

# Leerstoel Energy in Built Environment

*Aan de TU Delft wordt op twee plaatsen onderzoek en onderwijs verzorgd op gebieden van installatietechniek. De ene plek is de leerstoel van Peter Luscuere bij de Faculteit Bouwkunde, die in een ander artikel beschreven wordt in dit themanummer, en de andere is de leerstoel Energy in Built Environment, voorheen Klimaatregeling, van Dolf van Paassen bij de Faculteit 3mE. De leerstoel is een onderdeel van de sectie Energie Technology van de Faculteit, Maritime and Materials Engineering (3mE) van de TU Delft.*

*- door prof.dr.ir. A.H.C. van Paassen\**

**H**et vakgebied werd door de Faculteit 3mE van de TU Delft, dermate belangrijk gevonden dat de situatie na mijn pensionering min of meer wordt voortgezet tot halverwege 2008. Het is van belang dat het vakgebied zichtbaar blijft voor studenten uit de typisch mechanische hoek, zodat ze na hun studie desgewenst hiervoor kunnen kiezen. Immers via colleges en opdrachten komen ze erachter dat het een boeiend vak is. Op deze wijze blijft er een spoor open naar de meer technische aspecten van de klimaatbe-

heersing. Want één ding is voor mij duidelijk. Na de fase van integreren en conceptueel ontwerpen zal de roep naar gedetailleerde kennis over de werktuigbouwkundige aspecten weer te horen zijn.

In 2008 hopen we dat het tij zal keren en een herstart kan worden gemaakt met de leerstoel Energy in Built Environment.

Ondersteuning vanuit de industrie is nodig en zal zeker worden gegeven als we kijken naar het verleden. Het is hier de juiste plaats om ons eraan te

herinneren dat de WOI al vanaf 2000 mijn deeltijd leerstoel heeft gefinancierd.

### ONDERWIJS

Tot op heden nemen vijftien à twintig studenten deel aan de colleges.

Nadruk wordt gelegd op het kunnen toepassen van de theorie. Zo moeten ze zelf een computerprogramma maken voor het bepalen van het verloop van de binnentemperatuur bij verschillende vormen van koelen.

Hierna weten ze echt alles over de thermische huishouding van een kantoorvertrek en hoe in de zomer een comfortabel binnenklimaat kan worden gerealiseerd.

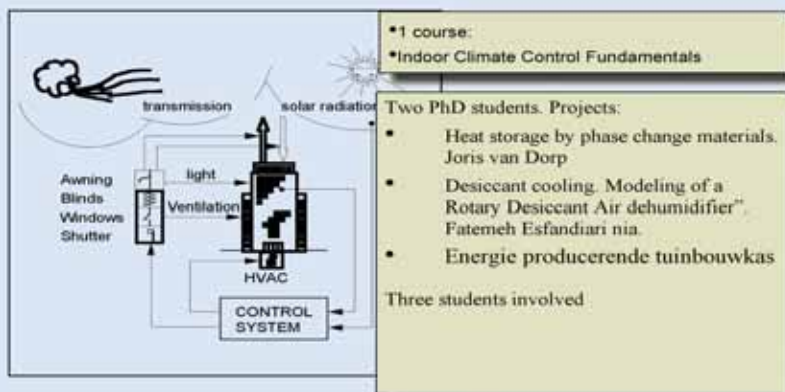
### Onderzoek

Het onderzoek is beperkt tot de volgende drie onderwerpen:

- heat storage by phase change materials. Promovendus Joris van Dorp (werkzaam bij Arcadis);
- desiccant cooling. Modelling of a Rotary Desiccant Air dehumidifier". Promovenda Fatemeh Esfandiari nia;
- tuinbouw systeem "REVERSI", gebaseerd op desiccant koeling en PCM. Dit project komt voort uit de nominatie van de prijsvraag "Energieproducerende tuinbouwkas".

### PHASE CHANGE MATERIALS (PCM)

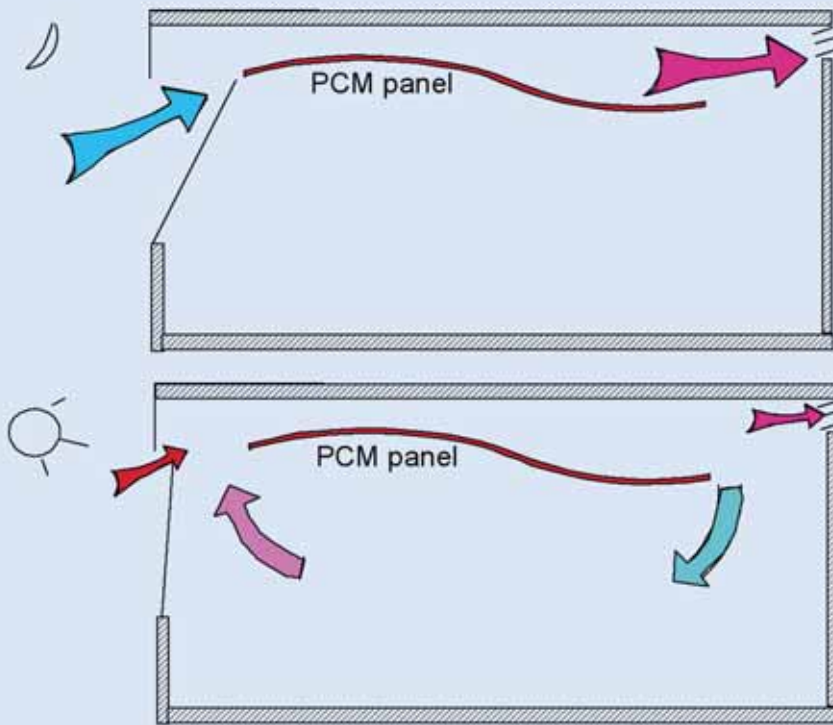
PCM opgesloten in plafondpanelen is in staat via het smeltproces overtollige warmte overdag op te slaan en dit 's nachts via het stolproces weer af te voeren. Dit afvoeren kan bijvoorbeeld via natuurlijke of mechanische ventilatie en wel met een ventilatievoud die beduidend groter is dan voor de verse



Activiteiten van de leerstoel "Energy in Built Environment"

- FIGUUR 1 -

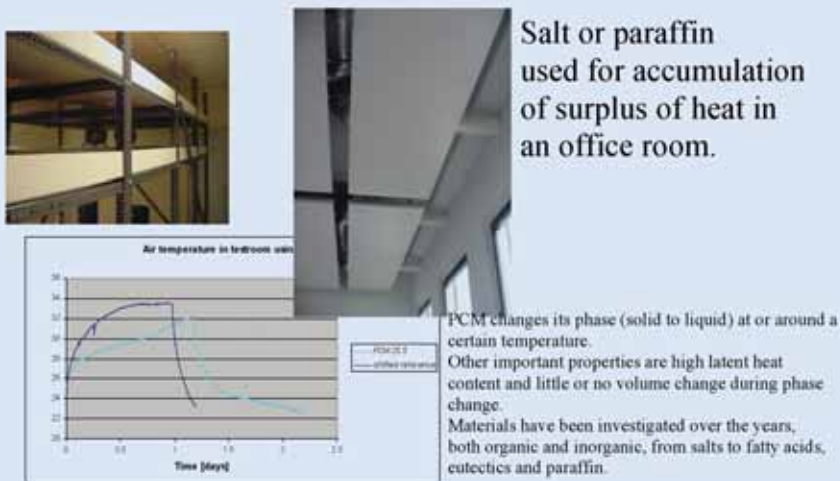
\* leerstoel Energy in Built Environment, SPET (Sustainable Processes and Energy Technology), Faculty 3mE, TUDelft



Koelen van een vertrek met plafondpanelen gevuld met Phase Change Material (zout). Overdag wordt het te veel aan warmte door het smelten van de PCM opgenomen en 's nachts wordt door overmatig ventileren en stollen deze hoeveelheid warmte afgevoerd.

- FIGUUR 2 -

### Heat storage Phase Change Material test in de klimaatkamer



Met PCM gevulde plafondpanelen zijn getest in een klimaatkamer. Uit de responsie op een stapvormige toename van de interne belasting is het verschil tussen een gewoon plafond en een gevuld met PCM overtuigend. De temperatuur in het vertrek blijft 4K lager.

- FIGUUR 3 -

luchttoevoer vereist is. Bovendien moet het traject van smelten en stollen met zorg worden gekozen om overdag de binnentemperaturen binnen de comfortgrenzen te houden. In figuur 2 is dit beeldend weergegeven.

#### TEST IN KLIMAATKAMER

Dat het PCM plafond werkt, is experimenteel in een klimaatkamer aangetoond (figuur 3).

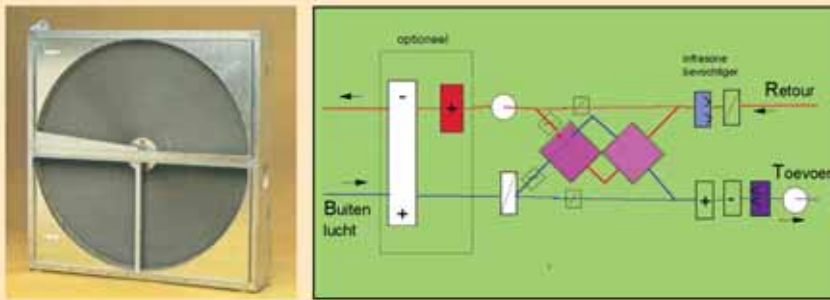
De resultaten in de klimaatkamer laten zien dat met het PCM-plafond

de toename in de temperatuur door een stapvormige toename van de interne warmteontwikkeling met ongeveer vier graden kan verminderen. Vergelijk de blauwe curve met de groene. De blauwe curve is de binnentemperatuur van de klimaatkamer zonder PCM-plafond en de groene curve is de binnentemperatuur met het PCM-plafond. Dit resultaat is als volgt naar de werkelijke situatie te vertalen. Is de situatie in een gebouw zodanig dat normaal de temperatuur gedurende de dag zou toenemen van 22 °C tot 28 °C, dan zal dit bij het gebruik van het PCM-plafond beperkt blijven tot 24 °C. Dus normaal zou het binnenklimaat hoogst onaangenaam zijn, maar met het PCM-plafond blijft de temperatuur binnen de comfortgrenzen. Dus een koel binnenklimaat zonder de energie gebruikende koelmachine.

#### SIMULATIE STUDIES

Het gedrag van het PCM-materiaal is in een fysisch model vastgelegd. Dit model is getoetst (gevalideerd) met de metingen in de klimaatkamer. Toen dit voldoende nauwkeurig bleek te zijn is dit model toegepast in een gebouwsimulatie waarmee het gedrag over een heel jaar kan worden nagebootst. Dit leverde antwoorden op vragen zoals:

- hoe moet het plafond worden ontworpen om mechanische koeling onnodig te maken? (Antwoord: een PCM-plafond dat 80 % van het echte plafond beslaat is voldoende om een goed ontworpen gebouw met een interne warmteontwikkeling door mensen, computers en verlichting van 30 W/m<sup>2</sup> comfortabel te houden in de zomer);
- hoe moet het samenwerken met het ventilatiesysteem en met hoeveel lucht moet het plafond 's nachts worden ontladen. (gedurende de nacht moet het ventilatiesysteem in een hoger toerental worden geschakeld, zodat de lucht ten minste drie keer per uur wordt ververst);
- moet dit met een mechanisch ventilatiesysteem of kan het ook via het openen van ramen? (Antwoord: met een goed ontworpen raamopening werkt het systeem nog effectiever omdat er meer kan worden geventileerd zonder enig gebruik van energie.



Desiccant cooling (drogen, warmteterugwinning en bevochtigen) kan de buitenlucht afkoelen tot bijvoorbeeld 16 °C. Dit is voldoende om een gebouw in de zomer te koelen en dus het conventionele koelsysteem te vervangen.

- FIGUUR 4 -

Dat PCM werkt is duidelijk aange- toond door metingen in de klimaatka- mer en door simulaties.

Een eenvoudige vuistregel, die zegt dat 1 cm PCM vergelijkbaar is met 10 cm beton geeft een idee wat er met PCM kan worden bereikt. Helaas is het nog altijd te duur om effectief te worden toegepast en heeft het zijn beperkingen. Na een week hittegolf werkt de PCM niet meer. Dit wil zeggen dat het zout 's nachts niet meer kan stollen vanwege de te hoge buitentemperatuur. Mechanische koeling moet dan worden toegepast als enkele te warme dagen niet worden geaccepteerd.

### DESICCANT COOLING

Koelsystemen gebaseerd op droogmid- delen (desiccant cooling) zijn energie- besparend en veilig voor het milieu. Zij worden steeds meer toegepast voor de conditionering van gebouwen. In deze systemen wordt vocht uit de lucht verwijderd door een droogmid- del, waarbij adsorptiewarmte vrijkomt en de temperatuur toeneemt. Deze gedroogde lucht wordt vervolgens gekoeld met verdampingskoeling. Het eindresultaat van dit proces is gekoel- de lucht, dat kan worden gebruikt om ruimten te koelen, zoals een kantoor of tuinbouwkas. Het geadsorbeerde vocht wordt elders in het proces uitge- dreven en in zijn oorspronkelijke toe- stand teruggebracht. Dit gebeurt met warmte afkomstig van een gasboiler, afval warmte of zonnewarmte. Het is dus een met warmte gedreven koelsys- teem, dat zeer geschikt is om de piek- last van elektriciteitscentrales te ver- minderen en de milieuschade door koelmiddelen te vermijden. Er zijn vele vormen mogelijk om dit


proces technisch te laten verlopen. In dit onderzoek wordt het ronddraaiend wiel toegepast. Dit wiel met daarop aangebracht een droogmiddel draait achtereenvolgens door de afvallucht uit het gebouw en de verse buitenlucht hierbij vocht en warmte overdragend. Drogingskoeling wordt in deze studie nader onderzocht op haalbaarheid in vergelijking met het conventionele koelsysteem. Aan bod komen de energie- kosten en de CO<sub>2</sub>-emissie. De resultaten geven aan dat de haalbaar- heid sterk afhangt van ontwerp-groot- heden (zoals gewenste inblaastempera- tuur, de vereiste koelcapaciteit en vooral het klimaat. Dit laatste geldt vooral voor een vochtig klimaat zoals in Beijing. Hier bleek een systeem met een lage inblaastemperatuur en een grote capaciteit slechter te scoren dan eenzelfde systeem in Nederland. Voor de haalbaarheidsstudie is een computersimulatie opgezet met Mat- lab/ Simulink. Hiermee kan het gedrag van het systeem gedurende een referentiejaar worden gevolgd. Uit de simulatie blijkt dat “desiccant cooling” goed voldoet in een gematigd klimaat zoals in Nederland.

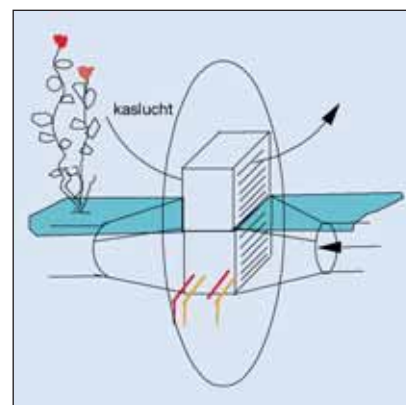
Het project wordt door Senter/Novem financieel ondersteund en wordt uitge- voerd in samenwerking met Carrier HH en Klima Delft. Het hoofddoel is fysische kennis te genereren over “koelmiddelvrije koeling met droging en bevochtiging” en dit te gebruiken voor het ontwikkelen van ontwerp- middelen en simulatieprogramma's.

### REVERSIE

Tuinbouw systeem “Reversie” is geba- seerd op desiccant koeling en PCM en lange termijn opslag. Dit project komt voort uit de nominatie van de prijs-

vraag “Energieproducerende tuin- bouwkas”. De Stuurgroep Kas als Energiebron heeft tien van de 42 inge- zonden ontwerpen voor de Ontwerp- wedstrijd Energieproducerende Kas uitgenodigd voor de tweede fase. De tien beste inzendingen werden uitge- nodigd om een voorontwerp voor een demo-project te maken Het consor- tium REVERSI bestaande uit Vander- zandeFlorpartners / Klima Delft / TU Delft / Adegeest Kasverwarming / R. Bergenhenegouwen behoorden bij deze tien gelukkigen.

Het doel is het binnenklimaat in een tuinbouwkas op een zodanige wijze te regelen dat er met de installaties netto meer energie overblijft dan wordt gebruikt. Uiteraard worden de kosten op een lagere prioriteit gezet dan het energiegebruik, anders zou in de verste verte dit niet kunnen worden gereali- seerd. Maar met warmte/kracht, warmtepomp, lange termijn opslag en een goed gevulde portemonnee (lees subsidie) kom je dicht in de buurt. 



Het nieuwe klimaatsysteem voor kas- sen. Ramen zoveel mogelijk gesloten houden in verband met de CO<sub>2</sub>-docering en de lucht drogen en koelen met een desiccant koelsysteem.

- FIGUUR 5 -