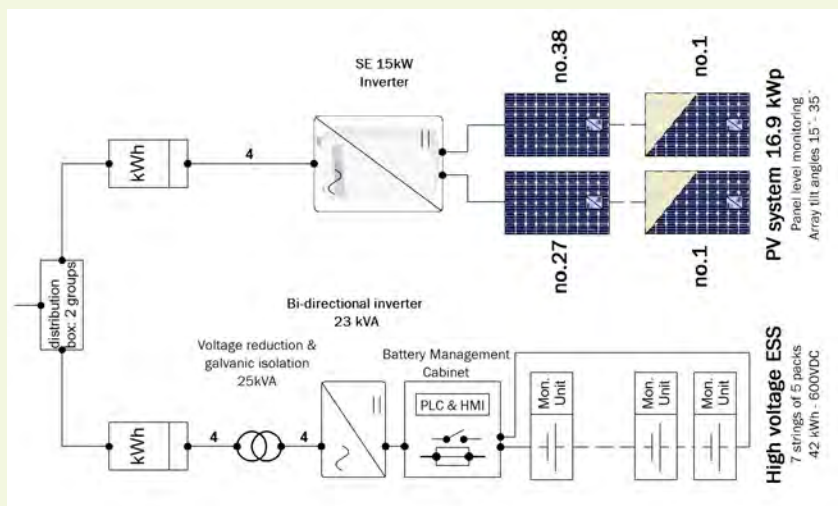
geleverd (= 3% van de totale jaarproductie). Uiteindelijk leidt dit tot een batterij van 40 tot 45 kWh.

### UITEINDELIJK SYSTEEM

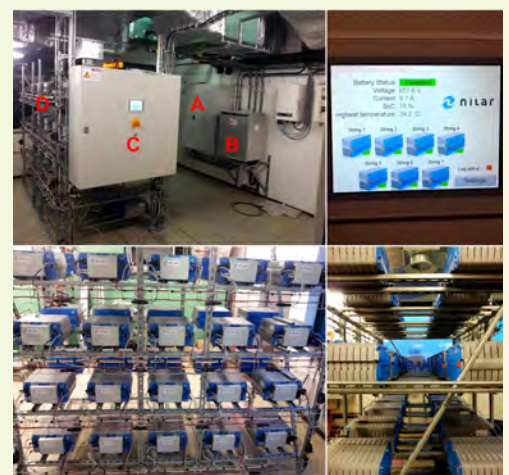
In dit systeem met 120 V pakketten zijn er vijf in serie geschakeld om tot een nominale spanning van 600 V te komen. Van deze strings zijn er zeven, wat het totaal op 35 brengt met in totaal 42 kWh. De keuze voor een geschikte omvormer op hoge spanningsniveaus was lastig, gezien het feit dat de meeste op lage spanning functioneerden ( $\leq 48V$ ). Uiteindelijk is een frequentieomvormer van 23 kVA toegepast (A), waarbij een batterijspanning van 600 V nodig was. Voor een optimale werking van de omvormer is er een transformator geïnstalleerd (B) wat de krachtgroep van 400 naar 300 VAC brengt en als galvanische scheiding dient. De omvormer en alle batterijstrings (D) zijn aan de batterijmanagementkast (C) gekoppeld. Deze is geplaatst aan de kopse kant van het rek. Vanuit deze kast wordt alle sturing geregeld t.b.v. de omvormerkast en de lading/ontlading van de batterijen, zie figuur 5. Dit systeem is volledig regelbaar en elk batterijpakket heeft een 'monitoring-unit' waaruit de temperatuur, druk en spanning uitgelezen kunnen worden en per string is een stroomsensor bevestigd. Aan de AC- en DC-zijde worden spanning, vermogen, ampères etc. gemeten om het maximale uit het systeem te halen. Fluctuaties kunnen in de praktijk binnen drie seconden worden opgevangen met het batterijsysteem.

### VERDER ONDERZOEK

In eerder onderzoek [4] en verder promotieonderzoek [5] waar deze studie onderdeel van is, is gebleken dat de ventilatie, koeling en



-Figuur 5- Systeem overzicht zon-PV faciliteit en decentrale opslag



-Figuur 6- Opstelling Nilar batterijen



stoombevochtiging op bepaalde momenten bij kunnen dragen als service naar het net (binnen comforteisen) door ze flexibel in te zetten (demand side management).

Er zijn veel scenario's te bedenken waarbij de batterij toegepast kan worden. Eén daarvan is de batterij te gebruiken om de hoogste pieken tijdens de zomer/winter af te vlakken. Om dit te testen is er een model gemaakt in Matlab-Simulink waarbij de verbruiksdata van het case gebouw één op één zijn gebruikt, een gevalideerd zon-PV- model en een representatief batterijmodel.

Sturing, metingen en alle energiestromen worden gemonitord en kunnen worden benaderd met het 'Insiteview' Scada-pakket. Dit pakket wordt ook gebruikt als basis voor de ontwikkeling en koppeling van intelligente regelingen in de vorm van Agents.

In de komende maanden worden verschillende strategieën verder uitgewerkt, gesimuleerd en geïmplementeerd in de installatie. Verder is de koppeling tussen gebruikersgedrag, onder meer aanwezigheid, en optimale vraagsturing van groot belang. Door de actuele dynamische vraag leidend te laten zijn zal de interactie

tussen opwekking en opslag voortdurend geoptimaliseerd moeten worden. Hierbij zal ook de verdere integratie met de verlichting op basis van aanwezigheid en buitencondities plaatsvinden.

Stroom lokaal houden en opslaan vraagt ook om innovatieve meet- en regeltechniek. Er moet bekend zijn wanneer stroom moet worden opgeslagen en wanneer de opslag moet worden aangesproken. Daarvoor moet het netwerk nog uitgerust worden met intelligente agent gebaseerde meet- en regeltechniek die nodig is voor optimaal interactief gebruik van elektrische energieopslag, geïntegreerd in het Smart Grid op gebouw- en wijkniveau.

#### ■ DANKWOORD

Dit onderzoek is mogelijk gemaakt door de financiële ondersteuning van de Provincie Noord-Brabant, Kropman Installatietechniek en Almende

#### ■ REFERENTIES

1. P. T. Moseley and J. Garce, Electrochemical Energy Storage for Renewable Sources and

Grid Balancing Edited by. Elsevier, 2015.

2. Albert-Jan Cornelissen, 2015, De accu van de toekomst, Autoweek 51
3. Nilar International, <http://www.nilar.com/>
4. K.O. Aduda, W. Zeiler, G.Boxem & K de Bont, 2014, On the use of electrical humidifiers in office buildings as a demand side resource. Conference Paper : Proceedings of the 4th International Conference on Sustainable Energy Information (SEIT 2014), 2-5 June 2014, Hasselt, Belgium, (Procedia Computer Science, 32, pp. 723-730).
5. T. Labeodan, W. Zeiler, G. Boxem, Y. Zhao, 2015, Occupancy measurement in commercial office buildings for demand-driven control applications—A survey and detection system evaluation, Energy and Buildings 93, 303-314

MISSION IMPOSSIBLE

smitsair.nl



De stalen buitenluchtroosters van Smitsair houden inbrekers buiten de gevel. De rooster zijn getest op inbraakwerendheid en kent twee type uitvoeringen: Standaard (**weerstandsklasse 2** vereist volgens bouwbesluit) en verhoogd inbraakwerend (**weerstandsklasse 3**).

Roosters zijn n.a.v. het **bouwbesluit** getest volgens NEN 5096

**Smitsair**  
Kwaliteit op Maat.

**Smitsair Luchttechniek sinds 1945 specialisten in:** Luchttechnische installaties, Buitenluchtroosters, Brandkleppen, Kleppenregisters, Dakkappen, Schachtkappen, Druppelvangers, Wasem-vetvangkappen, Geluiddempers, Luchtkanalen, Plaatwerken en Lasersnijden.