

# Betrouwbaarheid gebouwsimulatieprogramma's

Het testen van software blijft een belangrijke stap in de ontwikkeling van gebouwsimulatiesoftware. Een veel gebruikt gereedschap hiervoor is de uit 1995 stammende Building Energy Simulation Test (BESTEST)[1] van het Internationaal Energie Agentschap (IEA). Onze nationale EDR (Energie Diagnose Referentie) heeft deze BESTEST als basis gebruikt. Gedurende periode 2004-2009 zijn de testen verder ontwikkeld in een nieuwe IEA-activiteit (IEA-SHC Task 34 / ECBCS Annex 43). Binnen deze IEA-taak zijn hier testen voor ontwikkeld (zie o.a. figuur 3 en 4). In dit artikel wordt ingegaan op deze nieuwe testen en worden ervaringen van VA114 met deze testen aangehaald.

A.J.Th.M (Aad) Wijsman en ir. W. (Wim) Plokker, Vabi Software BV, Delft.

Door op jaarbasis, maar ook op uurbasis de resultaten van verschillende programma's te vergelijken kan inzicht worden verkregen welke programma's afwijken. Dit kan duiden op een fout in de software, op een te eenvoudig model ten opzichte van de andere programma's, maar ook op een meer gedetailleerd model. Deze aanpak leidt tot verbeteringen in de programma's.

### ■ INLEIDING

De nieuwe testen betreffen de volgende vijf deelaspecten:

#### -subtask A: *Ground Coupling*

Testen voor modellen voor het warmteverlies naar de ondergrond.

#### -subtask B.1: *Multi Zone - Non Air*

Testen voor modellen voor beschaduwing en zondoorstraling (via binnenramen naar naburige ruimten)

#### -subtask B.2: *Multi Zone - Air*

Testen voor modellen voor luchttransport tussen ruimten

#### -subtask C: *Shading - Day lighting*

Testen van modellen voor beschaduwing en lichttoetreding

#### -subtask D: *Mechanical Equipment*

Testen voor modellen voor koudeopwekkers en koelbatterijen, voor warmteopwekkers en verwarmbatterijen.

#### -subtask E: *Double Skin Façade*

Testen voor modellen voor Tweede Huidfaçades

Naast het vergelijken tussen resultaten van de diverse modellen ("Intermodelvergelijking") vond er ook vergelijking plaats met metingen ("Empirische vergelijking").

Vabi Software BV is deelnemer aan deze groep geweest. In de testontwikkeling werd met het gebouwsimulatieprogramma VA114 deelgenomen aan de onderdelen A (Ground Coupling), B.1 (Multi Zone – Non Air), D (Mechanical Equipment) en E (Double Skin Façade). Het resultaat van deze IEA-activiteit was tweeledig:

-nieuwe testen kwamen beschikbaar, waarmee derden hun programma op de specifieke onderdelen kunnen testen

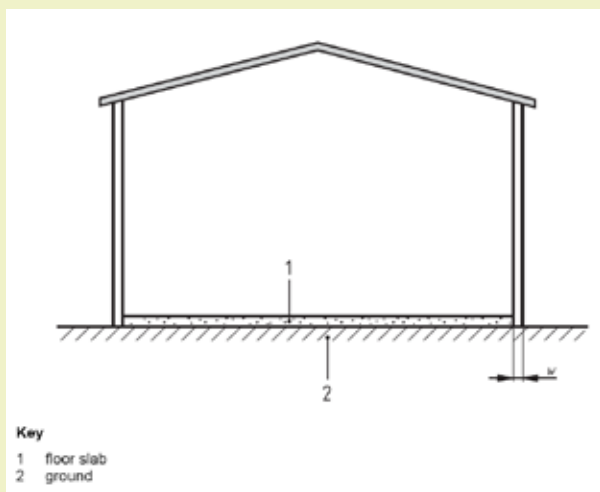
-de deelnemende programma's ondergingen deze testen, hetgeen leidde tot diverse modelverbeteringen.

De eindproducten van deze IEA-activiteit (testcases en eindrapporten) zijn te vinden op de [iea34-43-ftp-site](http://iea34-43-ftp-site)

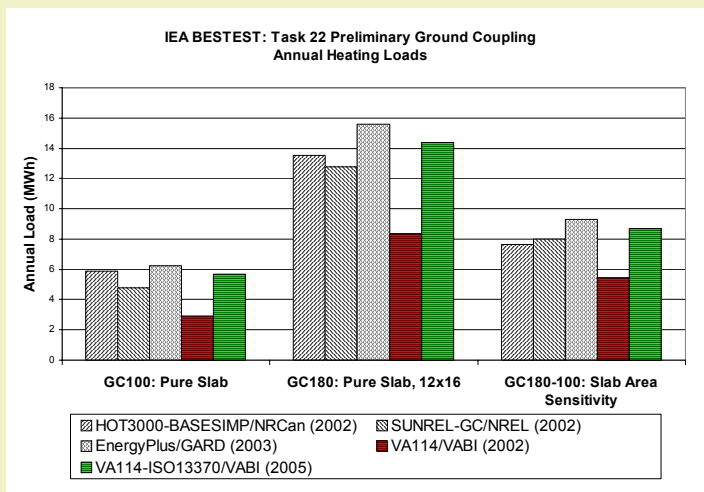
#### **Subtask A: Ground Coupling - (trekker USA)**

*Testen voor modellen van de warmte-uitwisseling met de ondergrond.*

Gebouwen worden energie-efficiënter, waardoor de warmte-uitwisseling tussen het gebouw en de ondergrond steeds belangrijker wordt. Deze koppeling tussen gebouw en ondergrond is een complexe verbinding met driedimensionale warmtegeleiding, lange tijdconstanten, opslag van warmte. De traditionele, ééndimensionale benadering schiet duidelijk te kort. In de praktijk komen diverse manieren van koppeling voor: vloeren direct op



-Figuur 1- Vloer direct op ondergrond.



-Figuur 2- Resultaten van testen - oude aanpak (rood) en nieuwe aanpak (groen).

de ondergrond, vloeren boven een kruipruimte en vloeren van kelders. Gebouwafmetingen, vloeropbouw, eigenschappen van de grond, grondwaterniveau, e.a. hebben allemaal invloed op deze warmte-uitwisseling. Door isolatie op specifieke plaatsen kan de warmte-uitwisseling worden beperkt.

Deze IEA-taak heeft zich beperkt tot vloeren direct op de ondergrond (slab-on-grade), zie figuur 1.

Programma's, waarvoor de testen werden ontworpen, variëren van zeer gedetailleerd (3D, eindige elementenpakketten) tot eenvoudig. De zeer gedetailleerde pakketten vragen veel rekenkracht en rekentijd en zijn vaak te veel van het goede.

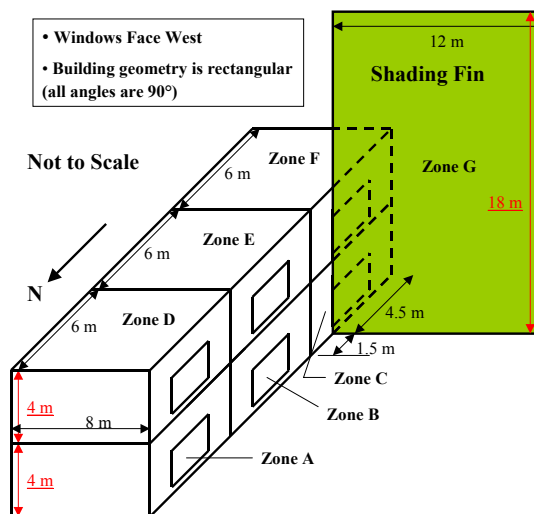
VA114, dat tot nu toe een ééndimensionale benadering toepaste, is overgestapt op een nieuwe methode, die is gebaseerd op ISO 13370:1998 "Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods" [2]. De hierin beschreven methode voor een vloer direct-op-de-ondergrond neemt het 3D-effect mee en heeft als resultaat een aantal coëfficiënten die de betreffende warmte-uitwisseling karakteriseren.

VA114 heeft de voorgestelde testen ondergaan en de resultaten voor deze vereenvoudigde ISO-methodiek waren verbluffend goed. Ook het effect van grondwaterstroming kan worden meegenomen. Figuur 2 geeft een indruk van deze resultaten.

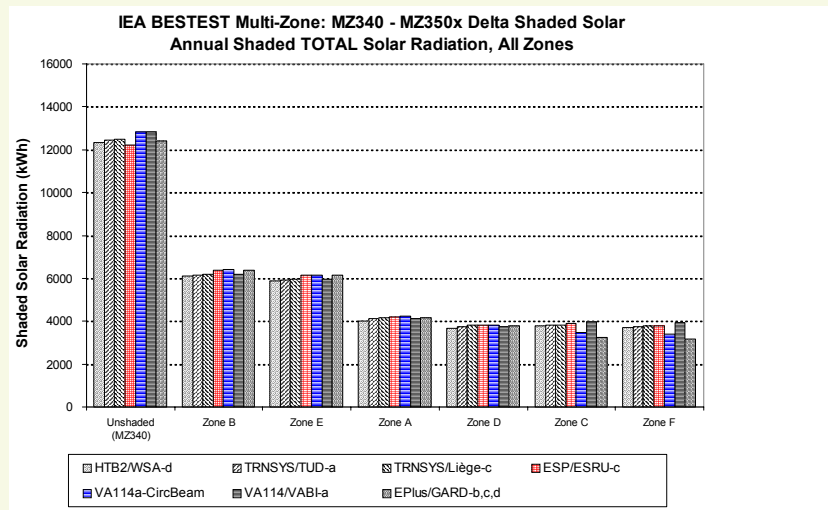
### Subtask B.1: Multi Zone - Non Air - (trekker USA)

Testen voor modellen van beschaduwing en zondoorstraling (via binnenramen naar naburige ruimten).

Beschaduwing vindt plaats door eigen gebouwdelen, uitstekende geveldelen en door omliggende gebouwen. Programma's maken onderscheid in beschaduwing van directe straling en in beschaduwing van diffuse beschaduwing. Dat deze schaduwgevende objecten



-Figuur 3- Voorbeeld van testcase met beschaduwing van een vin over meerdere vertrekken.



-Figuur 4- Voorbeeld van testcase met zonnestraling door een binnenraam.

meerdere ramen tegelijk kunnen beschaduwden is een extra complicerende factor. Zonnestraling, die via ramen binnenkomt, kan

in het vertrek weer op een ander raam vallen en via dat raam het vertrek weer verlaten (naar buiten of naar een buurvertrek).

Voor de beschaduwingstestcase zijn in figuur 5 en 6 enkele resultaten gegeven. VA114 is hierbij met twee modellen te zien: het ene model rekent circumsolaire diffuse straling tot de directe straling (standaard in VA114) en het andere model rekent deze component tot de diffuse straling (zoals de andere programma's doen). Volgens Vabi Software BV is de eerste aanpak de betere, maar omwille van de vergelijking is ook de andere aanpak gegeven. Voor VA114 waren deze testen zeer nuttig toen werd overgegaan op een meer algemene aanpak, die ook niet-rechthoekige gebouwwormen aankan. Deze omvangrijke wijziging in VA114 kon met deze testen goed worden gevalideerd. Bovendien konden de oude en de nieuwe aanpak beiden worden gebruikt voor een gebouw met een rechthoekige geometrie. Hiermee werd een indruk verkregen van de nauwkeurigheid van beide aanpakken.

### Subtask B.2: Multi Zone - Air - (trekker Japan)

Testen voor modellen van luchttransport tussen ruimten (infiltratie, interzonale luchtuitwisseling, e.a.)

Luchttransport tussen ruimten vindt plaats door temperatuurverschillen tussen ruimten en door wind op de gevel. Belangrijk zijn afmetingen van kieren en van openingen, hoogten waarop deze kieren en openingen zich bevinden.

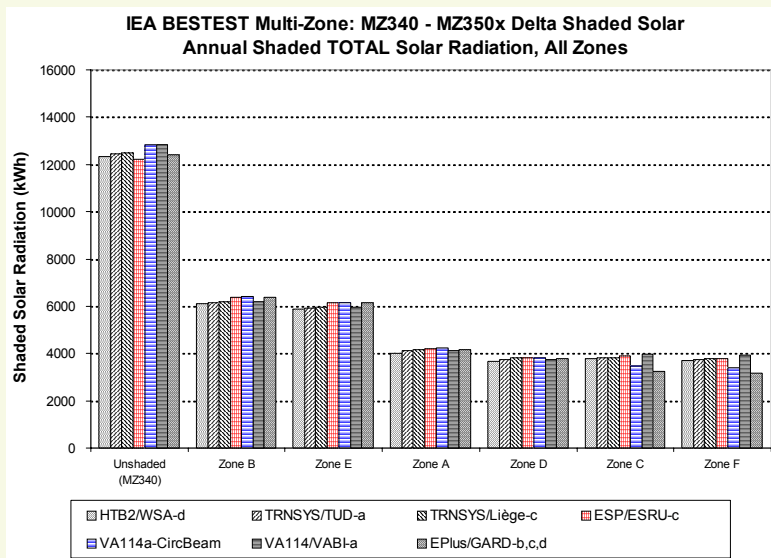
Programma's berekenen op basis van actuele condities (windsnelheid- en richting, buitenluchttemperatuur, temperaturen in de diverse ruimten) de luchtstromen uit. Een van de bekendste programma's op dit gebied is het programma COMIS. Ook VA114 heeft een op COMIS gebaseerde module, waarmee uurlijks deze luchtstromen worden berekend.

Binnen deze IEA-taak zijn eenvoudige testen ontwikkeld (zie bv figuur 7). Een zestal programma's heeft deelgenomen aan deze subtaak. VA114 was niet actief deelnemer aan deze subtaak.

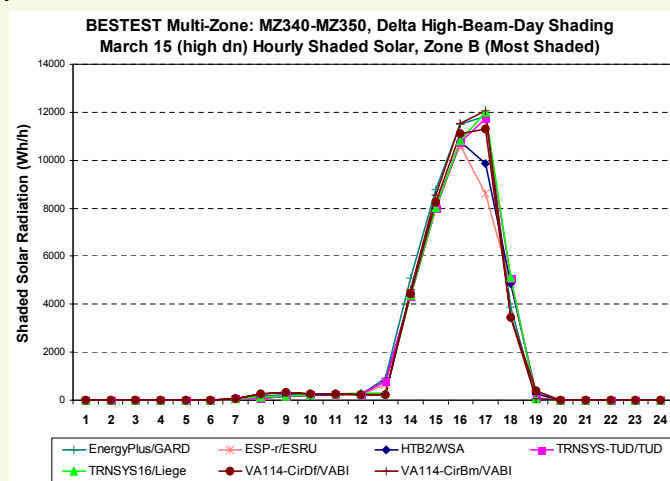
### Subtask C: Shading - Day lighting - (trekker Zwitserland)

Testen voor modellen van beschaduwing en lichttoetreding. Beschaduwing vindt in dit geval plaats door allerlei soorten zonwering (lamellen, doek, ...). De interactie tussen daglicht en geregeld kunstlicht is uitvoerig bemeaten.

In deze taak werden metingen uitgevoerd in de testcellen van de ERS Testfaciliteit in Iowa (USA) en voerden een zestal programma's validatieberekeningen uit. Diverse empirische testsets zijn beschikbaar gekomen als resultaat van deze subtaak. VA114 heeft niet actief deelgenomen aan deze subtaak. Gebruik van de empirische testsets om VA114 te valideren



- Figuur 5 - Resultaten van testcase met beschaduwing van een vin over meerdere vertrekken - op jaarbasis.



- Figuur 6 - Resultaten van testcase met beschaduwing van een vin over meerdere vertrekken - op uurbasis.

ligt in het verschieft.

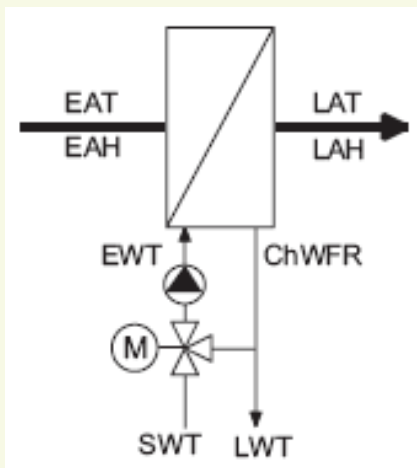
### Subtask D: Mechanical Equipment - (trekker Duitsland)

Testen voor modellen van koudeopwekkers en koelbatterijen, van warmteopwekkers en verwarmbatterijen.

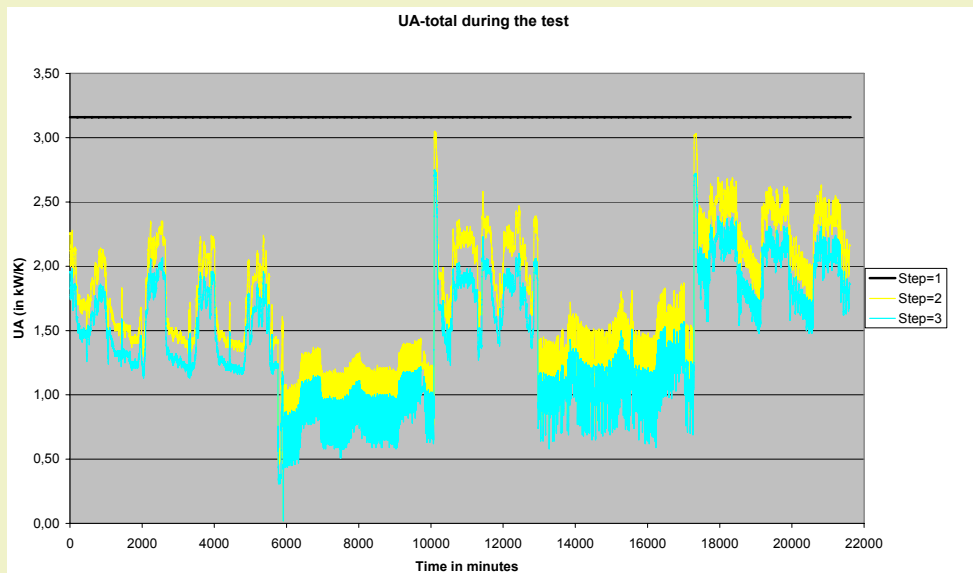
Nadruk lag hierbij op de koel- en verwarmbatterijen, hoewel ook voor opwekkers het een en ander is gereedgemaakt. In verwarmingsbatterijen vindt de warmteoverdracht van warm water naar de lucht plaats via drie overgangen: overgang van water naar batterij, transport in het materiaal van de batterij, overgang van batterij naar de lucht. De overdracht waterzijdig en luchtzijdig is in principe afhankelijk van het waterdebiet respectievelijk het luchtdebiet.

Voor koelbatterijen geldt hetzelfde als

voor verwarmingsbatterijen met als extra complicerende factor condensatie. Binnen de IEA-taak zijn hier testen voor ontwikkeld. De in de ERS Test faciliteit (zie subtaak C) gedane metingen werden hierbij als empirische data gebruikt. Bijkomende factoren, die het gedrag van de batterij beïnvloeden, waren de lokale luchtdruk (hoogte van de locatie) en de toegepaste transportvloeistof (water dan wel een water-glycol mengsel). Ook de manier waarop de afgifte van de batterij wordt geregeld (temperatuur- of debietgeregeld) is van belang. Van een batterij is vaak het vermogen bekend voor slechts één conditie (waterdebiet, watertoevoer- en retourtemperatuur, luchtdebiet, luchttoevoer- en retourtemperatuur, luchttoevoer- en retourvochtigheid), als productgegevens door de fabrikant bijgeleverd. Dit blijkt niet altijd voldoende om de batterij



-Figuur 7- Schema van de testopstelling met temperatuurgeregelde batterij.



-Figuur 8- Voorbeeld van het berekende specifieke uitwisselend vermogen van de batterij.

volledig te beschrijven.

Met een viertal programma's, waaronder VA114, is uitvoerig deelgenomen aan de ontwikkeling van testen. De testen waren zowel comparatief (vergelijking programma's onderling) als empirisch (vergelijking met metingen). In figuur 7 is een schema van de testopstelling gegeven.

Een batterij wordt geregeld op de luchtcondities aan de uitgang. Bij deellast wordt de gewenste conditie gemaakt en de uitgewisselde hoeveelheid warmte is gelijk aan de verandering van de enthalpie van de lucht. Dit kan bij een koelbatterij wel wat verschil geven vanwege verschil in de berekende ontvochtiging, doch vaak is dat gering. Waterzijdig kunnen er echter veel grotere verschillen optreden: afhankelijk van de warmteoverdracht in de batterij kan het afgegeven vermogen worden gerealiseerd door klein waterdebiet met een groot temperatuurverschil tussen toevoer en afvoer (hoge warmteoverdracht in batterij) of door een groter waterdebiet met een klein temperatuurverschil tussen toevoer en afvoer (bij lage warmteoverdracht in batterij). Dit is geheel afhankelijk van het in het programma gehanteerde model voor de warmteoverdracht (debietonafhankelijk dan wel debietafhankelijk).

In figuur 8 is als voorbeeld het berekende uitwisselend vermogen gegeven tijdens een van de testen. Bij 'Step 1' is het uitwisselend vermogen debietonafhankelijk verondersteld, voor 'Step 2' en 'Step 3' is dit debietafhankelijk.

VA114 is naar aanleiding van de testen uitgebreid: de debietafhankelijkheid van het specifiek uitwisselend vermogen wordt nu meegenomen, bij de invoergegevens van de batterij worden nu ook informatie over de lokale luchtdruk en de transportvloestof gevraagd, de batterij is nu zowel temperatuur-

als debietgeregeld mogelijk.

### Subtask E: Double Skin Façade - (trekker Denemarken)

Betrof testen voor modellen van Tweede Huidfaçades

In Twee Huidfaçades, hier verder Double Skin Façade (DSF) genoemd is de zon een hele belangrijke parameter. Reflectie, absorptie en doorlating door de diverse glasruiten heeft grote invloed op het thermisch gedrag van genoemde constructie. Ook de ventilatie van de DSF, de luchtspouw, heeft grote invloed op het gedrag.

Door de Universiteit van Lund (Zweden) is een uitgebreide literatuurstudie uitgevoerd naar projecten en programma's met deze constructie. Door de Universiteit van Aalborg (Denemarken) is een testfaciliteit gebouw, 'The Cube', waaraan uitvoerig metingen zijn uitgevoerd.

In IEA-verband zijn een aantal testen ontwikkeld: zowel comparatieve testen (vergelijking tussen programma's onderling) als empirische testen (vergelijking met metingen). De deelnemende programma's, waaronder VA114, hebben deze testen uitgevoerd.

Alle testen hadden betrekking op 'The Cube' (zie figuur 9). In figuur 10 zijn als voorbeeld enkele testresultaten weergegeven. VA114 is aan de hand van deze testen uitgebreid: de absorptie van zonnestraling in binnenramen is ingebracht. Dit heeft duidelijk invloed op de temperatuur in de DSF, de luchtspouw. Uit de testen, waarbij ventilatie van de DSF mogelijk was, bleek verder dat VA114 voor deze specifieke configuratie (meerdere openingen in slechts een gevel) te eenvoudig is. Bij alleen ventilatie door thermische trek gaat het goed, maar bij winddruk op de gevel gaat het minder goed. VA114 veronderstelt bij winddruk op de gevel, dat de druk op een gevel overal hetzelfde is en dat blijkt een te simpele aanname.



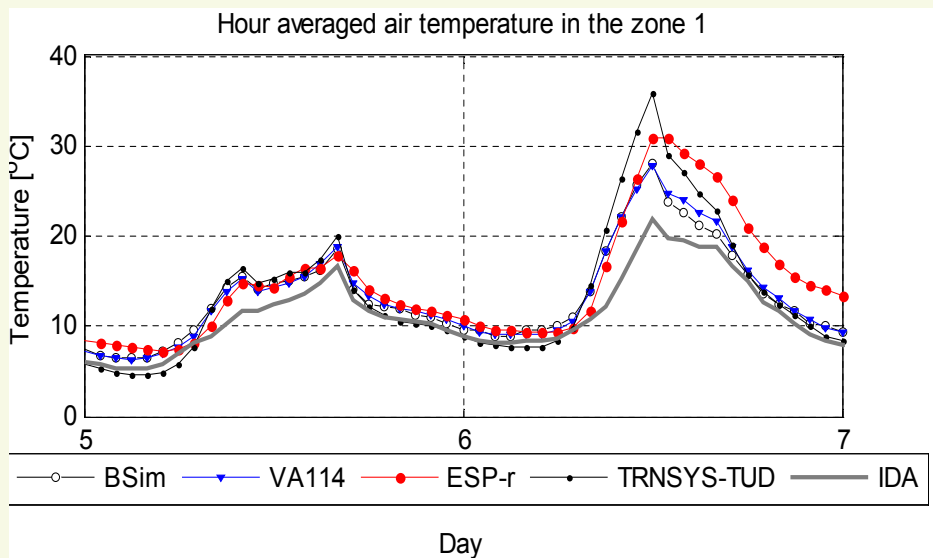
-Figuur 9- De testopstelling 'The Cube' in Aalborg.

Metingen toonden duidelijke drukverschillen over een gevel aan, waardoor de ventilatiehoeveelheden over de spouw duidelijk hoger werden dan alleen door thermische trek. VA114 zal hiervoor worden uitgebreid moeten. Ook de 'zonneprocessor' van VA114 is uitvoerig getest. De resultaten waren goed, al lijkt het of VA114 iets meer diffuse straling op een gevel berekent.

### RESUME:

Door IEA SHC Task 34 / ECBCS Annex 43 zijn aanvullende testen ontwikkeld op het gebied van Ground Coupling, Multizone - Non Air, Multizone - Air, Shading and Daylighting, Mechanical Equipment en Double Skin Façade. Door het werk binnen deze taak kwamen de nieuwe testen beschikbaar en werden tegelijkertijd de deelnemende programma's gevalideerd. Tijdens deze werkzaamheden kwamen bij alle programma's afwijkingen boven water, die het gevolg waren van een fout, van een

te eenvoudige modelaankpak of van een zeer gedetailleerde model aankpak. Dit alles leidde tot verbeteringen in deze programma's. Vabi Software BV was deelnemer in een aantal van deze subtaken, het geen leidde tot verbeteringen in VA114. De oorspronkelijke testen van de Bestest, de EDR-testen en de nu ontwikkelde IEA-testen staan allen gereed bij Vabi Software BV. Als er weer een nieuwe versie van VA114 wordt uitgebracht, is het opnieuw uitvoeren van deze testen onderdeel van de kwaliteitsprocedure. Afwijkingen van eerdere resultaten komen zo boven water en zullen worden onderzocht op hun oorzaak. Alleen een verklaarbare afwijking door een program-maverbetering wordt hierbij geaccepteerd. De eindproducten van deze IEA-activiteit (testcases en eindrapporten) zijn te vinden op de [iea34-43-ftp-site](http://iea34-43-ftp-site)



-Figuur 10- Voorbeeld van testresultaten (2 dagen).

## LITERATUUR

1. Judkoff, R and Neymark, J. "International Energy Agency Building Energy Simulation

Test (BESTEST) and Diagnostic Method", IEA: SHC Task 12 / ECBCS Annex 21, February 1995.

2. ISO 13370 : 1998. "Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods".