

Smart grid en gebouwbeheersystemen

Smart energy systems

Door de introductie van ICT in het energiesysteem ontstaan meer mogelijkheden voor het balanceren van vraag en aanbod en kan de energie-infrastructuur kosteneffectiever worden ontworpen en beheerd. Hierdoor zijn er minder investeringen nodig in conventionele energiecentrales, is een betere benutting van deze centrales mogelijk en kan efficiënter gebruik worden gemaakt van de energiedistributienetten. Dit leidt tot minder CO₂-emissie, lagere kosten en maakt het gebruik van (meer) duurzame energiebronnen aantrekkelijker. Het huidige energiemanagement in gebouwen is verre van optimaal en de toepassing van nieuwe mogelijkheden van ICT kunnen mondiaal tot €600 miljard besparen [1]. Het potentieel om ICT toe te passen is goed beschreven (Røpke et al 2010), maar in veel literatuur wordt de rol van de gebruiker over het hoofd gezien bij het realiseren van de daadwerkelijke energiebesparing.

Prof.ir. W. (Wim) Zeiler, K.O. (Kennedy) Aduda, ir. G. (Gert) Boxem, J.C.G. (Jacob) Verhaart MSc, T. (Tom) Thomassen, Faculteit Bouwkunde, unit Building Physics and Services, TU Eindhoven; ir. J.A.J. Joep van der Velden, J.W. (Jan Willem) Dubbeldam, Kropman Installatietechniek

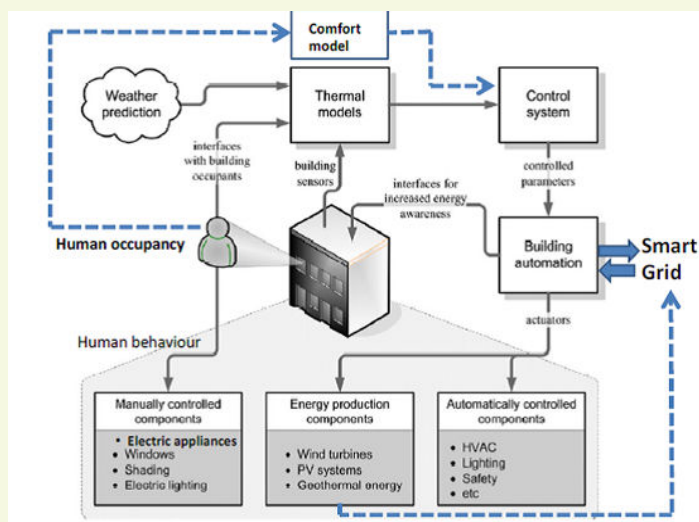
De energiewereld is volop in beweging: decentralisatie, liberalisering en verduurzaming. Installatiebedrijven, maar ook leveranciers van gebouwbeheersystemen, richten zich meer en meer op de besturing van niet alleen de klimaatinstallaties (comfort) en het gebouw (verlichting, toegangscontrole), maar ook op energiesystemen voor gebouwclusters en wijken. De installatiewereld kan met innovatieve gebouwbeheerssystemen haar klanten ondersteunen in hun streven naar energiereductie, energie-efficiëntie en zelfvoorzienendheid. Er dienen daadwerkelijke doorbraken gerealiseerd te worden door op een fundamentele en systematische wijze additionele

functionaliteit te onderzoeken voor gebruikers. Vraag (comfort) en aanbod (centrale energie en decentrale duurzame energiebronnen) dienen beter op elkaar te worden afgestemd. De verwachte impact van Smart Grids is groot. De complexe relaties, belangen en verhoudingen tussen leveranciers, netbeheerders, gebruikers en nieuwe aanbieders van diensten zullen in de komende energietransitie vorm gaan krijgen. Slimme netten zetten de klassieke rol van netbeheerders en energieleveranciers (top-down) als organisatie onder druk. Met de huidige technologie is het immers al mogelijk veel decentraler (bottom-up) te gaan werken. Verschillende eindgebruikers zetten

eigen lokale netwerkjes op en zetten met hun businessmodel de gevestigde orde buitenspel. Dit toekomstbeeld heeft nog vele open einden, zodat een eenduidig businessmodel op voorhand niet is vast te stellen.

■ COMMUNICATIE

Het Smart Grid is een antwoord op de nieuwste ontwikkelingen in elektriciteitsnetwerken. Decentrale opwekking, dikwijls op basis van fluctuerende duurzame energiebronnen zoals zon of wind, introduceert in het systeem een grote onzekerheid (stochasticiteit). Daarom maakt het Smart Grid gebruik van tweewegcommunicatie in de keten tussen gebruiker en



-Figuur 1- De opzet voor een optimale interactie tussen gebruiker en Smart Grid [3]

producent, waardoor de beschikbare energie op efficiënte wijze kan worden ingezet. Belangrijk is de communicatie tussen functionele modules in het Smart Grid om de inzet van buffers voor duurzame bronnen of netstabiliteit te optimaliseren. Hierdoor kunnen nieuwe integrale functionele regeltechnische beheersmodules worden aangeboden voor de optimalisatie van comfort en energie op een wijk- en gebouwniveau gerelateerd aan de individuele werkelijke behoefte aan energie (comfort). Deze modules vormen de technologie voor nieuwe vormen van energiedienstverlening (energie beheer, energiemanagement, energie contracting en outsourcing) door geoptimaliseerde regelstrategieën die zijn gebaseerd op de werkelijke individuele comfortbehoefte van de gebruikers. Een optimale procescontrole is essentieel voor de energieprestatie van gebouwen [2]. Daarvoor moeten nieuwe energiemanagementsystemen worden ontwikkeld die niet alleen het energiegebruik optimaliseren maar dit doen in combinatie met het verbeteren van het comfort van de gebruikers en de optimale inzet van duurzame energiebronnen onder de stabiliteitsvoorwaarden van het Smart Grid.

Een BEMS (Building Energy Management System) is een gecompliceerd regelsysteem voor een gebouw of woning (Home Automation System) dat, met minimalisatie van het energiegebruik, probeert het comfort voor zijn bewoners te optimaliseren. Deze systemen worden hoe langer hoe gesofisticeerder, omdat de voortschrijdende techniek toelaat om de bewoners beter te volgen (bijvoorbeeld met behulp van sensoren) en doeltreffender met hen te communiceren (bijvoorbeeld door

individuele interfaces zoals smart phones). In beide gevallen speelt flexibele en adaptatieve communicatie op verschillende niveaus een belangrijke rol. Desondanks is het energiegebruik in gebouwen aanzienlijk hoger dan nodig voor het comfort van de gebruikers. Beter energiemanagement is nodig voor het optimaliseren van comfort en gebruik. Maar dit vraagt ook om optimale sturing van de energiestromen. Hierbij is het belangrijk om naar de integrale interactie te kijken tussen gebruiker, gebouw, omgeving, energiedistributienetwerken en energie-opwekking. Hiervoor is de optimalisatie van de communicatie tussen de verschillende technische systemen in- en rond het gebouw met de gebruiker cruciaal, zie figuur 1 [3].

AGENT-TECHNOLOGIE

Het onderzoek van de Faculteiten Bouwkunde en Elektrotechniek van de TU Eindhoven focust zich op de interface tussen BEMS en SG en zal onderzoeken hoe agent-technologie gebruikt kan worden om de diversiteit aan communicatie- en optimalisatiestrategieën tussen de verschillende energie(buffer)systemen schaalbaar te houden. Hiervoor wordt aan een modulaire functionele uitbouw gedacht van de hoofdstructuur van agents, waarbij een flexibele communicatieschil met behulp van interface-modules de schaalbaarheid waarborgt. Binnen dit onderzoek wordt de basis gelegd voor de definitie van een overkoepelend agentplatform en communicatiestructuur. Dit theoretische model zal met experimenten in de praktijk worden getoetst.

Agenttoepassingen voor energiemanagement zijn eerder onderzocht. Daarbij verloopt de

uitbouw van de vaak specifieke oplossingen moeizaam. De opgedane inzichten zullen door participanten gebruikt worden voor het onderzoek naar een meer universeel agentplatform, dat (bijvoorbeeld in analogie aan een Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) pakket) de interface kan vormen tussen het Smart Grid en een BEMS. Zo wordt de kern van de communicatie van het opwekkings- en distributieproces tot aan het gebruiksproces gedefinieerd. Daarna kan verder onderzoek plaatsvinden naar de invulling daarvan tot op het niveau van gebouw en de koppeling met het externe elektriciteitsnet.

INTERACTIE

De universele systeemonafhankelijke koppeling van een gebouwbeheersysteem door middel van agentmodules voor de procesbesturing op verschillende niveaus, maakt mogelijk om de interactie met het Smart Grid modulair op te bouwen. Zo kan deze in de toekomst stap voor stap worden geïmplementeerd. De ICT maakt op deze wijze een multi-gebruik mogelijk van de grote aantallen kleine, gedistribueerde actoren. Hierdoor kan het Smart Grid niet alleen meer duurzame energiebronnen inpassen en een betrouwbaardere distributie-infrastructuur garanderen, maar geeft het de eindgebruikers ook een betere kostprijs en meer informatie [4]. Het Smart Grid de doelstellingen mogelijk maken van een duurzamere en efficiëntere energie-infrastructuur met de eindgebruiker als centraal focuspunt (IEA 2011). Centraal bij het besturen van elk energiesysteem staat de regeltechnische architectuur, bestaande uit hardware en software protocols voor het uitwisselen van de systeemstatus en controlesignalen. In conventionele elektrische systemen wordt dit gedaan met behulp Scada-systemen. De huidige trend voor de controle en monitoring van elektrische systemen beweegt zich in de richting van multi-agentsystemen. In de context van powersystemen kan multi-agenttechnologie voor een hele reeks van toepassingen worden ingezet, bijvoorbeeld 'powersystem disturbance diagnosis', 'power system restoration', 'power system secondary voltage control', 'power system visualization' en als gepresenteerd in recent werk, om de werking van een microgrid te controleren [5,6]. Om bij een microgrid, bij de verschillen in beleving en karakter van gebruikers, toch iedere gebruiker een goed comfort en energieprofiel aan te kunnen bieden, dienen er mogelijkheden te zijn om individuele aanpassingen te doen. Voor dit alles is veel meer lokale informatie nodig. De toepassing van goedkope draadloze sensornetwerken biedt hiervoor een moge-

lijke oplossing [7]. Het wordt dan mogelijk de balans tussen energie-aanbod en energievraag beter op elkaar af te stemmen. Door de inzet van diverse vormen van energiebuffering, wordt ook minder energie gebruikt, gegeven de actuele en verwachte binnen- en buitencondities. Hiervoor is het nodig om een integrale benadering te kiezen, zoals die in figuur 2 is weergegeven.

■ INFRASTRUCTUUR

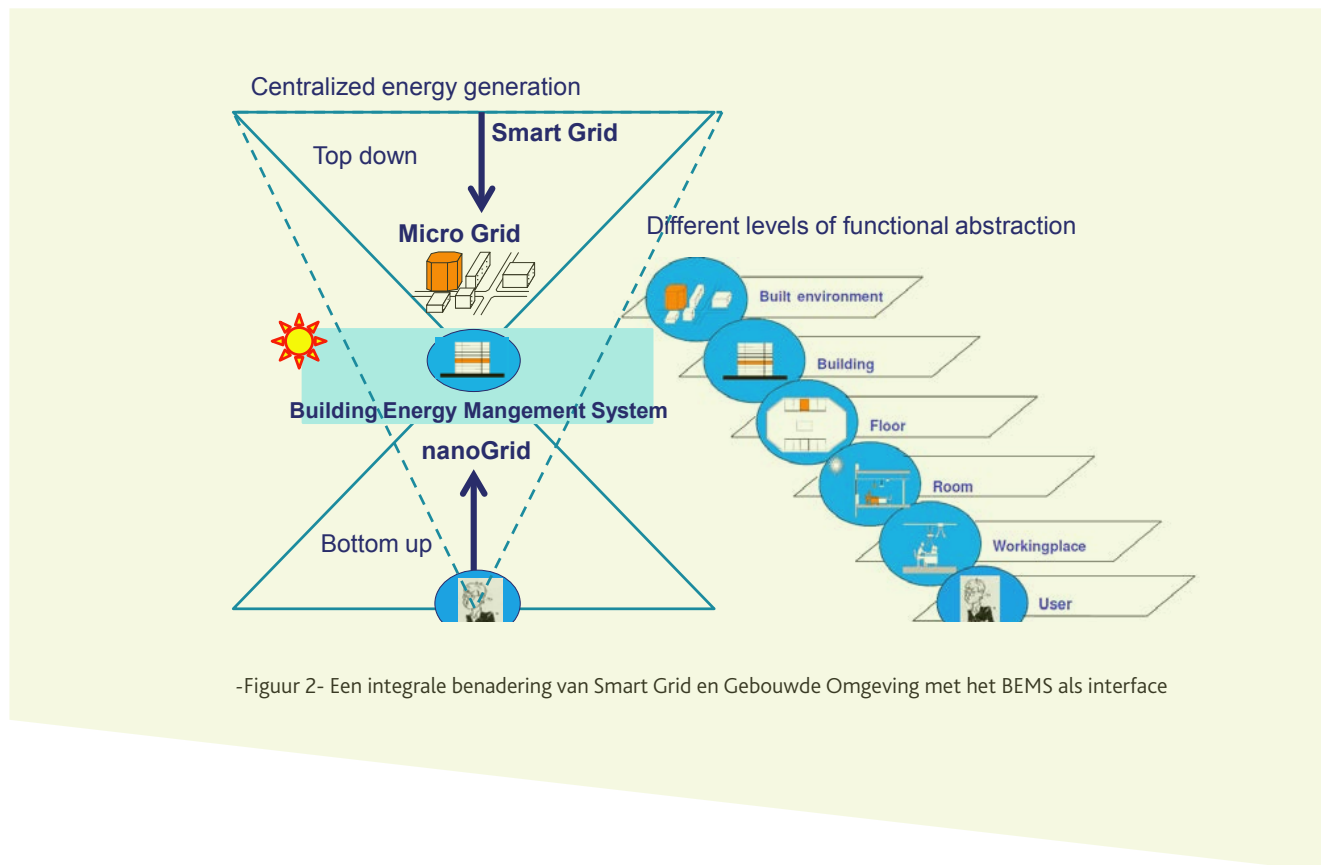
In relatie tot de state-of-the-art zit het vernieuwende van de gepresenteerde aanpak in het combineren van elementen van Smart Grid en eindgebruikers. Kenmerken van het Smart Grid zijn nieuw, zoals Demand-Response functionaliteiten in een echte omgeving, met prijzen die komen van de echte energiemarktcondities, echte duurzame energiebronnen en aansturing van elektrische apparatuur. De resultaten zullen niet berekend, ingeschat of gesimuleerd worden maar worden gemeten en 'gebootstrapped' in een 'living lab setting'. Om de doelstellingen te halen voor energie- en energiegebruikskostenreductie is het van groot belang niet alleen het energiegebruik te monitoren maar ook de regelinstallaties en de aansturing van de aangesloten apparatuur te verfijnen, hetgeen ontbreekt in de bestudeerde literatuur [4]. Het overzicht van [8] geeft de huidige stand van zaken op het gebied van onderzoek naar communicatienetwerken in de volgende generatie powersystemen. Er is nog veel onderzoek nodig voordat een communi-

catie-infrastructuur kan worden geïmplementeerd voor intelligent energiemanagement [8]. Dit komt onder andere doordat er nog geen breed geaccepteerde gestandaardiseerde communicatienetwerkinfrastructuur is dat gebruikt kan worden bij de transformatie van het huidige elektrische power grid naar een Smart Grid [9]. Er is een toenemende interesse in de richting van de ontwikkeling van 'routing protocols' om te voldoen aan de voorwaarden voor Smart Grid applicaties. Maar de ontwikkeling staat nog maar aan het begin en er zijn nog vele problemen op te lossen [10].

■ DUURZAME ENERGIE

Het onderzoek maakt het mogelijk om stapsgewijs in modules additioneel op bestaande BEMS functionaliteiten aan te bieden die het mogelijk maken om tot een optimalere afstemming te komen tussen energievraag en (duurzame) energie-aanbod in het Smart Grid. Het Smart Grid wordt hierdoor flexibeler ten aanzien van de inzet van duurzame energiebronnen, zonder dat de netstabiliteit in gevaar komt. Ook kan de beschikbare netcapaciteit beter uitgenut worden en er een ecologisch optimalere brandstofmix ingezet worden. Het project beoogt een soort functionele middleware communicatiestructuur te definiëren voor een agentplatform, waardoor systeemafhankelijke koppelingen voor data-uitwisseling en interactie als product kunnen worden aangeboden. Door deze meer universele aanpak kan tot een defacto standaard aanpak

worden overgegaan bij de implementatie van Smart Grid optimaliseringsystemen, in plaats van de huidige project-specifieke oplossingen. Dit leidt op termijn tot een geweldige kostenreductie alsmede kwaliteitsverbetering. In plaats van het toepassen van nieuwe energiezuiniger apparatuur voor koeling, verwarming of ventilatie, is dit onderzoek gefocust op het optimaal regelen van de comfortbehoefte en de benodigde energie daarvoor in relatie tot het Smart Grid middels de te ontwikkelen modules. Dit betekent dat deze regelstrategie toegepast kan worden in zowel nieuwe als ook in bestaande gebouwen. Het kan daarmee de leidende technologie worden om de potentiële energiebesparing van geavanceerde regeltechniek in combinatie met Smart Grid in de Nederlandse gebouwde omgeving te realiseren. De realiseerbare energiebesparing kan conservatief worden geschat op 20% ten opzichte van de huidige situatie. Van deze 20% procent energiebesparing is conform het rapport 'Maatschappelijke kosten en baten van Intelligente Netten' [11] 4% absolute besparing door de gedragsverandering bij de toepassing van Smart Grids. Het resterende deel wordt gerealiseerd door de comfortscenario's die ingrijpen op de regelstrategie van de comfortinstallaties in de gebouwen. Dit is gebaseerd op recent onderzoek aan de TU/e, waarin op basis van een case-study van een bestaand kantoorgebouw de besparingen zijn uitgerekend [12,13].



-Figuur 2- Een integrale benadering van Smart Grid en Gebouwde Omgeving met het BEMS als interface

■ INTEGRALE BENADERING

Smart Grids beïnvloeden de mogelijkheden voor de opwekking van grootschalige en kleinschalige (duurzame) energie, energieopslag en energiebesparing in de gebouwde omgeving. De ontwikkeling richting energie-neutrale gebouwde omgeving bijvoorbeeld, vereist mogelijkheden voor lokale uitwisseling van energieoverschotten en -tekorten. De maatschappelijke 'business case' is gebaat bij een integrale benadering van deze grote systeemveranderingen [14]. De ideeëvorming over het temporale verloop van de individuele energie/comfortvraag staat nog maar aan het begin. De inzet van intelligente voorspellende regelingen gebaseerd op agenttechnologie lijkt mogelijkheden te bieden. Het streven is om op basis van scenario's tot een kwalitatieve modellering te komen die gebruikt kan worden bij de gerichte inzet van agents voor verdere optimalisering van comfort en energie. De agents zijn lokaal geïnstalleerde informatiesystemen die autonoom het comfort en de energie-infrastructuur kunnen aansturen. Zo kan de informatie uit de gebouwen gebruikt worden voor het optimaliseren van de aansturing van de energie-infrastructuur.

Dit onderzoek richt zich daarnaast op de toepassing van een Smart Grid met behulp van bestaande 'wireless low-cost' sensoren en actuatoren voor energiemangement in kantoorgebouwen. In het bijzonder de toepassing van zulke Smart Grids gecombineerd met multi agents in een bestaand kantoorgebouw met zijn eigen gebouwbeheersysteem, zal de relevantie laten zien van de beoogde applicatie voor comfort en energiemangement. Naast de toepassing van de Smart Grid-technologie is het van groot belang geavanceerdere regelstrategieën voor energiemangement te ontwikkelen niet alleen voor het energiegebruik maar juist voor comfortmanagement. Net als de Taskforce Intelligente Netten is een Smart Grid een 'enabler'. Het biedt de mogelijkheid om effectief en efficiënt in te spelen op de balans tussen vraag en aanbod van energie. Consumentengedrag is de sleutel tot financiële winst, die in het gehele systeem kan optreden. Daarom is ervoor gekozen om dit leidend te laten zijn. De benodigde energiebesparingen en CO₂-reductie om de afgesproken EU-doelstellingen te halen, kunnen alleen worden bereikt door innovaties op het gebied van brainware (ontwikkeling van kennis over comfortbehoefte van de mens), hardware (ontwikkeling van sensoren en nieuwe communicatie-apparatuur) en software (bijvoorbeeld agents voor optimalisatiestrategieën voor comfort en energie).

Het streven is naar een standaardisatie van de virtuele infrastructuur om zo kosten effectief

en hoogwaardige diensten en producten te kunnen ontwikkelen. Alleen dan is er een voldoende economisch perspectief.

■ CONCLUSIES

Naast het gebruik van gebouwbeheersystemen (GBS) zijn de energiemonitoringsystemen (BEMS) en energiedienstverlening (EDV) sterk in opkomst. De opzet van het huidige project is om de technische basisstructuur te ontwikkelen die zorgt dat de koppeling met Smart Grid in BEMS en GBS geïntegreerd kunnen worden en zo algemeen toepasbaar worden gemaakt in gebouwen. Zo ontstaat een programma-lijn van innovatieve diensten en producten (B2B en B2C), waarbij de nadruk ligt op energiemangement, het balanceren van het energieaanbod en 'vraagsturing' door middel van de slimme inzet van energiebuffering. De opzet is uitdrukkelijk om niet alleen hard- en softwareproducten te ontwikkelen maar ook brainware: nieuwe (duurzame) energie/comfortbeheerscontracten op basis van tevoren overeengekomen prestatiecriteria. Deze energiedienstverlening (EDV), ook wel 'energie performance contracting' genoemd, zal in de toekomst een grote markt vormen. Het zorgt immers voor ontzorging van organisaties, zodat deze zich meer met hun kernactiviteiten kunnen bezig houden.

■ REFERENTIES

1. Webb M., 2008, SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age, report of The Climate Group
2. Yu Z., Zhou Y., Deter A., 2007, Hierarchical Fuzzy Rule-based control of renewable energy building systems, Proceedings Cisbat 2007, Lausanne
3. Kolokotsa D., Rovas D., Kosmatopoulos E., Kalaitzakis K., 2011, A roadmap towards intelligent net zero- and positive-energy buildings, Solar Energy 85: 3067–3084
4. Georgievki I., Degeler V., Pagani G.A., Nguyen T.A., Lazovik A., Aiello M., 2011, Optimizing offices for the Smart Grid, JBI preprint 2011-12-01, Johann Bernoulli Institute for Mathematics and Computing Science of the University of Groningen
5. Pipattanasomporn M., 2009, Multi-Agent Systems in a Distributed Smart Grid: Design and Implementation, IEEE Power Systems Conference and Exposition (PSCE'09), Seattle, Washington, USA
6. Nguyen H., 2010, Multi-agent system based active distribution networks Ph.D. dissertation, Eindhoven University of Technology.
7. Neudecker F., 2010, Eliminating wires and batteries in building management the new standard: Energy harvesting wireless

sensors, Proceedings Clima 2010, May 10-12, Antalya

8. Wang W., Xu Y., Khanna M., 2011, A survey on the communication architectures in smart grid, Computer Networks 55:3604–3629
9. Gao J., Xiao Y., Liu J., Liang W., Philip Chen C.L., 2012, A survey of communication/networking in Smart Grids, Future Generation Computer Systems 28: 391–404
10. Saputro N., Akkaya K., Uludag S., 2012 A survey of routing protocols for smart grid communications, Computer Networks, <http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2012.03.027>
11. Blom M.J., Bles M., Leguijt C., Rooijers F.J., Gerwen R. Van, Hameren D. Van, Verheij F., 2012, Maatschappelijke kosten en baten van Intelligente Netten, CE Delft, publicatienummer 12.3435.10
12. Vissers D., Zeiler W., Boxem G., 2012, Integral Design of Micro Climate and Control strategies for near Zero Energy Offices, Proceedings Healthy Buildings, Brisbane
13. Vissers D.R., 2012, The human body as sensor for thermal comfort control, Master thesis building services, Technical University of Eindhoven
14. Taskforce Intelligente Netten, 2011, Op weg naar intelligente netten in Nederland, Einddocument van de Taskforce Intelligente Netten
15. International Energy Agency, 2011, Implementing Agreement on Demand-Side Management Technologies and Programmes 2011 Annual Report, Edited by Anne Bengtson
16. Isalgue, A., Palme, M., Coch, H., Serra, R., 2006, The importance of users' actions for the sensation of comfort in buildings, Proceedings PLEA 2006, Geneva
17. Kester J.C.P., Zondag H.A., 2006, Demand Side Management achter de meter, Raming verduurzamingspotentiëlen, ECN rapport E-06-037, November 2006
18. Nicol J.F., 2007, Comfort and energy use in buildings – Getting them right, Energy and Buildings, 39: 737-739
19. Palme M., Isalgue A., Coch H., Serra R., 2006, Robust design: a way to control energy use from human behaviour in architectural spaces, Proceedings PLEA 2006, Geneva
20. Røpke I., Christensen T.H., Jensen J.O., 2010, Information and communication technologies – A new round of household electrification, Energy Policy 38: 1764-1773