

Koeling en ventilatie van datacenters

Rol CFD-berekeningen en -metingen

Marcel van Uffelen is werkzaam bij adviesbureau Peutz B.V.

IN DATACENTERS WORDEN GROTE HOEVEELHEDEN SERVERS EN STORAGE-APPARATUUR GEPLAATST IN VEELAL WISSELENDE OPSTELLINGEN. AL DIE APPARATEN PRODUCEREN GROTE HOEVEELHEDEN WARMTE. MET CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS) KUNNEN DE LUCHTBEWEGINGEN, LUCHTDRIJEN EN LUCHTTEMPERATUREN GEDETAILLEERD WORDEN BEREKEND.

Gezien de hoge kosten van vervanging en de kosten die samenhangen met onderbreking van het dataverkeer of dataverlies voor gebruikers, is het erg belangrijk dat een datacenter ongestoord kan functioneren, zonder dat servers uitvallen. Belangrijke parameters hierbij zijn de kwaliteit en hoeveelheid van de lucht in het datacenter, dat wil zeggen luchttemperatuur, -vochtigheid en hygiëne. Gezien de enorme warmteproductie van de servers, incidenteel oplopend tot 5 of zelfs 10 kW/m² op de footprint van de serverracks, is adequate koeling de grote uitdaging. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een low, medium of high density-omgeving.

Levensduur en kwaliteit van de componenten in servers worden gegarandeerd tot circa 60 °C, zodat in theorie lucht tot circa 40 °C zou kunnen worden aangeboden aan de servers. Meestal wordt echter naar maximaal 25 °C gestreefd. Het is niet eenvoudig dit in de gehele ruimte gelijkmatig en te allen tijde te realiseren. Zeker gezien het feit dat ook de dichtheid van de hoeveelheid apparatuur in datacenters toeneemt.

WISSELENDE VRAAG

Bij de koeling van de datacenters is een gelijkmatige verdeling van de gekoelde lucht om alle kasten te bedienen van belang, maar tevens de luchtverdeling in elke individuele kast. Bij dit laatste speelt ook de interactie tussen naburige kasten een rol, want de warme lucht uit een kast mag niet worden aangezogen door de aangrenzende kast. Bovendien worden er nog al eens kasten weggehaald of nieuwe bijgeplaatst. Er is dus een wisselende vraag naar koellucht. Het systeem moet daarop makkelijk aan te passen zijn.

Een ander risico is ongewenste menging van koude en warme lucht door kortsluiteffecten, waarbij relatief veel koude lucht direct naar de afzuigpunten stroomt (afbeelding 1). Hierdoor kan veel koelcapaciteit worden verspild. Blijkens een inventarisatie van het ECN is het energiebesparingspotentieel ervan enorm [4]. Overigens kan dit worden voorkomen door fysieke barrières aan te brengen tussen de warme en de koude gangen, 'heat containment' genoemd [2] [3]. Ook in de serverracks moet een goede afdichting aanwezig zijn en

moet er een goede balans bestaan tussen het ventilatiedebiet van de Crac units en de servers zelf.

Een alternatief is 'close-coupled cooling' van de serverracks, waarbij elk serverrack een afgesloten geheel vormt, waarnaar koud water wordt toegevoerd via leidingen om lokaal te kunnen koelen.

RISICO'S

We willen wijzen op de mogelijke impact van de thermische isolatie en de luchtdichtheid van de gevels en het dak van datacenters. Luchtlekkages of de airco-installaties in het gebouw, aanwezig voor de luchtverversing voor het personeel, kunnen ongewenst binnendringen van warme vochtige, slecht geconditioneerde buitenlucht met zich meebrengen met alle risico's van dien, zoals een lager koelrendement.

Vaak wordt met 'trial and error' gepoogd de verdeling van de gekoelde lucht aan te passen, bijvoorbeeld door dichte vloertegels lokaal te vervangen door meer geperforeerde tegels of door koelmachines bij te plaatsen [2]. Dit kan

echter weer ten koste gaan van de koeling van andere kasten en houdt tevens een risico in op verspilling van gekoelde lucht en dus een onnodig hoog energiegebruik voor koeling.

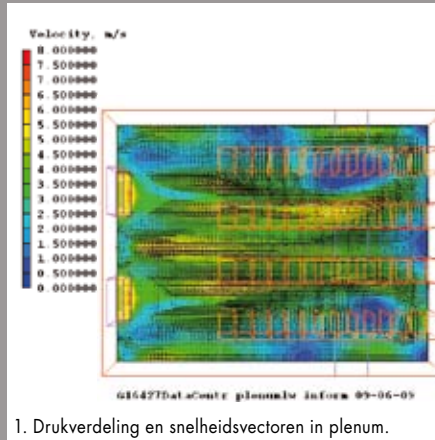
CFD-TECHNIEK

Met CFD (Computational Fluid Dynamics), ondersteund door of gevalideerd door metingen in bestaande datacenters, kunnen de luchtbewegingen, luchtdrukken en luchttemperaturen gedetailleerd worden berekend. Hiermee kunnen zowel de luchtstromingen in een kast met servers als de luchtbewegingen tussen de kasten, in de gangen en eventueel in het plenum, onder een verhoogde vloer en in de rest van het datacenter worden berekend.

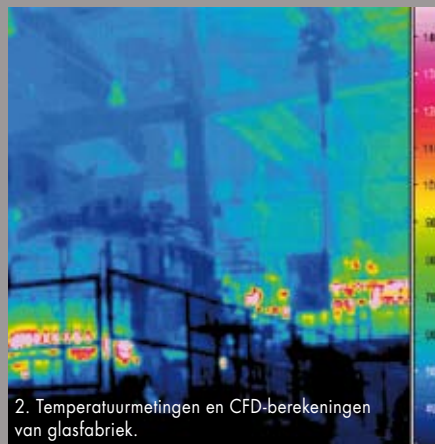
In een CFD-rekenmodel kan de drukverdeling in een eventueel plenum worden berekend, rekening houdend met de plenumhoogte en met drukval in het plenum dicht bij de inblaasopening van de koelmachine [1]. Ook kan de stromingsweerstand van de geperforeerde tegels worden gemodelleerd, eventueel rekening houdend met mogelijke lekstroming tussen tegels. Daarnaast kunnen de stroming van opgewarmde lucht in de warme gangen en de afzuiging ervan in het CFD-rekenmodel worden gemodelleerd, evenals luchtaanzuiging en -uitblaas van alle serverracks. Zwaartekrachtseffecten, ‘stack-effects’, en daardoor temperatuurverschillen in het datacenter (of in de kasten) als functie van de hoogte worden eveneens berekend. Behalve de convectieve warmteoverdracht wordt warmteoverdracht door straling berekend, zodat ook het effect van bijvoorbeeld vloerkoeling kan worden berekend. Dit is van belang, omdat steeds vaker een mix van verschillende koeltechnieken wordt gebruikt.

REKENEN EN METEN

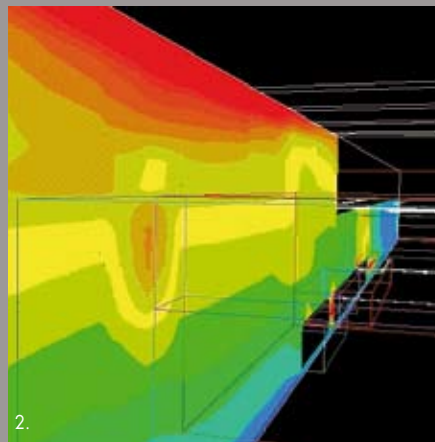
Van belang is CFD-berekeningen te valideren aan metingen, liefst uitgevoerd onder goed gecontroleerde condities, zoals in een klimaatkamer. In grote fabrieken spelen deze zaken overigens ook. Een voorbeeld is een



1. Drukverdeling en snelheidsvectoren in plenum.



2. Temperatuurmetingen en CFD-berekeningen van glasfabriek.



2.

CFD-BEREKENINGEN EN METINGEN ZORGEN ERVOOR DAT ER GEEN ‘TRIAL AND ERROR’ NODIG IS, WAT EEN KOSTBARE BEZIGHEID KAN ZIJN.

glasfabriek met grote ovens en overige, zeer hete machines, waardoor Peutz met metingen vooraf en CFD-berekeningen naar een optimale verdeling van luchttoevoer en -afvoerroosters heeft gezocht (afbeelding 5). Achteraf hebben controlemetingen plaatsgehad.

Ook het inblaasp patroon van de lucht uit de koelmachines (Crac) of uit de ventilator van een kast met servers kan van belang zijn voor de temperatuur- of de drukverdeling in een plenum. Ook hier kan de combinatie met metingen ter controle en verbetering van de CFD-berekeningen tot een verhoging van de betrouwbaarheid leiden. Een voorbeeld zijn metingen van Peutz aan inblaasroosters en spleten voor CFD-berekeningen aan de Grote Zaal van het Concertgebouw te Amsterdam (afbeelding 3). Ook hier zijn later ter controle opleveringsmetingen uitgevoerd.

Een ander voorbeeld is de combinatie van metingen aan de luchttemperaturen, luchtvochtigheid en stralingstemperatuur voor het datacenter van een grote Nederlandse bank. Hier is ook het aspect luchtdichtheid van gevels en dak onderzocht via metingen. Ook zijn daarvoor de koeling en de temperaturen in de computairs of crac units gemeten (afbeelding 4).

ENERGIEBESPARING EN DUURZAAMHEID

Door ‘meerjarenafspraken’ probeert de overheid onder meer de ict-sector te stimuleren meer aan energiebesparing te doen. Op Europees niveau is door de Europese Commissie met hetzelfde doel een Code of Conduct [5] opgesteld. De Europese Commissie probeert ontwikkelaars en eigenaren van datacenters zover te krijgen dat zij zich vastleggen op het beperken en monitoren van hun energiegebruik en stelt daar een aantal voordelen tegenover. Zo mogen ze gebruikmaken van logo’s en certificaten van de Code of Conduct, krijgen toegang tot de meest actuele technieken en hun deelnames en bijdragen

worden wereldkundig gemaakt.

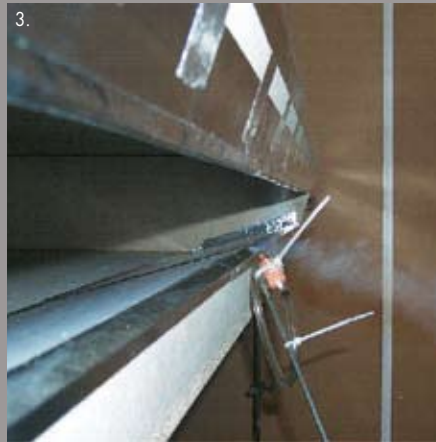
Volgens het ECN is ict namelijk een van de energie-intensiefste sectoren in het afgelopen decennium [4]. Zij beschrijven welke beoordelingscriteria kunnen helpen om mogelijke verbeteringen te kwantificeren. De SPF {seasonal performance factor} is een goede maat voor de prestatie van een koelmachine en de energie-efficiëntie van een geheel datacenter kan worden aangegeven met de EUE. De EUE is de verhouding tussen het totale energiegebruik van het datacenter en het energiegebruik van alleen de ict-apparatuur. In afbeelding 5 is het verband tussen de twee beoordelingscriteria weergegeven.

Veel bestaande datacenters hebben een EUE van rond de 1,8 en enkele oudere datacenters komen zelfs boven de 2 uit. De verwachting van ECN is dat bestaande datacenters met de huidige technieken tot een EUE van 1,4 kunnen worden opgewaarderd en nieuwe datacenters 1,3 moeten kunnen halen. Het eerder besproken scheiden van de warme en koude lucht is een belangrijke eerste stap [6] [7].

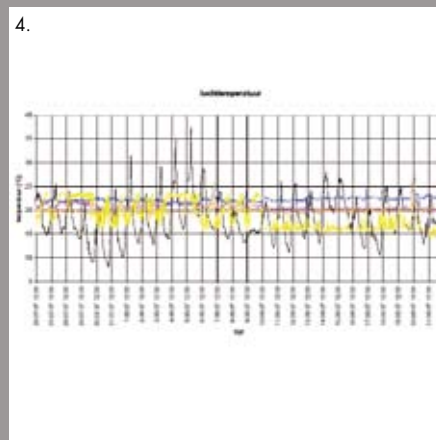
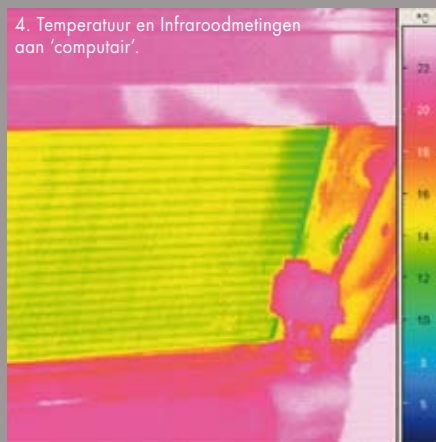
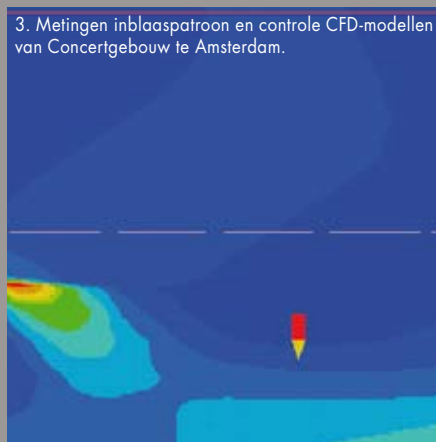
DUURZAAMHEID DATACENTERS

Interessante mogelijkheden zijn verder het gebruik van natte condensors om de efficiëntie van de koelmachines te verhogen en vrije koeling met koudewielen om de gecirculeerde lucht voor te koelen met buitenlucht. Buitenlucht is immers verreweg het grootste gedeelte van het jaar koel genoeg en is gratis. Toch kunnen dit soort technieken onverwacht problemen opleveren, bijvoorbeeld door windaanval op de koudewielen bij harde wind of storm of, zoals in de inleiding genoemd, gebrekkige luchtdichting van de gebouwomhullende. Ook warmte- en koudeopslag in de bodem wordt onderzocht, maar gevreesd wordt dat daarvan de terugverdientijd erg groot is [4].

Verder ontstaat meer belangstelling voor de duurzaamheid van datacenters en de impact van zowel de bouw als het beheer ervan op het milieu. De Breeam-methode voor de beoordeling van duurzaamheid van gebouwen



3. Metingen inblaasptraan en controle CFD-modellen van Concertgebouw te Amsterdam.



wordt thans door de DGBC (Dutch Green Building Council) in Nederland geïntroduceerd. Overigens is Peutz een van de 'founding partners' van de DGBC en kan adviseren op Breeam-gebied.

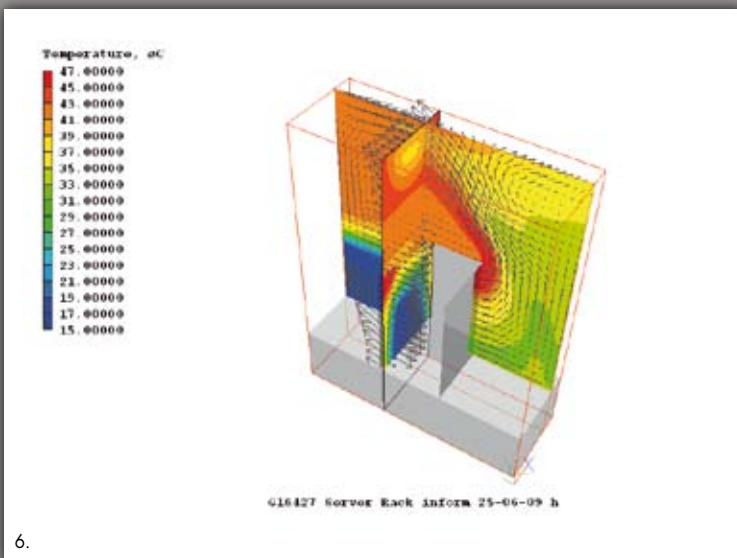
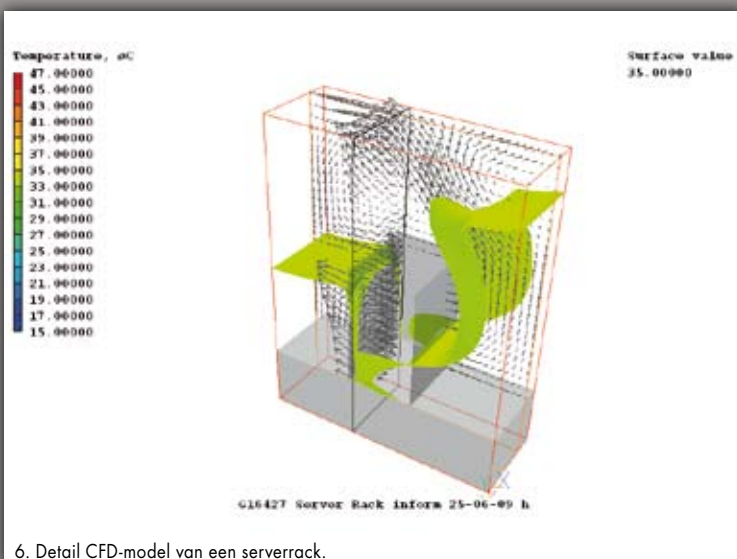
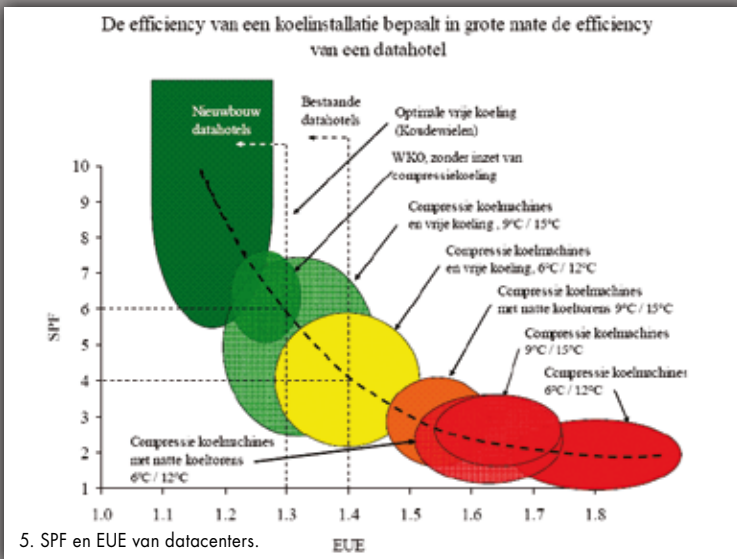
De methode wordt door het BRE in samenwerking met Digital Realty Trust aangepast aan de specifieke situatie van datacenters [8]. Het gaat hierbij om het materiaalgebruik, de bereikbaarheid, management, locatiekeuze en dergelijke. Wellicht dat dit in de nabije toekomst ook in Nederland gaat spelen. Het is voor klanten interessant als datacenters het predikaat 'groen' of 'duurzaam' kunnen dragen en als deze claim ook daadwerkelijk hard te maken is met een dergelijke methode.

ONTWERPEN, VARIËREN EN OPTIMALISEREN

In een CFD-model kan worden gevarieerd met de opstelling van de serverracks, met de verdeling van gesloten en geperforeerde vloertegels en met de hoogte en de inrichting van het eventuele plenum. Verder kan met een CFD-model de hele lay-out van koude en warme gangen, en mogelijkheden de koude en warme lucht beter te scheiden, worden onderzocht.

Ook kan met gedetailleerde CFD-berekeningen de warmtehuishouding door straling en convectie in de serverracks zelf worden verbeterd [9] [10]. Zo kan in detail een systeem van bijvoorbeeld 'close-coupled cooling' worden ontworpen. Hierbij vormen alle serverracks een gesloten geheel waar koeling door toevoer van koud water plaatsheeft en waar in de kast zelf een geoptimaliseerde verdeling van de koeling moet worden bereikt.

In afbeelding 6 is ter illustratie een opengevoerd CFD-detailmodel opgesteld door Peutz van een serverrack te zien. Te zien is dat als de ventilatoren van de servers in het rack te veel lucht verplaatsen, vergeleken met wat uit de geperforeerde tegels stroomt en door de crac units afgezogen wordt, er terugstroming van de warme naar de koude gang plaatsheeft. Daarom wordt het in de koude gang bovenin



te warm (linker plaatje afbeelding 6). Ook kan terugstroming door het rack zelf plaatshebben. In de rechter plaatje afbeelding 9 is het oppervlak (iso-surface contour) met een temperatuur van 35 °C getoond. Dit gebied wordt door en over de serverrack getrokken. Als er wijzigingen worden aangebracht, bijvoorbeeld in de hoeveelheid kasten, kan eerst met het CFD-model worden berekend wat het effect zal zijn. Let wel dat een datacenter normaal een facilitaire inrichting is, waar minimaal twee tot drie generaties apparatuur in moeten kunnen worden geplaatst zonder grote renovaties.

AKTIEFKOELDAK

Een ander voorbeeld zijn dynamische CFD-berekeningen die door Peutz zijn uitgevoerd voor DataCenter Infra Solutions (DC-IS) voorafgaande aan het ontwerp van het AktiefKoeldak. DC-IS heeft het AktiefKoeldak ontwikkeld en brengt dit samen met Getronics, Peutz en StatiqCooling op de markt. Dit systeem werkt op basis van luchtkoeling, waarbij de lucht van boven in de koude straat wordt ingeblazen en waarbij de koude straat wordt afgescheiden van de rest van het datacenter door een luchtgordijn.

Door een proef met inblazen van rook in het systeem is het resultaat gecontroleerd. Dit ter voorbereiding van een CFD-model van de plaatsing van het AktiefKoeldak boven op een koude straat. Vooraf is daarmee voorspelbaar hoe het luchtconcept na installatie zal gaan functioneren. Via dit CFD-model is onderzocht hoe het systeem zich gedraagt in een praktijksituatie met twee rijen serverracks met een flinke warmteproductie en is onderzocht hoe het luchtgordijn moest worden ingesteld qua luchtsnelheid en inblaashoek.

PROFESSIONELER EN SNELLER

Dit soort CFD-berekeningen en -metingen zorgen ervoor dat er geen 'trial and error' nodig is, wat een kostbare bezigheid kan zijn. Het ontwerp van een datacenter kan zo op professionelere wijze worden aangepakt en vooraf kunnen mogelijke knelpunten worden gedetecteerd. Dit is nuttig bij het bedenken van nieuwe concepten, het voorbereiden van

een proef of demo-opstelling, of bij het extrapoleren van metingen naar afwijkende situaties. Ook kunnen specifieke problemen bij tests worden opgelost.

Zeker bij toepassing van nieuwe koel- of ventilatietechnieken wil de klant vooraf meer zekerheid in de functionaliteit. Hierbij kunnen goed gevalideerde rekenmodellen, ondersteund door metingen op locatie, van dienst zijn. CFD-berekeningen met goed gevalideerde modellen kunnen ertoe bijdragen dat het proces van innovatie professioneler en sneller gaat verlopen en dat de klant makkelijker kan worden overtuigd van de functionaliteit.

literatuur

1. S.V. Patankar, CFD simulation of airflow and cooling in a data center, ICHMT international Symposium on Advances in Computational Heat Transfer, Marrakech, 2008
2. Open Gate Data Systems, High Density Cooling Strategy Comparison, November 2007
3. PTS Data Center Solutions, Computational Fluid Dynamics (CFD) Services for Data Center & Computer Room Design, Operations, and Maintenance
4. Energiebesparing in datahotels, meer met minder, Niels Sijpheer, ECN-E-08-019, ECN, 2008
5. Code of Conduct on Data Centres Energy Efficiency Version 1.0 European Commission Directorate-General JRC (Joint Research Centre) Institute for Energy Renewable-Energies Unit Ispra, 30 October 2008
6. Ashrae Datacom Series, Design Considerations for Datacom Equipment Centers, 2005, Thermal Guidelines for Data Centers and Other Data Processing Environment, 2004 and New Guideline for Data Center Cooling, Don Beaty and Davidson, Ashrae Journal. 2003.
7. High Density Data Centers; Case Studies and Best Practises, Ashrae Datacom Series, 2008
8. Breeam voor datacenters, site BRE: www.breeam.org.
9. Data Center Dynamics, Energy Efficiency Opportunities in Data Centers, Mukesh K. Khattar, Ph.D., PE, San Francisco, July 2006
10. A CFD-Based Tool for Studying Temperature in Rack-Mounted Servers, Jeonghwan Choi, Youngjae Kim, Anand Sivasubramanian, Member, IEEE, Jelena Srebric, Qian Wang, Member, IEEE, and Joonwon Lee IEEE Transactions on computers, vol. 57, NO. 8, August 2008

VAAK WORDT MET 'TRIAL AND ERROR' GEPOOGD DE VERDELING VAN DE GEKOELDE LUCHT AAN TE PASSEN, BIJVOORBEELD DOOR DICHTERE VLOERTEGELS LOKAAL TE VERVANGEN DOOR MEER GEPERFOREERDE TEGELS OF DOOR KOELMACHINES BIJ TE PLAATSEN.

