

Smart buildings voor smart grids

Over smart grids is zo langzamerhand consensus: in de toekomst kunnen we niet zonder. Toenemende lokale (duurzame) energieproductie, elektrificatie van transport en verwarming maken een smart grid noodzakelijk, maar ook de grensoverschrijdende mogelijkheden van duurzame energiebenutting, zoals zonne-energie uit Spanje, waterkracht uit Noorwegen en windenergie van de Noordzee. Wat is nu precies het smart grid? Welke beperkingen zijn er voor de ontwikkeling? Heeft het zin om als individuele gebouweigenaar te participeren in het smart grid? Deze laatste vraag stond centraal in het TVVL-onderzoek 'Smart buildings voor smart grids'.

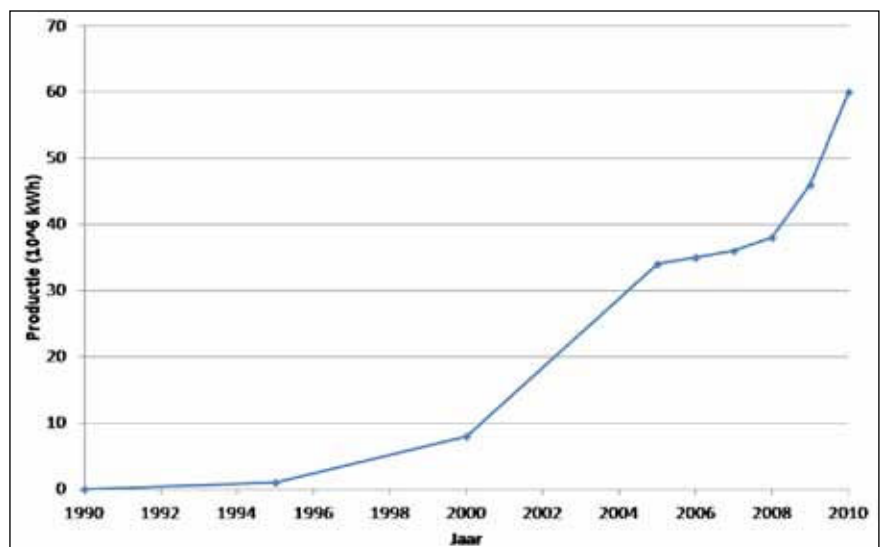
Ir. M. (Michiel) van Bruggen, directeur De Energiemanager

Lokale, kleinschalige, met name duurzame, energieproductie ontwikkelt zich sterk. Het zal niet lang meer duren of eigen zonne-energie is concurrerend met elektriciteit uit het net. Het aantal zonne-energie-installaties zal dan nog sneller toenemen, zie figuur 1. Ook micro-wkk zal naar verwachting een snelle ontwikkeling doormaken. De prognose (van de leveranciers) is dat er in 2020 al 1 miljoen apparaten geïnstalleerd zullen zijn. Het gezamenlijk elektriciteitsproductievermogen van deze apparaten is 1.000 MW. Dat is evenveel als een forse elektriciteitscentrale. Een andere ontwikkeling is dat transport en verwarming steeds meer gebruik maken van elektriciteit als energiedrager. Bij verwarming gaat dit bovendien gepaard met een vrij grote gelijktijdigheid in het gebruik. Al deze ontwikkelingen zorgen voor een aantal problemen bij onze energievoorziening:

- overbelasting van het net door gelijktijdig gebruik van grote elektriciteitsverbruikers of door gelijktijdige elektriciteitsproductie;
- minder voorspelbaar verbruik, waardoor de

inzet van kostbaar reservevermogen nodig is; - verminderde kwaliteit van de stroom en spanning, met name door tweerichtingsverkeer op het net en meer schakelactiviteiten. Om de energievoorziening te verduurzamen

moet er verder op grotere schaal rekening mee worden gehouden dat er veel duurzame-energiepotentieel is verspreid over Europa. Te denken valt aan waterkracht uit Noorwegen, windenergie van de Noordzee, zonne-energie



-Figuur 1- Ontwikkeling van fotovoltaïsche zonne-energie in Nederland (CBS)

uit de zuidelijke landen en stuwmeren in Frankrijk.

■ WAT IS EEN SMART GRID?

Met behulp van geavanceerde informatie- en regelsystemen kunnen deze ontwikkelingen ingepast worden in de huidige energie-infrastructuur. Het energienet dat gebruik maakt van deze slimme regelstrategieën is het smart grid. Een smart grid is flexibel, toegankelijk, betrouwbaar en efficiënt. Uiteindelijk gaat het dus om het beïnvloeden van vraag en aanbod. Dit biedt perspectief voor de eindgebruikers. Het grootste deel van deze beïnvloeding vindt immers plaats achter de meter, bij de eindgebruiker.

Enkele essentiële onderdelen uit het smart grid zijn: de slimme meter, microgrid, virtual powerplant en zelfhelend netwerk.

Slimme meter

De slimme meter biedt actuele informatie over het energiegebruik op de aansluitingen, statusinformatie over aangesloten apparaten en de mogelijkheid om apparaten aan te sturen. Verder kan de belasting gelimiteerd worden en wordt de kwaliteit van de stroomvoorziening gemonitord en doorgegeven aan de netbeheerder. De term 'slimme meter' wordt momenteel gebruikt om de toekomstbestendige energiemeters voor kleingebruikers mee aan te duiden. Overigens zit er geen intelligentie in de meter zelf.

Microgrid

Een microgrid is een sectie in het laagspanningsnetwerk dat (tijdelijk) autonoom kan functioneren. In het microgrid zijn (duurzame) energieproductie, buffercapaciteit en afschaakbaar vermogen (zoals warmtepompen, elektrische auto's, airconditioning e.d.) aanwezig. De schaal is middelgroot (tot maximaal een paar MW aangesloten vermogen). Storingen in het bovenliggende netwerk kunnen door het microgrid (tijdelijk) opgevangen worden. Als de storing verholpen is, wordt het microgrid weer gesynchroniseerd met het bovenliggende net. Hiermee wordt de betrouwbaarheid van het net vergroot. Een microgrid kan, maar hoeft niet, samenvallen met een virtual power plant (zie hierna). Het microgrid kan dan beschouwd worden als één aansluiting met een flexibele belasting of productie.

Virtual powerplant

Kleinschalige (duurzame) energieproductie-units worden doorgaans ingepast in bestaande elektriciteitsnetwerken zonder actieve sturing of monitoring. Met grote aantallen lokale productie-units wordt het noodzakelijk de productie optimaal in te passen. Dit om verstoring van

het net te voorkomen en voorrang te geven aan duurzame energieproductie. Door een groot aantal kleinschalige productie-units te combineren, kan één grote, min of meer regelbare, productie-unit gerealiseerd worden. Dit wordt een virtual powerplant genoemd. Een virtual powerplant hoeft zich niet te beperken tot productie-eenheden. Ook het aggregeren van (beïnvloedbare) afnamepatronen kan tot een interessante propositie in de energiemarkt leiden. Een virtual powerplant is dus een groep van aansluitingen die gezamenlijk een interessante propositie kunnen hebben in de energiemarkt. De propositie wordt met name bepaald door de flexibiliteit (beïnvloedbaarheid) die de virtual powerplant kan bieden ten aanzien van verbruik en productie. De aansluitingen die tezamen de virtual powerplant vormen hoeven niet perse geografisch bij elkaar te liggen. Is dit wel zo, dan kan de virtual powerplant samenvallen met het microgrid.

Zelfhelend netwerk

Het zelfhelende netwerk is een systeem dat op basis van informatie- en regelsystemen defecten in het netwerk kan detecteren, lokaliseren en isoleren. Door dynamische routing van de energielevering is de impact van de defecten in het netwerk op de eindgebruikers minimaal. Het zelfhelende netwerk vergroot de betrouwbaarheid van het systeem.

■ GELD VERDIENEN?

De belangrijkste kenmerken van het smart grid zijn lokale, met name duurzame, energieproductie en beïnvloedbaarheid van het afnamepatroon (flexibiliteit). Deze faciliteiten bevinden zich normaliter achter de meter, bij de eindgebruiker. De eindgebruiker zal gemotiveerd moeten worden met zijn installaties te participeren in het grotere geheel. Hiertoe zullen prijsprikkels nodig zijn. Mogelijke prijsprikkels in het smart grid zijn:

- het verminderen van het eigen energiegebruik;
- het verminderen van netverliezen door meer lokale uitwisseling van energie;
- het voorkomen van netverzwaringen door regelbaar vermogen;
- handel in elektriciteit in day-ahead handel (APX-Endex);
- handel in elektriciteit in bilaterale contracten. Dit zijn contracten met energieleveranciers op nog kortere termijn dan de APX. De energieleveranciers (of eigenlijk de program-maverantwoordelijken) kopen of verkopen vermogen om de inzet van reservevermogen door Tennet te voorkomen;
- handel in elektriciteit in reservevermogen. Reservevermogen wordt door Tennet ingezet op basis van een veiligheidsysteem als de belas-

ting van het net afwijkt van de programma's van de energieleveranciers.

Aansluitingen kunnen, op basis van de huidige tariefstructuren niet van al deze waardenmogelijkheden gebruik maken. De volgende knelpunten zijn aanwezig in de huidige tariefstructuur:

- de transportkosten zijn verwerkt in een capaciteitstarief. Het capaciteitstarief heeft geen flexibiliteit. Het verschuiven van vermogen of terug leveren van elektriciteit heeft bij de huidige tariefstructuur geen waarde in relatie tot de transportkosten. Dit terwijl bijvoorbeeld verschuiving van vermogen wel een aanzienlijke waarde kan vertegenwoordigen als in beschouwing wordt genomen dat hierdoor verzwarende van het net voorkomen wordt;
- de kosten voor het beheer van hoogspanningsnetten worden volgens een cascadesysteem doorberekend in het capaciteitstarief. Lokale aansluitingen met energieproductie beperken juist het gebruik van de netten op een hoger spanningsniveau. Dit voordeel komt echter niet tot uiting in de tarifiering;
- grote producenten (aangesloten op het hoogspanningsnet) zijn vrijgesteld van transportkosten. De transportkosten worden dus vrijwel geheel verlegd naar de aangeslotenen (zowel productie als verbruik) op het laagspanningsnet. Producenten zijn ook gebruikers van transportcapaciteit, het toewijzen van transportkosten aan grote producenten zou stimulerend werken voor lokale opwekking;
- kleinverbruikersaansluitingen hebben slechts weinig mogelijkheden om de door hen geproduceerde energie vrij te verhandelen tegen wisselende tarieven. Ze kunnen bijvoorbeeld niet verkopen aan andere kleinverbruikersaansluitingen;
- aangeslotenen kunnen slechts beperkt gebruik maken van de financiële mogelijkheden van het aanbieden van reservecapaciteit. Kleinverbruikers kunnen dit alleen via hun eigen energieleverancier.
- de salderingsregeling, waarbij duurzame energieproductie en afname bij kleinverbruikers gesaldeerd kunnen worden, maakt geen onderscheid naar tijd van de energieproductie. Gebruik van prijsdynamiek is nu voor kleinverbruikers met terug levering dus niet mogelijk.

Wat de werkelijke prijsdynamiek wordt als de huidige netten tegen hun grenzen aanlopen, is niet te voorspellen. Bij zowel de transportkosten als de leveringskosten zullen er stimulanzen zijn richting een grotere prijsdynamiek. Voor kleinverbruikersaansluitingen zullen de

transportkosten belangrijker zijn dan voor de grote aansluitingen, waar de transportkosten relatief laag zijn ten opzichte van de verbruiks-kosten.

■ WAARDE VAN VOORZIENINGEN

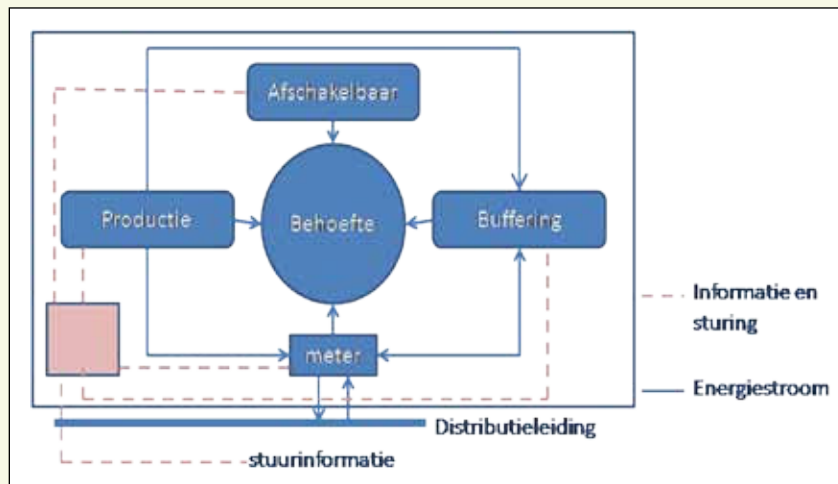
Gebouweigenaren kunnen participeren in het smart grid. Voorwaarde is dat de juridische mogelijkheden daarvoor geschapen zijn en de tariefstructuur zodanig is dat participeren loont.

Als op de aansluiting gekeken wordt, zijn er twee soorten maatregelen: energieproductie en flexibiliteit. Met deze maatregelen moet getracht worden tekorten en overschotten op het net te compenseren. Flexibiliteit is de mate waarin het verbruikspatroon beïnvloedbaar is. Ten aanzien van energieproductie kan onderscheid gemaakt worden tussen duurzame energieproductie en energieproductie op basis van fossiele brandstoffen. Duurzame energieproductie heeft de hoogste prioriteit en kan dus gezien worden als niet beïnvloedbaar. Energieproductie op basis van fossiele brandstoffen kan ook op basis van afroep (flexibel) ingezet worden.

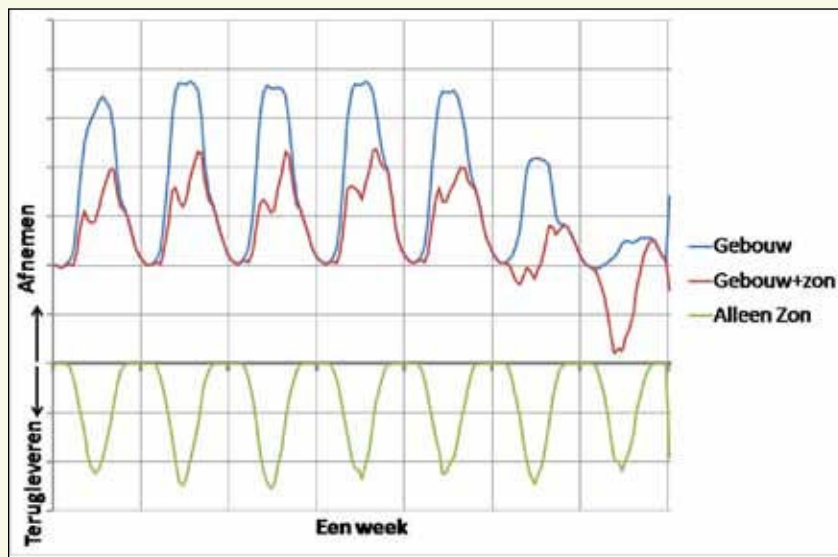
Ten aanzien van flexibiliteit kunnen we onderscheid maken tussen afschakelbaar vermogen en buffercapaciteit. Functioneel lijken beiden op elkaar. Beiden gaan in principe niet gepaard met energiebesparing, maar zorgen enkel voor een verschuiving in het afnamepatroon. Een fundamenteel verschil is dat in een buffer ook overschotten op het net opgeslagen kunnen worden en dat ook aan het net geleverd kan worden. Incidenteel kan afschakelbaar vermogen ook gepaard gaan met energiebesparing. In dat geval gaat dit ten koste van het comfort. Denk bijvoorbeeld aan een koelmachine die tijdelijk uitgezet wordt. Afschakelbaar vermogen is verder vaak gebonden aan bepaalde randvoorwaarden. Het aanschakelen van een warmtepomp kan bijvoorbeeld in een goed geïsoleerd gebouw zonder problemen één of twee uur verschoven worden, maar verschuiven over een langere periode kan problemen opleveren.

Als een gebouweigenaar gebruik wil maken van de voordelen van het smart grid zal de technische (ICT) infrastructuur in het gebouw daarvoor geschikt moeten zijn. Deze infrastructuur bestaat met name uit:

- aansluiting met de mogelijkheid van terug leveren;
- (externe) stuurinformatie, bijvoorbeeld prijsprikkels;
- separate meting van levering en terug levering op de aansluiting (hoofdmeter);
- metingen aan beïnvloedbare onderdelen (productie, buffering en uitschakelbaar



-Figuur 2- Overzicht van smart grid in het gebouw



-Figuur 3- Impact van zonne-energie op het verbruikspatroon van het referentiegebouw

	2008	2010
APX-prijs ongewogen	70 EUR/MWh	45 EUR/MWh
APX-prijs gebouw	78 EUR/MWh	49 EUR/MWh
APX-prijs gebouw met zonnecellen	74 EUR/MWh	48 EUR/MWh
APX-prijs 1 MWh zonne-elektriciteit	89 EUR/MWh	51 EUR/MWh

-Tabel 1- Kenmerkende APX-prijzen bij toepassing van een zonne-energiesysteem

- vermogen);
- sturing van beïnvloedbare onderdelen.

Dit is schematisch weergegeven in figuur 2. Er zijn verschillende protocollen voor informatie-uitwisseling waarmee een intern smart grid gerealiseerd kan worden. Er is (nog) geen standaard voor uitwisseling van informatie

buiten de grenzen van het gebouw. Er wordt wel in Europees verband aan standaardisering op dit gebied gewerkt.

De waarde van een voorziening in relatie tot het smart grid heeft twee componenten:

- de waarde van de flexibiliteit heeft betrekking op het verschuiven van afname momenten. Een accu kan bijvoorbeeld geladen worden

op een moment dat elektriciteit goedkoop is en ontladen als elektriciteit duur is. De waarde van flexibiliteit wordt bepaald door prijsverschillen;

- de waarde van (lokaal) geproduceerde of bespaarde energie heeft betrekking op de prijs van commodity zelf.

Voor het kwantificeren van de waarde van de voorzieningen in het smart grid zijn handelsprijzen van de APX gebruikt. De APX-prijs is tevens een goede indicator voor de belasting van het net. Als netbelasting hoog is zijn de APX-prijzen doorgaans ook hoog. De APX-prijzen kunnen van jaar tot jaar fors verschillen. Voor de studie zijn de prijzen van 2008, een jaar met veel prijsschommelingen, en 2010, een jaar met een vrij stabiel prijsontwikkeling, gebruikt. De dynamiek van een verbruiks- of productiepatroon levert in combinatie met de APX-prijsontwikkeling een gemiddelde MWh-prijs op. De beschouwde voorzieningen zijn:

Energieproductie

- zonnecellen
- windenergie
- warmte/krachtkoppeling

Afschakelbaar vermogen

- warmtepompen
- koeling

Buffering

- accu's
- overige

Deze voorzieningen zijn beschouwd op zichzelf en op een referentiegebouw (AgentschapNL, klein kantoor à 3.000 m²), zie figuur 3 en tabel 1. In Tabel 1 zijn de resulterende prijskenmerken gegeven voor het zonne-energiesysteem. Eerst een korte toelichting op de in tabel 1 gegeven prijzen:

- APX-prijs ongewogen: De gemiddelde MWh-prijs, zonder weging op basis van een verbruikspatroon (dus alsof het een vlak patroon is);
- APX-prijs gebouw: de gemiddelde MWh prijs op basis van het afnamepatroon van het gebouw zonder voorziening;
- APX-prijs gebouw met zonnecellen: de gemiddelde MWh prijs op basis van het afnamepatroon van het gebouw met zonnecellen. Dit staat dus los van de besparing door de zonnecellen. Hoe lager deze prijs, hoe gunstiger de voorziening;
- APX-prijs 1 MWh zonnecellen: de gemiddelde MWh prijs op basis van het patroon van alleen de zonnecellen (dus zonder gebouw). Dit is dus niet afhankelijke van de productie van de zonnecellen. Hoe hoger deze prijs, hoe gunstiger deze voorziening.

In Tabel 2 is de energie- en kostenbesparing

op het totale primaire energiegebruik van het referentiegebouw gegeven bij de toepassing van zonnecellen. De energiekostenbesparing wordt gerealiseerd door energiebesparing en door gemiddeld lagere MWh-prijs door het gunstigere afnamepatroon.

Van alle genoemde voorzieningen zijn in het onderzoek de prijskenmerken doorgerekend op basis van het resulterende patroon en de APX-prijzen. In figuur 4 zijn de resulterende energiekostenbesparingen bij het referentiegebouw gegeven.

Specifiek van de accu is vervolgens bepaald wat de waarde van elektriciteitsopslag is in EUR/kWh-opslagcapaciteit. Op basis van de APX-prijzen van 2010 zou de waarde van de accu 7,9 EUR/kWh per jaar zijn. Op basis van de APX-prijzen van 2008 zou de waarde van de accu 16,6 EUR/kWh per jaar zijn. Hierbij is ervan uitgegaan dat de accu elke dag in de (gemiddeld) goedkoopste nachturen opgeladen wordt en vervolgens in de (gemiddeld) duurste uren ontladen wordt. Door het optimaliseren van deze regelstrategie zou de opbrengst vergroot kunnen worden.

OVERIGE OPSLAGTECHNIEKEN

Andere opslagtechnieken zoals waterstof, kinetische energie (vliegwiel), potentiële energie (massa+hoogte) en perslucht bleken na een korte beschouwing niet geschikt om in gebouwen toe te passen, met name vanwege

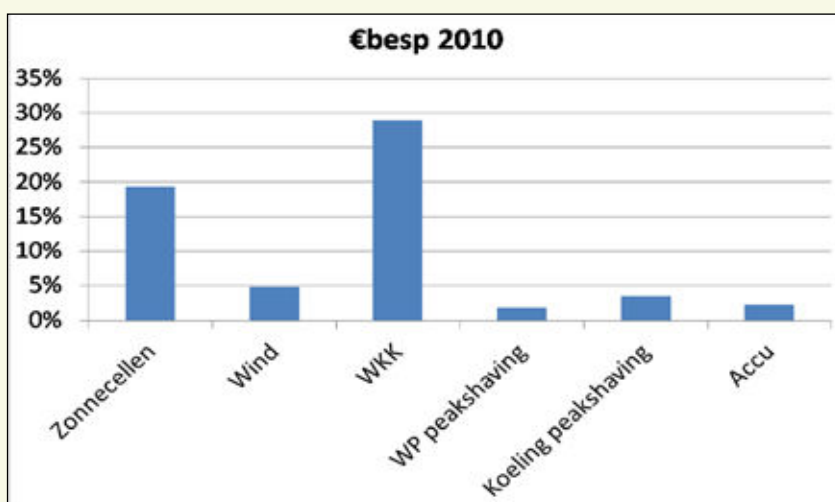
lage totaalrendementen en/of groot ruimtebeslag.

SAMENVATTING

In dit artikel is kort omschreven waarom een smart grid nodig is en uit welke elementen het smart grid bestaat. De belangrijkste bouwstenen van het smart grid zijn lokale (duurzame) energieproductie en beïnvloedbaarheid van het afnamepatroon (flexibiliteit). Deze voorzieningen bevinden zich voornamelijk achter de meter. Om deze voorzieningen ook echt te kunnen activeren zijn prijsprikkels nodig die gebouweigenaren motiveren te participeren in het smart grid. Er zijn verschillende waardeaspecten aan het smart grid, zoals energiebesparing, voorkomen van verzwarend van het net of optimaal gebruik van de prijsdynamiek in de energiehandel. De huidige tariefstructuur vormt echter op een aantal punten een belemmering. Van een aantal voorzieningen is bekeken wat de waarde kan zijn voor een gebouweigenaar, als uitgegaan wordt van de prijsdynamiek op de APX-Endex. In zijn algemeenheid zijn productievoorzieningen (zon, wind, wkk) waardevoller dan voorzieningen die enkel flexibiliteit leveren (accu's, peakshaving).

LITERATUUR

Ir. Michiel van Bruggen, 'Smart building voor smart grids (concept)', TVVL, Leusden, 2012



-Figuur 4- Energiekostenbesparing in het referentiegebouw ten gevolge van de verschillende smart-grid-technieken

Energiebesparing primair	16%
Energiekostenreductie (2010)	19%

-Tabel 2- Energiebesparing en kostenbesparing bij het referentiegebouw