

‘Alleen nog’ het gebouw slim maken

Een slim net en slimme meter

Op 1 januari 2012 is de kleinschalige uitrol van slimme meters van start gegaan. Consumenten en kleine bedrijven krijgen deze meter in plaats van de huidige energiemeter. Het is een slimme meter voor het gasverbruik en het elektriciteitsverbruik, waarop de meterstanden op afstand zijn uit te lezen. De slimme meter meet ook de energie die een gebouw terug levert aan het net, bijvoorbeeld als het zonnepanelen heeft. Energiemaatschappijen kunnen zo beter nagaan hoeveel energie op welk moment nodig is en ook de uitwisseling doorberekenen van geproduceerde elektriciteit met het net. De gebruikers hebben in principe meer inzicht in het eigen gebruik en mogelijkheden om energie te besparen. Maar dit is nog geen vanzelfsprekendheid, zoals blijkt uit de eerste ervaringen.

Prof.ir. W. (Wim) Zeiler, T. (Tom) Thomassen, K. (Kevin) de Bont, K. (Kennedy) Aduda en ir. G. (Gert) Boxem, TU Eindhoven; ir. J.A.J. (Joep) van der Velden en J.W. (Jan-Willem) Dubbeldam, Kropman Installatietechniek

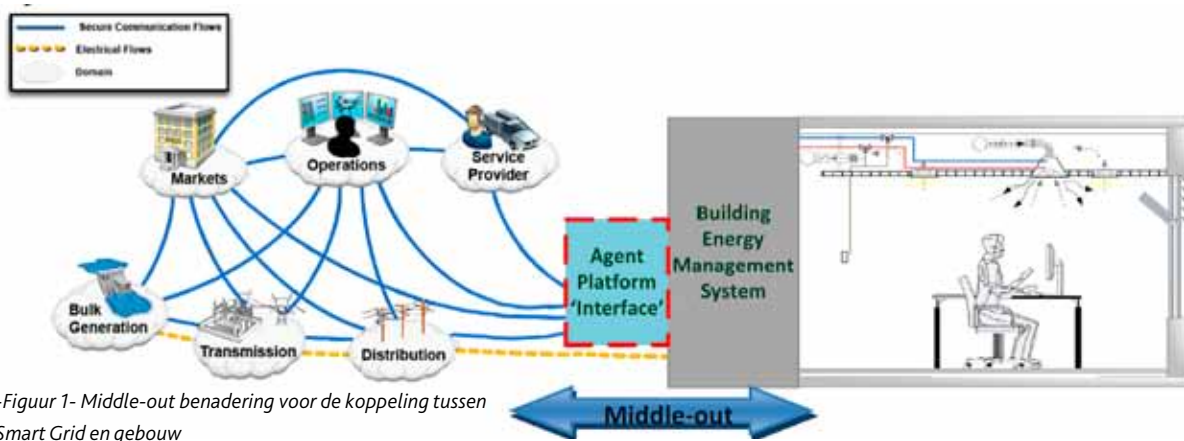
Tussen januari 2012 en december 2013 zijn op bijna 600.000 adressen slimme meters geplaatst door de netbeheerders. De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) heeft een wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd naar de besparingseffectiviteit van de slimme meter in combinatie met tweemaandelijks terugkoppeling van het verbruik. Daaruit is gebleken dat de besparingen zoals geprognosticeerd in de maatschappelijke kosten-batenanalyse van Kema 2010 nog niet behaald worden (Rijksoverheid 2014 a,b). Tijdens de kleinschalige uitrol is een jaarlijkse besparing van 0,9% op gas gerealiseerd door consumenten met een slimme meter die een tweemaandelijks kostenoverzicht ontvingen. Over de besparingen op elektriciteit

konden vanwege een te hoge spreiding van de resultaten geen betrouwbare uitspraken worden gedaan. De pilots tonen wel aan dat er besparingspotentieel aanwezig is en ruimte voor verbetering. Met name is het nodig dat de consument betere informatie krijgt over de mogelijkheden van de slimme meter voor energiebesparing.

■ NOG GEEN SLIM GEBOUW

Een slimme meter maakt duidelijk nog geen slim gebouw. Door onvoorzien gebruik en gedrag en slecht of onvoldoende gebouwbeheer functioneert 85% van de gebouwen niet optimaal [1]. Het energiegebruik in de gebouwde omgeving kan aanzienlijk worden gereduceerd door betere ontwerpen en ener-

giemanagement gedurende de gebruiksfase zonder het gewenste thermische comfort van de gebruikers te beperken. Hiervoor is een integrale benadering nodig van alle energiestromen [13] en [2]. Het is belangrijk om te kijken naar de energiebehoefte en de interactie met het elektriciteitsnet. Dit ook specifiek in aansluiting op de recente initiatieven om het bestaande elektriciteitsnetwerk om te bouwen tot het zogenaamde Smart Grid. Belangrijk kenmerk van het Smart Grid is dat het een flow naar beide richtingen mogelijk maakt van opwekkers naar gebruikers en omgekeerd. Dat laatste is van belang omdat gebruikers ook steeds vaker kleine opwekkers worden, 'prosumers'. Belangrijk wordt hierbij het regelen van de



-Figuur 1- Middle-out benadering voor de koppeling tussen Smart Grid en gebouw

energiebehoefte en energie-aanbod door middel van 'demand side management' op laagspanningsniveau in het elektriciteitsnet. Hierbij ontstaan mogelijkheden dat gebouwen ook diensten kunnen verlenen aan het net om zo te zorgen voor netstabiliteit. Om deze mogelijkheden te onderzoeken moet het mogelijk zijn om de informatie vanuit het gebouw te koppelen aan die van uit het Smart Grid. Momenteel wordt op de TU Eindhoven specifiek onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om gebouwbeheersystemen geschikt te maken voor de extra functionaliteiten. Hierbij is in eerste instantie de focus gericht op de energiestromen in het gebouw gerelateerd aan de klimaat- en binnenmilieu-eisen van de gebruikers. De onderzoeksopzet gaat uit van een 'middle-out' benadering, waarbij als het ware een bestuurslaag wordt gebouwd tussen het Smart Grid en het gebouw of de clusters van gebouwen (zie principe-opzet in figuur 1). De benodigde energie voor een gebouw is gerelateerd aan de bouw fysieke, installatietechnische en regeltechnische opzet, het buitenklimaat en, in hoge mate, de gewenste binnenmilieucondities. De gebruikersvoorkeuren zijn een belangrijke invloedfactor op de toe te passen regelstrategie [3,4]. [5] identificeerde een aantal regelstrategieën gebaseerd op de aanwezige gebruikers:

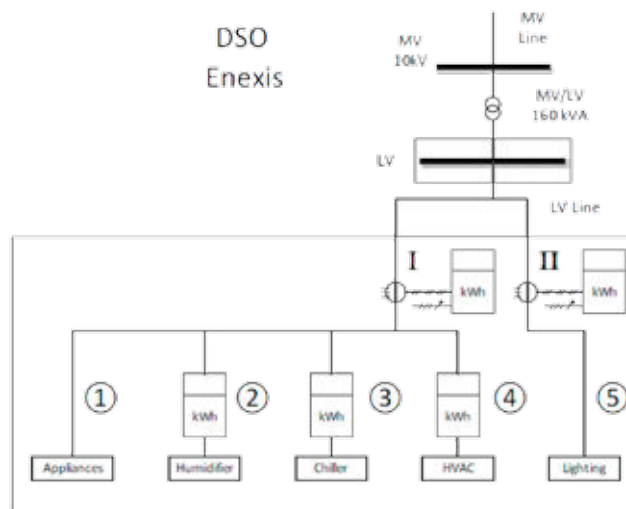
- verlagen van temperaturen in gebieden die gebruikt worden. [6] concludeerden dat hiermee energie bespaard kan worden;
- toepassen van lagere ventilatievouden in ongebruikte ruimten, hetgeen leidt tot lagere ventilatieverliezen en minder energiegebruik;
- regelen van de luchthoeveelheden op basis van aanwezigheid; onder meer [3,7] onderzochten dynamische luchthoeveelheden gebaseerd op CO₂-concentraties. Het toepassen van dergelijke regelstrategieën kan tot besparingen van wel 56% leiden [7];
- reageren op dynamische warmtebelastingen op een tijdige manier; als een verandering van de bezetting is geconstateerd kan het klimaatsysteem onmiddellijk op deze veranderingen inspelen, voordat de temperatuur



-Figuur 2- Testcase kantoorgebouw



-Figuur 3- Vloerplan eerste verdieping testcase kantoorgebouw met de twee ruimten waarin gedetailleerd werd gemeten



-Figuur 4- Elektrisch aansluitschema gebouw op het elektriciteitsnetwerk

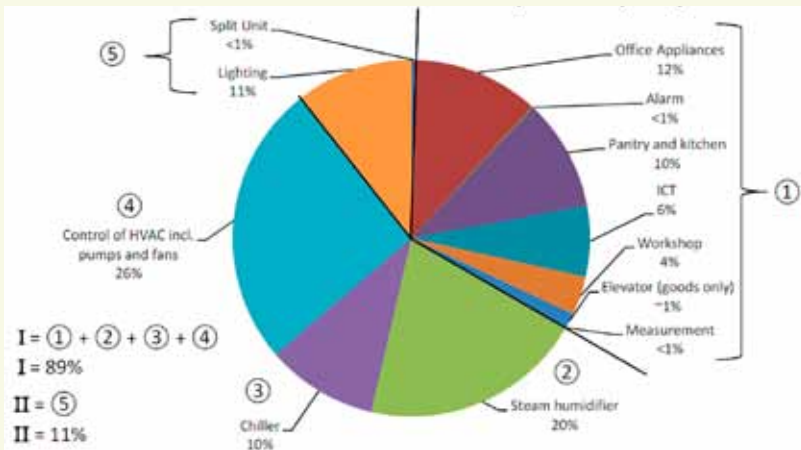
dermate gaat variëren dat het waargenomen wordt met een temperatuuroptener.

CASE STUDY

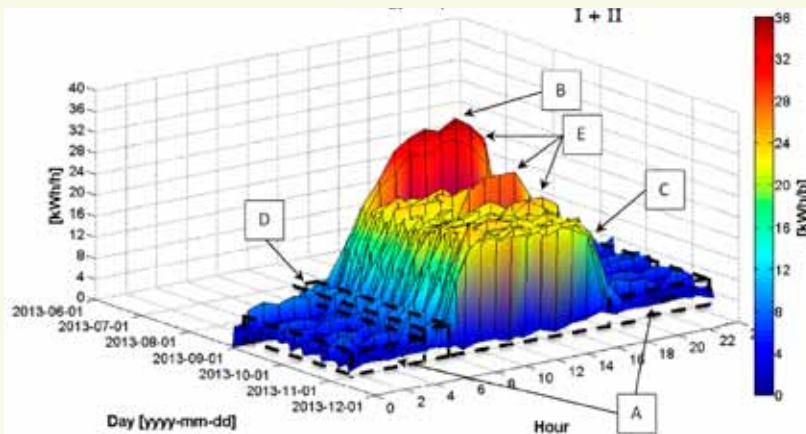
Om een idee te krijgen van de praktische mogelijkheden die een gebouw het Smart Grid-net kan bieden, is een casestudie in het kader van een promotieonderzoek opgestart. Verschillende experimenten werden uitgevoerd in het kantoor van Kropman Breda. Het kantoor bestaat uit drie verdiepingen, is in 1992 gebouwd en in 2009 gerenoveerd. Het gebouw heeft een vloeroppervlak van ongeveer 1.400 m² en er werken zo'n 50 vaste medewerkers, verdeeld over 59 kantoorplekken. De ramen kunnen worden geopend en er is buitenzonwering. De gebruikstijden zijn

van 7.00 tot 18.00 uur op de werkdagen van maandag tot en met vrijdag.

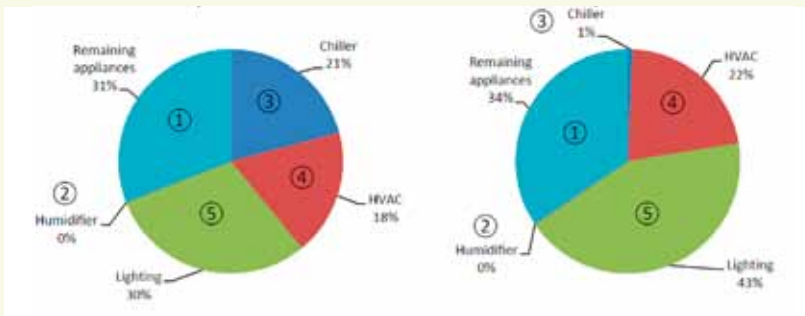
Naast de metingen met het gebouwbeheersysteem, een Priva-systeem met InsiteView, zijn er in twee ruimten specifieke, gedetailleerde metingen verricht (zie figuur 3) met behulp van meetapparatuur van de TU/e, een en ander conform ISO 7726 en het ASHRAE Performance Measurement Protocol. In de op het Zuiden georiënteerde ruimte A werkt één persoon, in de op het Noorden georiënteerde ruimte B werken maximaal drie personen. Het kantoorgebouw is aangesloten op een middenspanningstransformatoronderstation (zie figuur 4). Het geïnstalleerd vermogen is in kaart gebracht en alle hoofdstroomsystemen zijn gemeten. Wat op valt is de onevenredige



-Figuur 5- De verdeling van het totaal geïnstalleerd elektrische vermogen



-Figuur 6- Totale energiegebruikprofiel gerangschikt op datum



-Figuur 7- Verdeling totale energiegebruik voor kalenderweek 36 (links) en 42

verdeling van het aangesloten vermogen bij de twee hoofdaansluitingen; op de ene aansluiting is alleen de verlichting aangesloten, ongeveer 11% van het totaal geïnstalleerd vermogen. De andere aansluiting moet voorzien in de overige 89% van het geïnstalleerd vermogen, zie figuur 5.

Om het gedrag van het energiegebruik in beeld te brengen zijn de volgende metingen verricht:

- meting hoofdaansluitingen elektriciteit;

hoofdgroepen; hoofdgroep verlichting;

- ondervdeling elektrische groepen; koelmachine; elektrische bevochtiger; luchtbehandelingsinstallatie;
- elektriciteitsverbruik verlichting; tl-verlichting van zeven ruimten op de eerste verdieping; algemene verlichting op de eerste verdieping;
- het elektriciteitsverbruik in zeven ruimten op de eerste verdieping; personal computers;

laptops; laptop docking stations; monitors; kleine printers; telefoonopladers; warmwaterboiler; splitunit.

TOTAAL ENERGIEGEBRUIK

Het totale energiegebruik is weergegeven in figuur 6. De continue basisbelasting van het kantoorgebouw is ongeveer 4 kWh/h en weergegeven in donkerblauw (A figuur 6). Het maximaal gemeten energiegebruik door de hoofdaansluitingen I + II gedurende de metingen was 36 kWh/h, weergegeven in rood (B figuur 6). Het totale energiegebruik gedurende de dag lijkt aardig stabiel (C figuur 6) waarbij de profielen van het energiegebruik van de elektrische apparatuur duidelijk zijn te zien in het totale profiel. Met D is het vroege opstartscenario aangeven, zie figuur 6. Het energiegebruik van de koelmachine is ook duidelijk zichtbaar (E) in figuur 6.

Energie efficiëntiescenario's voor luchtbehandeling en verlichting hebben in principe de grootste potentie, aangezien deze een belangrijk deel van het gebruik voor hun rekening nemen. Het energiegebruik van de koelmachine en bevochtiger is sterk afhankelijk van de weercondities en de tijd van het jaar. Zelfs in een week dat de koelmachine actief is, zie figuur 7, nemen de verlichting en overige gebruikers elk ongeveer 30% van het totale energiegebruik voor hun rekening. Vergeleken met de verhouding van de geïnstalleerde vermogens, zie figuur 5, waar verlichting slechts 11% vormt van het totaal, heeft het energiegebruik van de verlichting een relatief groot aandeel met respectievelijk 30% (week 36) en 43% (week 42).

Hoewel in het onderzoek naar alle energiebesparingsmogelijkheden gekeken wordt om alle energiegebruikers in een gebouw slimmer te laten werken, is in eerste instantie gekeken naar de mogelijkheden om de luchtbehandeling slimmer te laten functioneren.

DE LUCHTBEHANDELING

Figuur 8 laat twee verschillende energieprofielen zien voor de luchtbehandeling: het linker profiel heeft de maandagmorgen vroeg opstartinstelling en het rechter profiel laat een actieve nachtventilatiesituatie zien. Het maximum energiegebruik van dit systeem is 6 kWh en het minimum is 0 kWh. In de rechter figuur kun je duidelijk het energiegebruik zien van 0.00 tot 6.00 uur. Het energiegebruik door nachtventilatie is maximaal 5 kWh. Door het zichtbaar maken van de verschillende energiegebruikprofielen groeit het inzicht in de installatie en kan er slim worden ingegrepen met behulp van slimme regelalgoritmes. Figuur 9 laat het energiegebruik zien van de luchtbehandelingsinstallatie voor een dag

weergegeven in een 3D-plot. Hieruit blijkt duidelijk het verschil in energieprofiel bij de situatie met nachtventilatie vergeleken met een normaal dagprofiel. Het maximale energiegebruik is weergegeven in rood en is 6 kWh/h.

EXPERIMENTEN

De ventilatie is onderverdeeld in drie groepen: Noord, Zuid en de salon. Het gebouw wordt mechanisch geventileerd door een centrale luchtbehandelingskast met een stoomluchtbevochtiger en warmteterugwinningswiel. De toevoer- en afzuigventilatoren hebben een maximaal nominaal vermogen van respectievelijk 5,5 en 4,0 kW. Tijdens de experimenten zijn aanpassingen gedaan in de luchthoeveelheden om te kunnen bepalen hoeveel energie bespaard kan worden door de ventilatoren 25% minder te laten werken met de CO₂-concentratie binnen de randvoorwaarden. Tabel 1 geeft de instellingen van het experiment weer. Tussen deze intervallen is er ten minste 1 uur normaal 'set point'. Het tijdschema van de experimenten is gegeven in tabel 2.

RESULTATEN EXPERIMENT

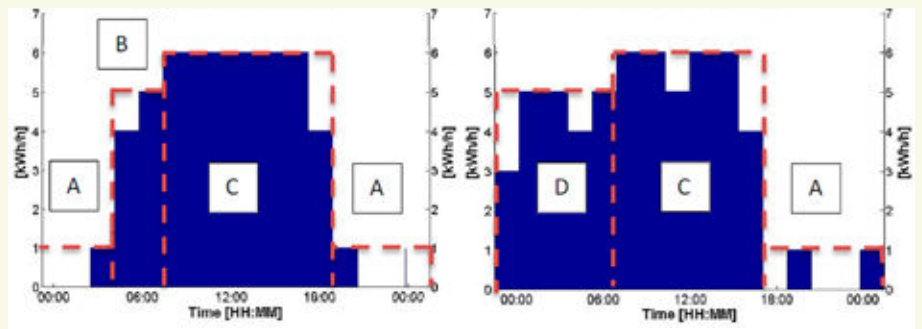
De reductie van de luchthoeveelheden van de toevoerventilator met 25% resulteerde in een toerental van 900 toeren per minuut; 142 (Pa) bij het toevoer kanaal; afvoer ventilator 767 toeren per minuut. De resultaten van de relatieve vochtigheid zijn weergegeven in figuur 10 en die van de CO₂-metingen in figuur 11. (zie volgende pagina)

Uit figuur 10 volgt dat een toevoer reductie van 25% resulteert in een verminderd energiegebruik. Ook het energiegebruik van de elektrische bevochtiger vermindert tijdens de interval tijden I, II en III, zie tabel 2, terwijl de relatieve vochtigheid stabiel blijft rond 50%. De CO₂-concentratie tijdens het experiment is weergegeven in figuur 11.

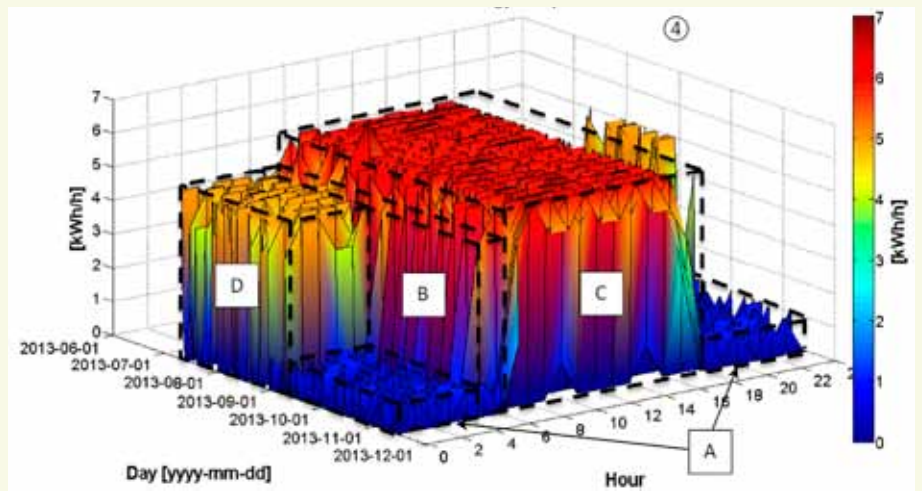
De CO₂-concentratie overschreedt niet de comfortlimiet van 800 (ppm) tijdens de duur van de experimenten (11.33 tot 15.15 uur). De concentratie nam wel toe naar het einde van het experiment toe in interval III, maar dit werd voornamelijk veroorzaakt doordat de relatief kleine ruimte op dat moment bezet werd door drie personen, in plaats van een normale bezetting van één persoon. Het blijkt dus dat er door actief in te grijpen op de regeling van de luchtbehandelingsinstallatie substantieel energie bespaard kan worden terwijl de ruimte condities binnen de grenzen van thermisch comfort en binnenlucht kwaliteit blijven.

DISCUSSIE EN CONCLUSIES

Het Smart Grid, het slimme net, is een antwoord op de nieuwste ontwikkelingen in



-Figuur 8- Dagprofielen van het energiegebruik van de luchtbehandelingsinstallatie; links de vroege start op maandagochtend en rechts bij nachtventilatie



-Figuur 9- Energiegebruiksprofielen van de luchtbehandelingsinstallatie

Interval tijd	Veranderingen toe- en afvoer ventilatoren
15 minuten	25% toevoervermindering
60 minuten terug naar normale instelling	
30 minuten	25% toevoervermindering
60 minuten terug naar normale instelling	
60 minuten	25% toevoervermindering
Duur totaal experiment	3 uur en 45 minuten

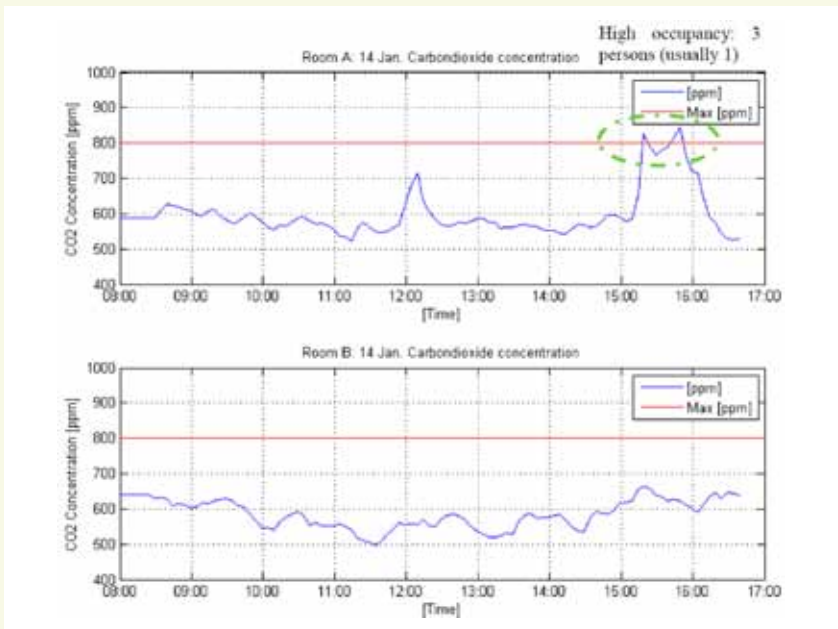
-Tabel 1- Tijdschema experimenten met de luchtbehandelingsinstallatie

	Energiereductie ventilatoren	Energiereductie bevochtiger	Totale energie-reductie	Relatieve vochtigheid binnen
Interval tijd I	~2 kW	~ 5 kW	~ 7 kW	Blijft stabiel
Interval tijd 2	~2 kW	~ 5 kW	~ 7 kW	Blijft stabiel
Interval tijd 3	~2 kW	~ 4-5 kW	~ 6-7 kW	Blijft stabiel

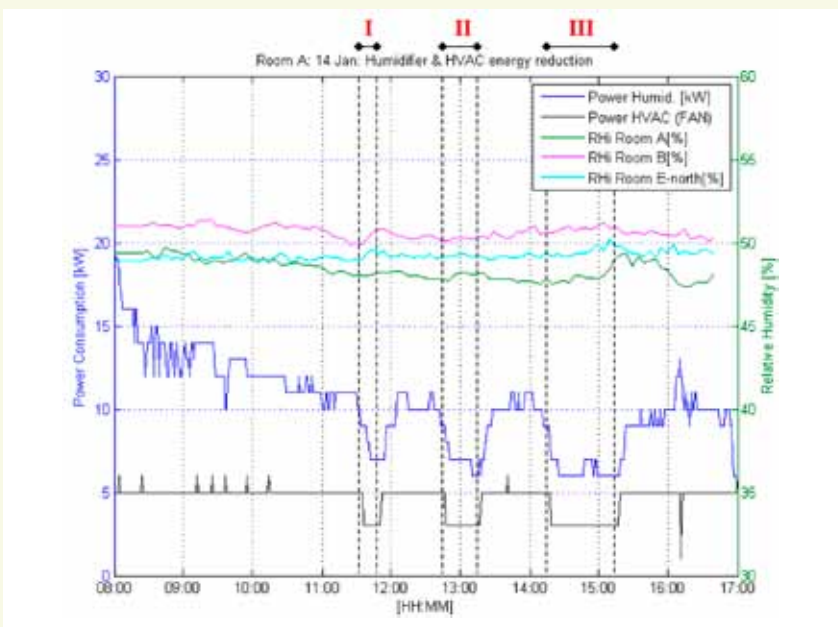
-Tabel 2- Energie reductie tijdens experiment luchtbehandeling

elektriciteitsnetwerken waarin decentrale opwekking, dikwijls op basis van onzeker fluctuerende duurzame energiebronnen zoals zon of wind, een grote onzekerheid (stochastische) in het systeem introduceert. Om hiermee goed te kunnen gaan moet het Smart Grid gebruik gaan maken van 2-wegcommunicatie in de keten tussen gebruiker en producent, waardoor de voor handen zijnde energie op efficiënte wijze kan worden ingezet.

De ontwikkeling naar een slim elektriciteitsnet kan niet voorbijgaan aan de verbonden gebouwen met het net. Dit impliceert een actieve deelname van de gebouwen in het net. Het energiebeheer in het microGrid, de elektrische infrastructuur direct rond de gebouwen, is zeer afhankelijk van het energiebeheer binnen de gebouwen, nanoGrid. In het kader van het onderzoek over het optimaliseren van het microGrid binnen het SmartGrid is in eerste



-Figuur 10- Energiegebruik ventilatoren en bevochtiger tijdens experiment 2, de intervalltijden van de experimenten zijn met zwart aangegeven



-Figuur 11- CO₂ concentraties tijdens het experiment in ruimtes A & B

instantie gekeken naar de mogelijkheden om slim te regelen binnen het nanoGrid. De vraag zal immers voor een belangrijk deel de mogelijkheden voor de afstemming tussen vraag en aanbod in het microGrid bepalen in samenhang met het aanbod uit het SmartGrid. Het onderzoek vindt plaats in het programma TKI Swith2SmartGrid van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl). In het onderzoeksproject werken Kropman, de TU Eindhoven faculteit Bouwkunde en

Elektrotechniek, het Centrum voor Wiskunde en Informatie (CWI) en Almende, gedurende vijf jaar samen. In het kader van het onderzoek zijn twee promovendi aan de slag gegaan, ondersteund door diverse afstudeerders en studenten die in het kader van hun masteropdrachten delen van de experimenten en het onderzoek verzorgen. Hierdoor ontstaat een goede samenwerking tussen bedrijfsleven en kennisinstellingen alsmede tussen onderzoek, onderwijs en ondernemen.

Voor een optimale Smart Grid vanuit systeemogpunt moet een energiemaneagementsysteem (Building Energy Management System (BEMS)) gepaard gaan met communicatie en interactie met het beheerplatform van het Smart Grid [8]. De controle van energievragen in het gebouw, wellicht ook een energiebuffer in het netwerk, biedt flexibiliteit die voor het optimaliseren van het Smart Grid kan worden ingezet met behulp van Demand Side Management (DSM) scenario's zoals demand responds (DR) of Load Control [9]. Deze flexibiliteit blijkt echter nog grotendeels ongedefinieerd met betrekking tot de interactie met het elektriciteitsnet, er is weinig of geen kennis van de mogelijkheden en beperkingen van de energiestromen in een gebouw in relatie tot de energiebehoefte van de gebruikers.

De ontwikkeling van het Smart Grid bevindt zich nog in een vroeg stadium en sommige parameters moeten nog volledig worden gedefinieerd met betrekking tot de interactie met nanoGrid, de energiestromen in de gebouwen zelf. Met de ontwikkeling van een platform voor communicatie tussen de BEMS en Grid Management System (GEMS) worden nanoGrid en Smart Grid meer onderling verbonden en dus meer afhankelijk van elkaar. De huidige keuzes in Energiebeheer hebben daardoor invloed op toekomstige keuzes bij de optimalisering van het SmartGrid [9]. Dit betekent dat de doelen en functionaliteiten van beide gekoppelde energiesystemen het potentieel hebben om elkaar ofwel positief te versterken of, juist omgekeerd, tegen te werken. De huidige top-down-aanpak bij de ontwikkeling van het Smart Grid, wat feitelijk ophoudt bij de interactie met de energiestromen in het gebouw bij de slimme meter, is dan ook te beperkt. Het is tijd voor een middle-out-ontwikkeling die meer rekening houdt met de afhankelijkheden voor energiestromen binnen gebouwen.

Voor de gebouwde omgeving is er nu de kans om voor zich te bereiden op het komende Smart Grid. Nieuwe strategieën voor energiemangement en comfortmanagement moeten worden ontwikkeld om te anticiperen op de komende mogelijk wijzigingen op het gebied van Demand Side Management, vraagsturing (Demand Responds) en Load Control (LC).

Deze studie is een eerste stap op weg naar de evaluatie van de mogelijkheden voor de aanpassing van de energiegebruiksprofielen in een kantoorgebouw en de impact van nieuwe strategieën voor energiebeheer met interactie met het SmartGrid. In dit onderzoek lag de focus op de luchtbehandeling en hoeveelheid toevoerlucht. In de toekomst zal in het kader van het onderzoek ook naar de effecten

van andere interventies met betrekking tot verlichting, koeling, bevochtiging worden gekeken. Dit om een algemener inzicht van de mogelijkheden te verkrijgen over de mogelijkheden om vanuit de gebouwen, het nanoGrid, een bijdrage te kunnen leveren aan het Smart Grid. Alleen op deze wijze kunnen gebouwen slim worden gemaakt.

LITERATUUR

1. Elkhuizen, B. and E. Rooijackers, 2008, Visie op ontwikkeling Gebouwbeheersystemen, Verwarming en Ventilatie (mei 2008): 336-338
2. Georgievski I., Degeler V., Pagani G. A., Nguyen T. A., Lazovik A. and M. Aiello, 2011, Optimizing Offices for the Smart Grid, Technical Report.
3. Yang R., Wang L., 2011, Multi-objective optimization for decision-making of energy and comfort management in building automation and control, Sustainable Cities and Society 2(1): 1-7.
4. Klein L., Kwak J., Kavulya G., Jazizadeh F., Becerik-Gerber B., Varakantham, P., Tambe M., 2012, Coordinating occupant behavior for building energy and comfort management using multi-agent systems. Automation in Construction 22: 525-532
5. Li N., Calis G., Becerik-Gerber B., 2012, Measuring and monitoring occupancy with an RFID based system for demand-driven HVAC operations. Automation in Construction 24:89-99.
6. Zhang H., Hoyt T., Lee K.H., Arens E., Webster T., 2009, Energy savings from extended air temperature set points and reductions in room air mixing, Proceedings Environmental Ergonomics, Boston
7. Sun Z., Wang S.M.Z., 2011, In-situ implementation and validation of a CO2-based adaptive demand-controlled ventilation strategy in a multi-zone office building, Building and Environment 46(1): 124-133.
8. Dave S., Sooriyabandara M., Yearworth M., 2011, A Systems Approach to the Smart Grid. The First International Conference on Smart Grids, Green Communications and IT Energy-aware Technologies.
9. Callaway D. S., Hiskens I. A., 2011, Achieving controllability of electric loads, Proceedings of the IEEE 99 (1): 1184-199.
10. Park K., Kim Y., Kim S., Kim K., Lee WH., Park HC., 2011, Building Energy management System based on Smaert Grid, Proceedings 33rd Telecommunication Energy conference 9-13 Oct., Amsterdam
11. Rijksoverheid, 2014, Kamerbrief over besluit grootschalige uitrol slimme meters, Brief van minister Kamp (EZ) aan de Tweede Kamer over het besluit grootschalige uitrol slimme meters, Rijksoverheid, 2014, Slimme meter, <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/gas-en-elektriciteit-thuis/slimme-meters>
12. Rijksoverheid, 2014 b, Download 'Kamerbrief over besluit grootschalige uitrol slimme meters' PDF document, 9 pagina's, 92 kBKamerstuk: Kamerbrief, 10-03-2014, <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/gas-en-elektriciteit-thuis/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2014/03/10/kamerbrief-over-besluit-grootschalige-uitrol-slimme-meters.html>
13. KyungGyu P., Yoonkee K., SeonMi K., KwangHo K., WookHyun L. and P., HwaChoon, 2011, Building Energy Management System based on Smart Grid, Telecommunications Energy Conference (Intelec), 2011 IEEE 33rd International.

FLIR introduceert een nieuwe lijn test- en meetproducten die is gebaseerd op ons streven naar innovatie, kwaliteit en betrouwbaarheid. Hiervoor hebben wij geput uit onze 50-jarige geschiedenis als 's werelds grootste leverancier van warmtebeeldtechnologie voor leger, overheid en commerciële klanten.

VOCHTDETECTIE:
MISSION:
CRITICAL

CATEGORIE: VOCHTMEETINSTRUMENTEN // ONDERWERP: FLIR ■

MR77: Robuust ontwerp, snelle diagnostiek, verwisselbare sensoren: Allemaal mogelijk gemaakt door FLIR

De nieuwe FLIR MR77 vochtmeter bevat allerlei functies die u helpen zelfs de zwaarste renovatieprojecten tot een goed einde te brengen. De MR 77 kan vocht detecteren tot maar liefst 19 mm onder het oppervlak van bouwmaterialen en bevat verder een IR-punthermometer met laserpointer, in het veld verwisselbare temperatuur-/vochtigheidssensor en een Bluetooth-verbinding met Android-apparaten.

www.flir.com

FLIR Commercial Systems
Luxemburgstraat 2
2321 Meer
België
Tel. : +32 (0) 3665 5100
Fax : +32 (0) 3303 5624
E-mail : flir@flir.com

