

Openbaar eindrapport

User Centered Energy Reduction (UCER)

Energieverbruik in utiliteitsgebouwen reduceren door het concept van een individueel comfortstelsel praktisch toepasbaar te maken en de invoering daarvan te faciliteren

maart 2015



Projectgegevens

Projectnummer: TKIGB01006
Projecttitel: User Centered Energy Reduction (UCER)
Penvoerder: Priva BV (dhr. R. Zeelen; ronald.zeelen@priva.nl)
Projectleider mw. V.F. Couenberg
Medeaanvragers: NXP Semiconductors
Kropman Installatietechniek
Vabi Software BV
Maastricht University
Technische Universiteit Delft
Technische Universiteit Eindhoven
TNO
Projectperiode: 20 december 2012 – 31 december 2014

Contactpersoon UCER-project:

Ronald Zeelen, ronald.zeelen@priva.nl

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, voor het TKI EnerGO uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.



Het project

Energiebesparing speelt bij nieuwbouw en renovatie van utiliteitsgebouwen een prominente rol. Aanzienlijke besparingen worden al bereikt. Het accent ligt daarbij echter voornamelijk op de energetische eigenschappen van de gebouwschil en de technische installaties. Het daadwerkelijke gebruik van het gebouw of het gedrag en de wensen van de individuele gebruiker worden nauwelijks gezien als mogelijkheden om energie te besparen. Klimaatinstallaties worden overwegend ingesteld op vaste, voor het hele gebouw gelijke waarden waarbij zo min mogelijk comfortklachten worden gemeld (predicted mean vote benadering). Veelal betekent dit dat de centraal geregelde binnentemperatuur in de winter hoger en in de zomer lager wordt ingesteld dan strikt noodzakelijk is.

Het UCER-project heeft tot doel het energieverbruik in utiliteitsgebouwen verder te reduceren door het concept van een individueel comfortstelsel (ICS) praktisch toepasbaar te maken. Alleen al voor Nederland wordt bij een gedeeltelijke introductie een jaarlijkse besparing van 52 miljoen m³ gas voorzien (situatie per 2020). Dit leidt tot een CO₂-reductie van 92 duizend ton per jaar.



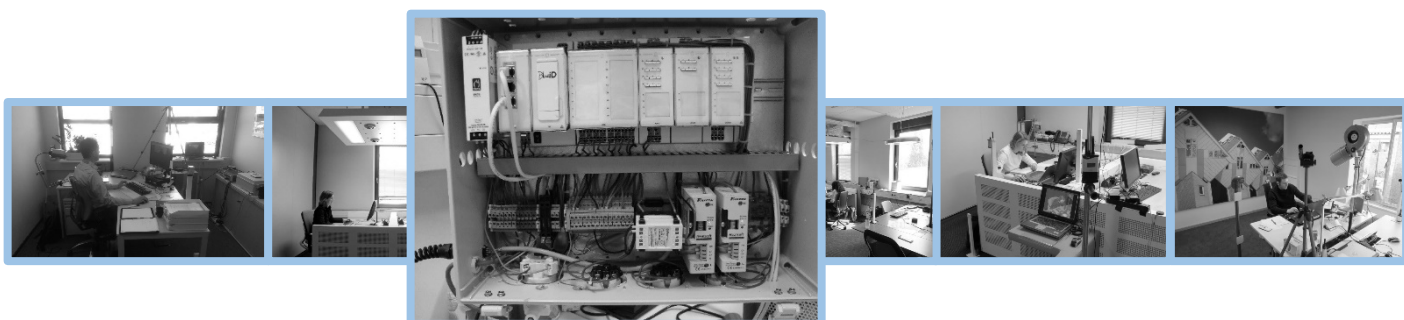
De doelstelling

De hoofddoelstelling van het UCER-project is om aan te tonen dat onder voor de praktijk representatieve omstandigheden een significante energiebesparing en CO₂-reductie kan worden gerealiseerd door toepassing van een individueel comfortstelsel. Een afgeleide doelstelling is om de daadwerkelijke toepassing van de beoogde aanpak te bewerkstelligen door relevante partijen in de ontwerp-, realisatie- en exploitatiefase bewust te maken van de voordelen en hen te ondersteunen bij het ontwerp en de besluitvorming met een te ontwikkelen adviesondersteunend tool. De scope van het project is gericht op de thermische aspecten van een individueel comfortstelsel.

De belangrijkste beoogde resultaten van het UCER-project zijn:

1. Twee varianten van een individueel comfortstelsel. Door de verschillende prijs/prestatieverhouding bestaat voor beide varianten een marktperspectief. Deze resultaten vormen de basis voor een individueel comfortstelsel als integraal product. Daarnaast zijn afgeleide deelproducten als een comfortgerelateerd monitoringsysteem en een stand-alone klimaatbureau voorstelbaar;
2. Een adviesondersteunend tool ten behoeve van een objectief inzicht in de met een individueel comfortstelsel te bereiken energiebesparing en een zorgvuldige kosten/batenanalyse.
3. Een uitgebreide rapportage waarin de resultaten van de praktijkevaluatie worden vastgelegd. Deze rapportage vormt tevens de basis voor disseminatie van kennis en resultaten.

Met de resultaten van het UCER-project zijn de bedrijven in staat om een individueel comfortstelsel als integraal product in de markt te zetten. Zij vergroten daarmee hun onderscheidend vermogen en versterken daarmee hun (inter)nationale concurrentiepositie.



De focus

Om de projectdoelstelling te bereiken, zijn binnen UCER twee varianten van een individueel comfortstelsel onderzocht, die onderling verschillen in de mate van gebruikersinteractie. In de eerste variant (ICS1) beïnvloedt de gebruiker de instellingen van de ICS actief, terwijl er in de tweede variant (ICS2) sprake is van 'human in the loop'-regeling waarbij de gebruiker zich niet langer actief hoeft bezig te houden met zijn comfort, maar wel de mogelijkheid behoudt om het automatisch geregelde comfort bij te stellen. De overeenkomst tussen de varianten is de technische installatie die lokaal op de individuele werkplek het persoonlijke klimaat realiseert.

Met het oog op eenvoudige toepassing in zowel nieuwbouw- en renovatieprojecten als op tijdelijke-, mobiele of flexwerkplekken is de installatie gericht op stand-alone functioneren. Hiermee wordt bedoeld dat de lokale installatie in thermische zin niet noodzakelijkerwijs fysiek is aangesloten op de centrale klimaatinstallatie.



De partners

- De Universiteit van Maastricht is gespecialiseerd in fysiologisch onderzoek. Zij heeft zich gericht op (fundamenteel) onderzoek onder gecontroleerde omstandigheden naar indicatoren die als signaalfunctie kunnen dienen voor optredend discomfort en naar actuatoren, lichaamszones die effectief zijn om te verwarmen of (ver)koelen om fysiek thermisch comfort te realiseren.
- De TU Eindhoven beproefde actuatoren voor het individueel comfortstelsel en ontwikkelde het systeemconcept in samenwerking met NXP (gespecialiseerd in sensoren, sensorfusion en meettechnieken om mens-gerelateerde parameters en relevante omgevingscondities te kunnen bepalen),
- Priva (expertise in signaalverwerkings-, modellerings-, optimalisatie- en simulatiemethoden om concepten voor een dynamisch meet- en regelsysteem te kunnen ontwikkelen)
- Kropman (samen met Priva sterk in ontwerpmethoden om systeemconcepten te kunnen omzetten naar concrete proof of concept demonstrators ten behoeve van evaluatiedoelstellingen en kennisoverdracht).
- Voor de validatie en verificatie zijn in gezamenlijk overleg de meetprotocollen vastgesteld. De experimenten met het ontwikkelde individueel comfortstelsel zijn uitgevoerd door de TU Eindhoven (lab-experimenten) en door TU Delft en TNO (semi-lab-experimenten en praktijkproeven). De TU Delft heeft extra aandacht besteed aan het gedrag en de beleving van de proefpersonen bij het gebruik van de ICS en heeft extra onderzoek gedaan naar de effecten van dynamiek in klimaatcondities op comfortbeleving.
- Tot slot heeft Vabi in overleg met het consortium referentiecasses opgesteld en KPI's benoemd die samen met de resultaten uit de experimenten als benchmarks inzicht geven in de meerwaarde van het toepassen van een ICS.



De resultaten

Het toepassen van een ICS (individueel comfortstelsel) in kantooromgevingen realiseert comfort voor de gebruiker in een omgevingsconditie die tot 3 °C verschilt ten opzichte van de gebruikelijke ingestelde centrale temperatuur (van 22 °C). Het ICS stelt iedere gebruiker in staat zijn eigen thermisch comfort te realiseren waardoor het aantal comfortklachten wordt gereduceerd richting nul.

Naast het realiseren van comfort blijkt dat met het inzetten van een ICS op kantoorniveau een besparing kan worden bereikt van 3-46% op energiekosten en CO₂-productie. In warme omgevingscondities (zomersituatie) wanneer de ICS voor lokale verkoeling wordt ingezet is een besparing mogelijk van 26-46% en in koude omgevingscondities (wintersituatie) wanneer de ICS voor lokale verwarming wordt ingezet is een besparing mogelijk van 3-12%. De werkelijke hoogte van de besparing is afhankelijk van de karakteristieken van het kantoorgebouw en de bestaande klimaatinstallatie. De genoemde besparingscijfers kunnen (zeker voor de ICS-verwarmen) hoger worden wanneer het concept technisch verder wordt geoptimaliseerd.

Dashboard

De resultaten zijn geïntegreerd in de binnen dit project ontwikkelde adviesondersteunende tool. Deze tool bevat een visualisatie in de vorm van een dashboard. Op deze wijze kunnen klimatiseringsconcepten direct met elkaar vergeleken worden. Het maken van een afweging tussen investerings-, exploitatie- kosten, comfort en milieudoelstelling blijft altijd lastig. Door gebruik te maken van een dashboard waarin scores voor de afzonderlijke onderwerpen (KPI's en hun onderliggende elementen) worden weergegeven, kunnen de concepten tegen elkaar worden afgewogen en wordt inzicht geboden. Op deze wijze kan het ICS-concept worden afgewogen tegen onder andere conventionele concepten. Het afwegen van deze facetten kan in de ontwerpfase maar ook bij renovatie een belangrijke rol spelen. Ook kunnen bestaande comfortklachten en een hoog energiegebruik met behulp van het dashboard met een opdrachtgever doorgenomen worden.



Het perspectief

Het ICS-concept onderscheidt zich in twee opzichten van conventionele klimatiseringsconcepten: De omgevingstemperatuur mag afwijken van de optimale temperatuurinstellingen, én iedere gebruiker is in staat om het systeem optimaal aan zijn klimaatwensen aan te passen.

Doordat de omgevingstemperatuur mag afwijken, worden energiebesparingen behaald. Als de afwijkende temperatuur lang aanhoudt of de afwijking groot is, zal de besparing het grootst zijn. In de praktijk vertaalt zich dat in gebouwen met een mindere isolatie en ruimten die zich slecht laten klimatiseren zoals een (receptie) werkplek in een atrium.

De individuele aanpasbaarheid komt het best tot zijn recht in kantoortuinen met veel werkplekken. In de kantoortuin heerst één temperatuur, hierdoor kan nooit aan alle individuele wensen voldaan worden. Zelfs indien iedereen dezelfde inspanning verricht en hetzelfde gekleed is, zijn er altijd nog 5% ontevreden als de temperatuur optimaal is ingesteld. Door toepassing van het ICS-concept is het wel mogelijk om aan alle individuele wensen te voldoen.

De verwachting is dat de komende jaren in de utiliteit veel renovatie van kantoorgebouwen zal plaatsvinden en dat daarin ook behoefte is aan flexibel indeelbare en hoogwaardige werkplekken. Het ICS-concept past daar uitstekend in: individueel regelbaar, flexibel, compact, gebruiker centraal, high performance etc. Kansen worden gezien in de toepassing van het concept in bestaande bouw met sterke focus op energiereductie en indien mogelijk de koppeling met het SmartGrid om de duurzame energieopwekking en flexibiliteit in energiegebruik te kunnen communiceren met het net.

De ontwikkelingen in draagbare sensoren, die allerlei biometrische parameters aan het menselijk lichaam kunnen meten, bieden mogelijkheden voor de doorontwikkeling van het ICS-concept. Dit soort sensoren kan ook gebruikt worden om comfort te meten aan de mens. Via koppeling met een smartphone en een speciaal ontwikkelde ICS App op de telefoon van de gebruiker, is de gebruiker in staat om de instellingen van de actuatoren van het ICS naar behoefte te beïnvloeden.

Gebruikersintegratie

Het ICS draagt bij aan het ontstaan van een nieuwe doelgroep, de mens die het klimaat ervaart en bepaalt. De eindgebruiker komt meer en meer centraler te staan. Hiermee neemt ook de verantwoordelijkheid van de gebruiker toe. Het is cruciaal dat de gebruikersinteractie in de toekomst in nieuw te ontwikkelen systemen wordt geïntegreerd. (Dit geldt niet uitsluitend voor het ICS).

Conceptintegratie

Het UCER concept bestaat uit twee gedeelten: De hardware om lokaal te kunnen klimatiseren en een methodiek om lokaal discomfort te kunnen waarnemen en hierop bij te kunnen sturen. Het hardware gedeelte is erop gericht zo efficiënt mogelijk de warmte en koude op de werkplek te krijgen. De huidige per ruimte regelbare systemen (klimaatplafonds, fancoil units) zijn misschien minder efficiënt maar kunnen evengoed met het in het UCER project ontwikkelde sensor- en regeltechniek worden aangestuurd.

Toepassingsgebieden

Gebouwen kunnen in de toekomst mogelijk anders worden ontworpen. Minder ruimte is nodig voor transport en afgifte. Lokaal klimatiseren, met een ICS, biedt kansen voor retrofit. Met name gebouwen die in eerste instantie niet zijn ontworpen naar hedendaagse kantoormaatstaven, bijvoorbeeld loodsen of fabriekshallen, kunnen daardoor als kantoor gebruikt worden.

Het ICS-concept biedt kansen omdat met slim ontwerpen (van regeltechniek) en inzetten van eenvoudige middelen veel kan worden bereikt. Een succesfactor is een goede samenwerking tussen meerdere marktpartijen, in zowel de ontwerp- als de operationele fase.

Projectbijdrage aan de CO₂-reductie, duurzaamheid in het algemeen en de economie

De belangrijkste winstpunten van het project op het gebied van CO₂-reductie, duurzaamheid in het algemeen en de bijdrage aan de Nederlandse economie, zijn de volgende:

Gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek wordt bij de toepassing van een individueel comfortstelsel een energiebesparing van 25% mogelijk geacht. Uitgaande van het gegeven dat de gebouwde omgeving (exclusief woningbouw) ongeveer 10% van het totale energieverbruik voor haar rekening neemt, wordt bij volledige invoering op het totale Nederlands energieverbruik 2,5% bespaard. Uitgaande van een gefaseerde invoering en een toepassingsgraad van 50% in 2020, resulteert op dat moment een besparing van ongeveer 1,2% op nationaal niveau en ruim 12,5% binnen het segment utiliteitsbouw.

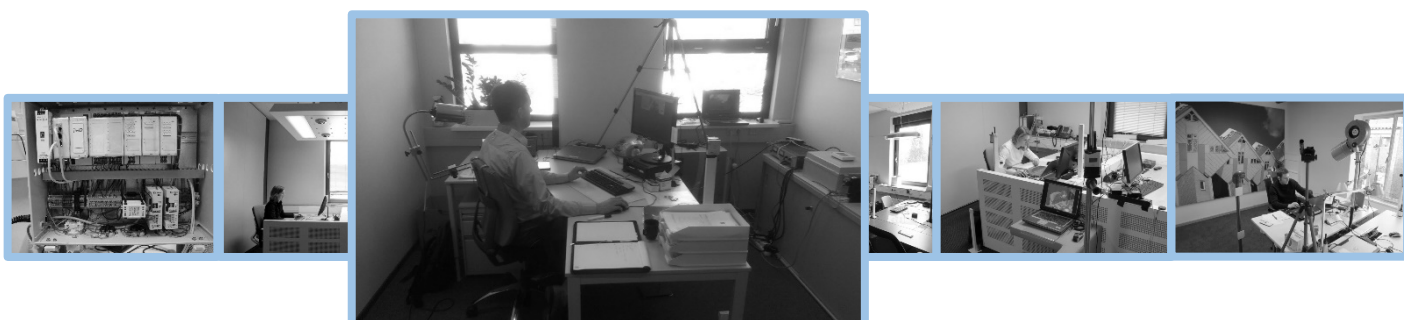
Aangenomen mag worden dat de wereldwijde toepassing en met name die in de meer geïndustrialiseerde landen, procentueel een met de Nederlandse situatie vergelijkbare CO₂-reductie tot gevolg heeft. Dit betekent dat het UCER-concept in potentie een significante bijdrage kan leveren aan een duurzaam gebruik van energiebronnen en een substantiële reductie van CO₂-emmissie kan bewerkstelligen.

Daarnaast is uit onderzoek van TNO en Halmos gebleken dat 70 tot 80% van de gebouwinstallaties niet werkt zoals oorspronkelijk ontworpen, met als gevolg energievervalsing en discomfort. In vergelijking met de nu gangbare centrale klimaatsystemen zal door het decentrale systeemconcept van UCER (tijdelijk) slechter functionerende deelinstallaties een aanzienlijk kleinere impact hebben op de totale energie-inefficiëntie in een gebouw.

Binnen het decentrale systeemconcept zijn kant-en-klaar geproduceerde klimaatmodules, gericht op lokaal gerealiseerd individueel comfort uitstekend in te passen. De productie van dergelijke modules is goed beheersbaar uit te voeren waardoor voorafgaand aan montage de beoogde energie-efficiëntie volledig kan worden gecontroleerd en gegarandeerd.

Tot slot beoogt het UCER-project door het creëren van een individueel comfort een significante reductie van het energieverbruik in utiliteitsgebouwen en een productievere werkomgeving. Enerzijds leidt dit tot producten en diensten waarmee klanten een besparing op energieverbruik kunnen realiseren. Anderzijds mag er een effect op de productiviteit van medewerkers worden verwacht: in een prettiger binnenklimaat presteren mensen beter en zijn ze bijvoorbeeld minder vaak ziek.

Door de hogere energie-efficiëntie en de hogere productiviteit zal de belangstelling voor de van het UCER-project afgeleide producten groot zijn. Alleen al de besparingen op energiekosten creëren een aanzienlijke investeringsruimte voor een individueel comfortstelsel. Aangezien de beoogde producten eenvoudig en ook zonder grote aanpassingen in bestaande kantoren kunnen worden toegepast, is de huidige economische situatie van laagconjunctuur eerder een kans dan een bedreiging.



Publicaties

Titel	Publicatie-datum	Naam tijdschrift, krant, website etc.	Door partner
Optimaal thermisch comfort	2013	TVVL	MU
Thermisch comfort onder niet-uniforme omgevingscondities	2013	Bouwfysica	MU
The human body as its own sensor for thermal comfort	2013	Proceedings of CISBAT	TU/e
Process Control on Workplace Lever – User Centered Energy Reduction	2013	Proceedings of ICEBO 2013	TU/e
The relation between the thermoneutral zone and thermal comfort zone – Determination of the thermoneutral zone and the influence on thermal behaviour	2014	Proceedings of Windsor 2014 Conference: Counting the cost of comfort	MU
Personal heating; energy use and effectiveness	2014	Proceedings of Windsor 2014 Conference: Counting the cost of comfort	TU/e
Design of a Neck Heating System.	2014	Proceedings of Indoor Air 2014	TU/e
Personal heating: effectiveness and energy use.	2015	Building Research & Information	TU/e
Climate chamber tests for measuring performance characteristics of a personal cooling system	2015	Proceedings of ASHRAE annual conference 2015	TU/e
Performance of personalized heating	2015	Proceedings of ASHRAE annual conference 2015	TU/e

